

狭山池ダム・古代の堤体が語る土木技術史について*

History of civil-Engineering From Ancient Bank

金盛弥** 古澤裕*** 木村昌弘**** 西園恵次*****

By Wataru KANAMORI, Yutaka HURUSAWA, Masahiro KIMURA, Keiji NISIZONO

狭山池ダム事業は、日本最古のダム形式の溜池である狭山池を改修し、洪水調節機能をもつ治水ダムとするものである。事業にあたっては、この池の歴史的価値に鑑み大阪狭山市の協力のもとに種々の調査に取り組み、これまでに池の最初の築造時期が西暦600年前後であることなどが判明している。

本稿ではこの初期の堤体が造られた時代的背景や築堤工法等を検討し、盛土に際して、葉のついた木の枝を層状に敷き作業の効率化を図るなど当時の高度な土木技術が用いられたことなどを紹介するものである。

1、地形地質の概要

狭山池は、大阪平野の南端の丘陵地に位置し、池の両側には、主に砂礫からなる中位段丘面で構成された平坦な台地（標高80～100m）がほぼ南北に続き、その外側には、大阪層群の砂礫、砂、粘土からなる泉北丘陵及び羽曳野丘陵が続く。（図-1）狭山池の堤体は、旧天野川の浸食開削により形成された沖積低地に盛土して築造されたものである。狭山池内における地質構成は、洪積世の大阪層群とこれを被う第4期更新世の中位段丘層と旧天野川の河底に堆積した沖積層が主要なものである。このうち沖積層は、下位から狭山池築堤前の砂層（As2）、粘土層（Ac2）と築堤後に堆積した砂層（As1）へドロ（Ac1）に分類される。また大阪層群は年代の異なる数種類の砂層（Os）、粘土層（Oc）に分けられ、この層は旧堤体の中樋を通る南北軸を境に大きく褶曲しその西側は東向きに大きく傾斜しており、地層の折れ目に沿って旧天野川の河底が形成されている。

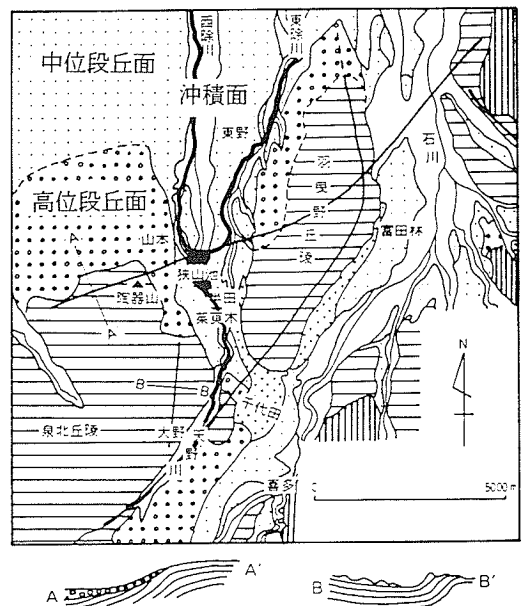


図-1 狭山池周辺の地質概要図

* keywords 土木技術史、築堤、最古の取水施設

**正会員 大阪府土木部長

*** 正会員 大阪府ダム砂防課長

****正会員 大阪府ダム砂防課主幹

***** 正会員 大阪府ダム砂防課 ダム建設係長

(〒540 大阪市中央区大手前2丁目)

2、周辺の地理的、歴史的環境

池の周辺の段丘層は、古くより人々の生活の場となっており、古墳時代の建物跡などが発見されている。また西側の泉北丘陵（陶器山）では5世紀頃から開始された須恵器の生産が、6世紀に大きな発展みせ窯の数が急増し生産地が東の狭山池周辺まで広がり、登り窯の築造には比較的向きの段丘崖や小規模な谷、更に池の堤防にまで窯が造られるようになった。

3、狭山池の築造に至る歴史的背景

日本における土木技術は、主に稲作と深いかかわりをもって発展してきた。最近の考古学的な調査で、我が国における稲作は縄文時代に遡ると言われており、佐賀県菜畑遺跡の水田では、縄文時代後半に既に灌漑用に水路が造られ、弥生時代前期の初期には幅1.5m、深さ0.2～0.5mの水路に木製の堰が設置されていた。大阪府堺市の西浦橋遺跡では、弥生時代後期に蛇行する小河川の屈曲点に丸太を組んだ40～50cmの堰が設置され、水当たり部に河底から溝底が20cm程度高い用水路が開削されていた¹⁾。

5世紀末から6世紀初の大阪府八尾市亀井遺跡では、自然河川に下幅約10m 上幅約6m高さ約2mの堤防を築いて締切河道そのものを変更している²⁾。この堤防は粘土を築堤材料にし、完全に水を遮断し河川を締め切っていることから、それ以後のため池築造技術につながるものである。

一方5世紀には、仁徳陵や応仁陵等巨大古墳が築かれており、この政治経済的背景となったのは、灌漑技術の向上による河内や和泉の広大な洪積段丘の開発や茨田の堤の築造、難波の堀江の開削などの治水工事の進展による大阪平野の農業生産力の飛躍的な向上があったと言われている。

6世紀に入り長大な人工水路の掘削や溜池灌漑が普及し洪積段丘の開発が更に進展したと考えられる。

大阪府松原市の丹比大溝は、現在、共に狭山池から大和川に流入している東除川と西除川の間を結んだ水路で延長約4km、幅約10m 深さ約3m、羽曳野丘陵から派生する段丘上をほぼ標高23mの等高線沿いに開削されたと想定されている³⁾。また6～7世紀に造られたとされる大阪府羽曳野市の古市大溝は南河内最大の河川である石川を取水源として段丘、扇状地、氾濫源など種々の地形の可能な限り高い位置を貫流して東除川に流入する延長約10km、段丘面で幅約10m深さ約4.5mの水路である⁴⁾。

これらの水路の目的は単に灌漑だけでなく運河としての役割も想定されているが、これらは洪積台地の開発に大きな役割を果たしたのと考えられる。このような時代背景の中で新たに灌漑用水を確保するための狭山池が築造されたのである。

4、狭山池の最初の築造時期

狭山池は、古事記に垂仁天皇期に造られたとの記述があるが、灌漑技術の時代的背景や、これまでの大阪狭山市教育委員会の調査で池の北堤防北側に古墳時代（6世紀）の水田跡、堤防を利用して造られた7世紀初頭の須恵器窯の跡などが発掘されていることなどから、最初の築造時期は6世紀後半から7世紀初頭とする説が有力となりつつあった。

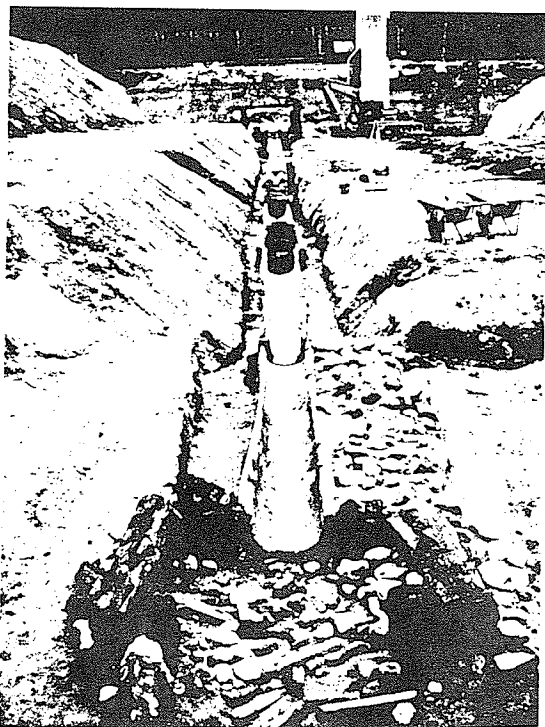


写真1 東樋の発掘状況（撮影 木村 1995・4・1）

今年の1月に、カナ樋といわれた慶長時代に造られた東樋が出土し、その約1 m下から築堤前の基礎地盤に埋め込まれた樋管が発見された(写真1)。この樋は、古墳時代の木棺によく使われたこうやまきの大木(直径約80 cm)を半分にしてくり抜いたもので長さは約5.9 mであった。さらにこの上流側に樋で出来た1.3 mの樋がつながれていた。これらの木の年輪年代調査で、こうやまきの年代は590年頃、樋は650年以降ということが明らかとなった⁵⁾。

また、今回の堤防開削により確認された初期の堤体の上流側のり尻位置が、こうやまきの樋の上流端と一致することから、この樋は初期の堤体築堤時に設置されたことが明らかとなり、最初の築堤時期は600年前後であることが確認された。

5、初期の狭山池の築堤方法

池の築造には、材料の確保と運搬、盛土と締め固め、河川の切替え、洪水吐等が必要であり、推古朝(600年頃)にどのような手法によって狭山池が築堤されたか非常に興味深いところである。

(1) 築堤位置と堤体の形状

築堤時の地形地質は図-2に示す通り中位段丘層の間にある沖積層を天野川が蛇行して流れており、その段丘層が狭まったところに川を締め切る形で築堤された。

初期の堤体断面は底幅約25 m 天端幅約8 m 高さ約6 m、表法勾配 1:2 裏法勾配 1:1.8、長さ約300 mで両端を段丘層に取付けている。(図-2)(図-3)(図-4)(写真2)

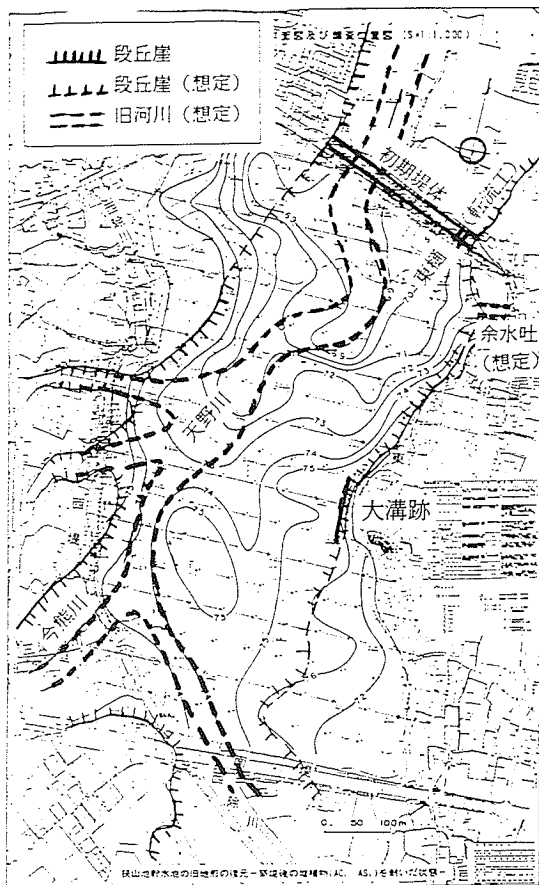


図2 狭山池旧地形復元図

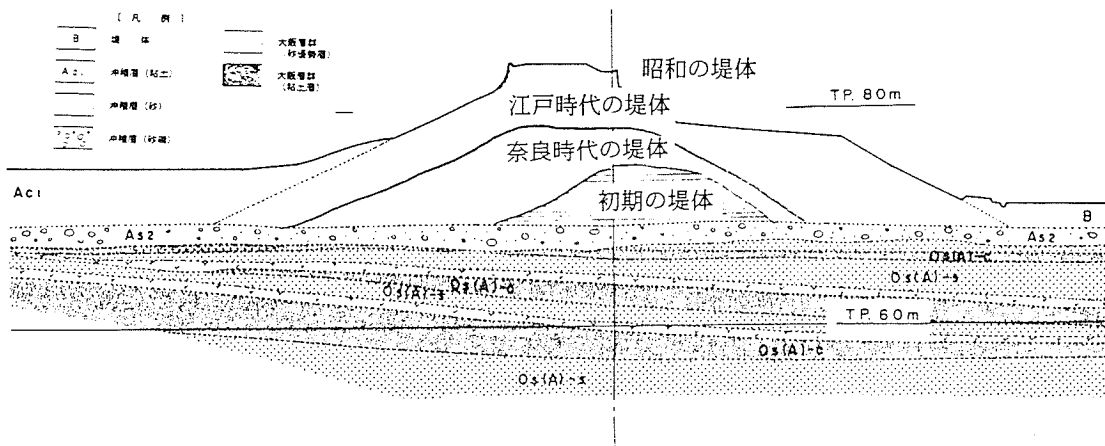


図3 北堤地質横断面図(中樋部No55)

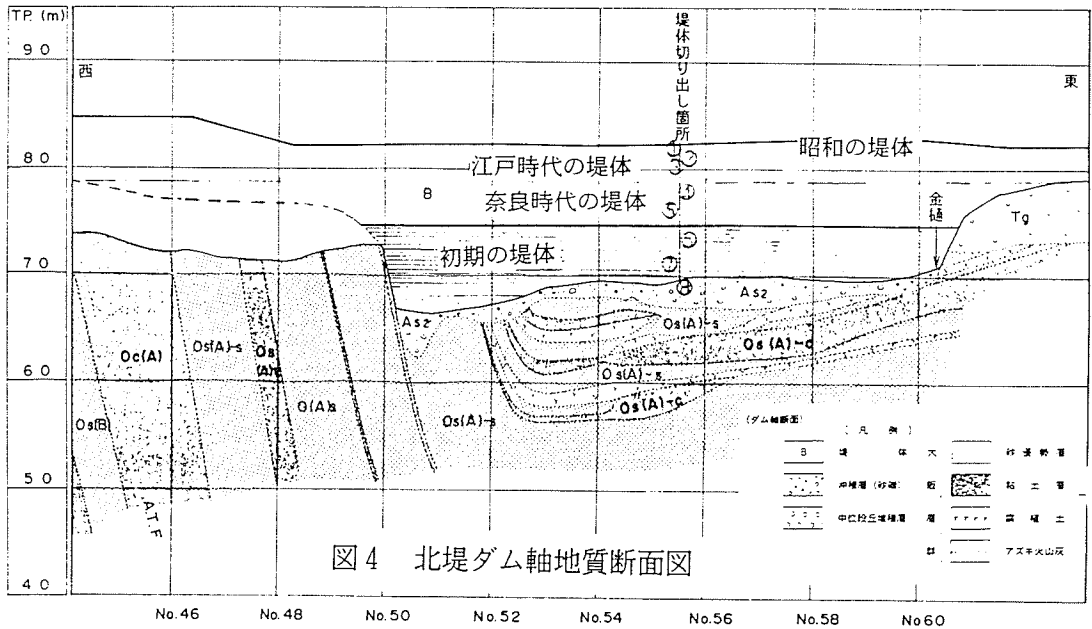


写真2 開削に伴い現れた
東樋付近の堤体断面
(撮影 木村 1995.4.1)

凡 例	
地質の種類	堤体材料
◇ 沖積層 Ac2	① 昭和の堤体
◆ 沖積層 As2	②、③ 江戸時代の堤体
△ 大阪層群 Oc	④、⑤ 奈良時代の堤体
▲ 大阪層群 Os	⑥、⑦ 初期の堤体
◎ 段丘層 上層部	⑧ 基礎地盤As2
● 段丘層 下層部	

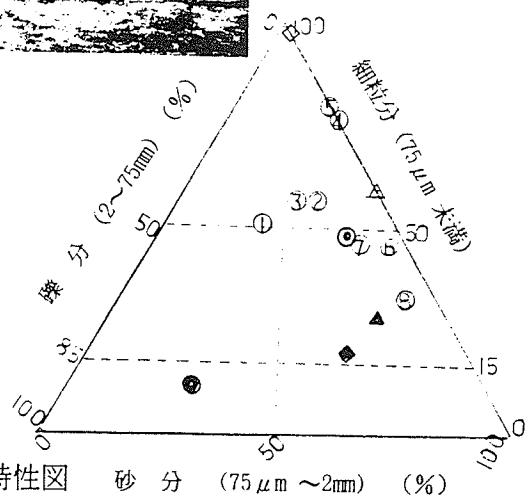


図5 堤体材料粒度特性図

(2)堤体材料

当時の土木作業用具は、掘削には鉄製のU字形鍬、鋤、運搬にはもっこやふごが使われたと考えられ、できるだけ近くにあり、強固でない採りやすい土が使われたと想定される。また初期の堤体から採取した土質材料の粒度構成(図-5)に示す通り礫分が少ない細粒土であり、近辺にある大阪層群、沖積層、段丘層の各粘土と砂質土について比較検討を行った。その結果、池の西側と沖積層の下に分布する大阪層群は大半が固結粘土であり、また深部に位置するため採取が非常に困難なこと、また沖積層(As2, Ac2)については粒度分布が異なることなどから、段丘層上部の土壌化した粘質土を利用した可能性が大きいと考えられる。築堤のために必要とされる土量は約3万 m^3 であるが、段丘層は池の近辺に広く分布しており、その表土は1~2mであることから築堤位置から300m以内の距離で比較的容易に採取できたものと推定される。なお、慶長時代以降は粒度分布などから段丘層のそのもや大阪層群などを利用したものと考えられる。

(3)河川の切替え(転流工)

河川を締め切って築堤盛土を行うためには、河川の切替えが必要となる。今回発見された東の初期の樋は、沖積層の基礎地盤を約2m程度掘削して設置されており(図-6)、盛土に先立ちこの掘削面を利用して、流路を切替えたものと考えられる。

この掘削断面の疎通能力は約9 m^3/s であり、これを現在の冬季の降雨確率で評価すると約1/10となり、工事は農閑期の乾期に一気に行われたと考えられることから充分転流工の役割を果たすものである。また、西側に偏る流路と反対側の東側の地山に転流工を設置したことは、現在の工法と比較しても理にかなったものである。

施工の順序はその部分を残して盛土し最後に樋を伏せてそこに盛土したと想定される。

(5)堤体の盛土

現在の堤体開削面からは、10cm程度の厚さの層がハッキリと認められ、その層の間には、葉の付いた木の枝が一面に敷き詰められている。(写真3)そこでは、人の足あととおぼしき痕跡も見受けられ、木の枝がかけやや蛸で折れたり潰された形跡は見当たらない。また、821年の満濃池の築堤において「農民の駆け足にてつき固めた」とある。これらのことから、当時の盛土は付近の段丘面の表土を掘削してもっとこ等で運んできた盛土材を、約20cm以内の厚さで巻き出し、その上に敷葉をして人の足で踏んで締め固めたものと考えられる。

(6)余水吐(非常用洪水吐)

池完成後の大出水に対して池を守るためには、余水吐の設置は不可欠である。現在狭山池の余水吐は、西と東に2つあり東の余水吐は江戸期に設置されたとされていたが、最近の調査で東樋の東側現在の東の余水吐との間の段丘面に10m程度の切り込みがあるのが発見された。この付近の段丘面の高さはTP77m程度であるのに対してこの部分はTP73m程度あった。初期の堤防高がTP74.5mであることやこの下流側にはかつて水路

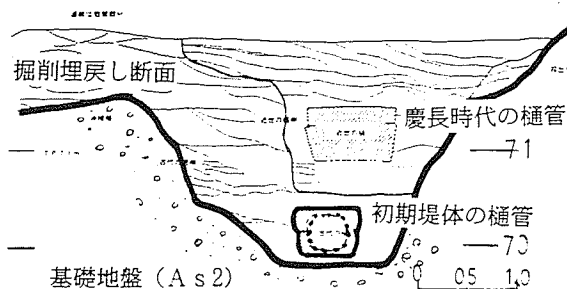


図6 東樋遺構断面図

掘削面(断面積 $A=4.3\text{m}^2$ 、勾配 $I=1/200$)



写真3 出土は敷葉の状況(撮影 木村 1995.4.1)

であったと考えられる細長い池があったことから、ここがかつての余水吐であったと考えることも可能である。

これまで初期の築堤時には、現在の副池の方へぬける余水吐が造られたとする研究も報告されているが⁶⁾、このためには大阪層群の固結粘土を大きく掘り込む必要がある。この場所は現在の西樋のあるところであり、ここでの築造当初の余水吐の有無はまだ確認できていない。



写真 4 東堤で発掘された大溝（撮影 大阪狭山市教育委員会1991）

(7)取水樋

古い時代の取水樋としては、これまで8～9世紀の大阪府堺市鶴田池東遺跡から木樋と樋門の軸受けが、823年に造られたとされる奈良県橿原市益田池跡から檜の底樋が発見されている。

今回発見された狭山池の木樋はこれらを200年以上遡る時期に造られたものであり、考古学的に非常に貴重な発見といわれている。

この樋の断面は、内径が約50cm前後であり、取水量は $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上はあったと推定される。江戸期には中樋、西樋と3本あったが初期の築造当時に東樋以外にあったかどうかは、現在のところ確認できない。しかし、底水を取るため、また施工上池の最深部に当たる旧河道上になんらかの樋を敷設した可能性も考えられる。

(8)施工人員と期間

『続日本紀』に狭山の堤決壊し、762年に単功8万3千人をもって修造するとある、この時に堤体は高上げと腹付けが行われ、高さ約10m底幅約50mになったとされており盛土量を計算すると概ね8万 m^3 程度になる。

また、「狭山池改修史」（大阪府）には元禄7年（1694年）埋め土2169 m^3 、人足2165人、運搬距離273mという記述がある。これらは一人当たり一日概ね1 m^3 の作業歩掛にあたり、初期の堤体の体積は概ね3万 m^3 程度であるから、歩掛を同じとすると延べ3万人が工事に当たったこととなる。1日500人が動員されたとして60日、転流工や樋管の敷設に一ヶ月程度要したとしても、農閑期の乾期の3～4か月で施工することは充分可能である。

(9)狭山池の効果

初期の狭山池の高さは約6m、天端標高75m程度、貯水位を74m程度とすると池面積は約16ha貯水量は概ね30万 m^3 となる。現在では田1アール当たり約1600 m^3 と試算されており⁷⁾、単純計算すると新たに約200アールの農地開発が可能となったと推定される。ただし、供給できる範囲は取水樋の位置が池底とすると、依然として池下流に広がる沖積平野に限定され、当時開発が図られた洪積台地にはまではおよばなかったことになる。

ただし、東の余水吐を利用すれば高さ的には下流右岸側の洪積台地方面への供給は可能である。現在は狭山池からの水は一旦下流の大満池に溜められ、そこから洪積台地方面に水が供給されている。

下池といわれる大満池が造られたのは『続日本紀』に762年とされており、この時点で東の余水吐が締め切られて堤防が嵩上げされ、余水吐が西側に付替られたとも考えられる。

平成2年の池東岸の発掘調査で、段丘法面に沿って南北に伸びる大溝が発見され、時代的に狭山池の築造直前と言われており、その底高が標高7.6m程度であることを考慮すると狭山池の上流から水を取水し狭山池の北に広がる洪積台地へ導水のための用水路が池と同時かさがけて造られたと想定するのも不可能ではないと考える。(写真4)

5、敷葉工法について

初期及び奈良時代に築堤された堤体には、概ね10cmの間隔で葉をつけた木の枝がほぼ水平に一面に敷き詰められていた。これらの植物はブナ科のアラカシやウラジロカシを主体としたもので、これを我々は敷葉工法と称しており、当時近辺で繁茂していたものを採取し盛土の際に意図的に敷いた土木工法の一つと考えている。

その工法の目的や意図を探るためこれまで種々の実験や他の事例調査を行ってきた。

(1)室内実験による検討

木の葉を一定間隔で土質材料の間に挿入した場合の排水機能に及ぼす影響を検討するため、現地と同じカシの葉を数枚重ねて拘束力を変えた透水試験を実施した。その結果図-7に示すように 1 kgf/cm^2 で $10^{-3} \sim 10^{-2}$ の値となり砂程度の排水機能があることが確認できた。

次に、圧密促進効果について実験を行い、敷葉を有する場合、圧密荷重が作用した極めて初期の段階で排水効果が認められた。

また、堤体越流による浸食防止効果を調査するため、小規模な土堰堤を設け越流実験を行ったが、特に敷葉の有無が浸食防止に及ぼす効果は確認できなかった。しかし、実際の掘削法面を観察すると敷葉の存在が雨水によるガリ形成を抑止している状況が見受けられた。

(2)敷葉の他事例

5世紀末～6世紀初頭頃とされる大阪府八尾市の亀井遺跡の堤は、堤の表と裏の両端に杭を打ちその間に草木類とシルト及び粘土を相互に敷きそれが数回繰り返されていた。調査報告書では、「おそらく堤構築時には、流路部では水が流れており粘土などの土砂流出を防ぐためであったのでは」と理由つけられている。福岡県太宰府市の水城は、「日本書紀」に「筑紫に大堤を築き水を貯え名づけて水城という」と記される太宰府防衛のために664年に設けられた土塁である。底幅7.2m高さ1.4mの堤は地山の上に各層20～30cmの厚さで粘土層や砂層が互層となっており、その中に葉と小枝を含む層が含まれていた⁸⁾。大阪府羽曳野市にある峯ヶ塚古墳は、古市古墳群の南端に位置し、5世紀末に築造されたとされる墳丘はほぼ全てが近傍の段丘層の土を用い砂質土を主体に粘性土を介在させた盛土により造られている。盛土は数cmから10数cmの厚さで薄く層状に締め固められ、粘土部に腐植物(木片、炭質物)が混入されている。調査報告書では、「これはその粘性層の改良の可能性がある。粗粒部と粘性部を薄く層状に盛土しているのは、強固な盛土構造物にすること、浸透水をすみやかに外部に排水すること、均質施行を行うなどの管理のための目的と考えられる」としている⁹⁾。

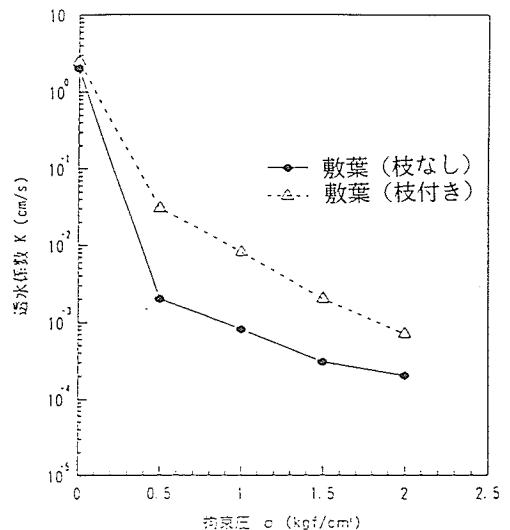


図7 敷葉層の透水試験結果

(3)敷葉工法の目的

a) 盛土内に挿入するフィルター工法：木の葉を排水層として用いた圧密試験より、排水効果が確認されており、敷葉が全域に広く分布していること、また峯ヶ塚古墳の事例等からこの可能性がある。

b) 軟弱地盤で行う現在の表面処理（サンドマット、敷布工法）：敷葉は葉の付いた枝からなっており、多人数の足による軟弱地盤の締め固めの足場に使われた可能性は大きい。また、堤防法尻では堤軸に沿って太い枝が数列並べられており、これは盛土材料の運搬路として利用された可能性がある。

c) 水平薄層盛土するための層厚管理工法：撒き出し後の締め固め効果を高め安定な堤体盛土を行うためには薄層での水平施工が必要となる。敷葉の広がり前面に渡っており敷葉の挿入がほぼ水平でその間隔も等しいことからこの可能性も大きい。

d) 作業量の管理用：「狭山池改修史」（大阪府）に人夫の歩掛りに関する記述があり、1日の作業量や一人の出来高の管理や前日の施工分と区別するために敷いたと考えられる。堤体の天端幅は約8mであり、20cmの撒き出し厚で300m施行したとして土量は約500m³、歩掛りを1m²/人/日、500人働いたとして1日を要する。また堤体の内部から土嚢も検出されており作業量の管理用の可能性も高い。

その他、堤体内に侵入した水を速やかに排水するドレーン工法、工事中の雨水による土の軟弱化を防止するための防水シートの役割、更に雨水による堤防の浸食を防止する筋芝工等の可能性も考えられる。

奈良時代以前の堤体は、シルト分以下の細粒分が多い材料を用いているため施工の困難性が多い中で、非常に強固に、しかも短期間で盛土されていることや、当時の古墳や河川堤防でも同様な工法が取られていることを鑑みると、施行性の確保や層厚管理、締め固め促進など総合的な目的に利用された、現在にも通じる当時の高度な土木工法と理解するのが最も自然と考えている。

5、まとめ

狭山池は、旧天野川の谷地形を300mに渡って締め切ったもので、このような池の築造には流水の処理など非常に困難性をともなう。推古朝（600年前後）に造られたこの池では、地山への転流工の設置や撒き出し厚単位に敷葉を実施し、作業性の向上や施工管理を行うなど現在でも十分通用する合理的な手法を用いて築造が行われたことには驚かざるをえない。この池ではその後も行基や重源、片桐且元など時代を代表する人物により最新の技術を用いて修改築が行われてきた。今回の事業に当たっては、後世の人々に平成の大改修と称され、技術的にも高く評価されるダムづくりとする必要性を改めて感じるしだいである。本稿が古代の土木技術史を紐解く上で一つの参考になれば幸いである。

〔参考文献〕

- 1) 広瀬和雄「古代の開発」考古学研究第30巻2号1983
- 2) 「寝屋川南部流域下水道長吉ポンプ場造成工事関連
埋蔵文化財発掘調査報告書」亀井・城山 大阪文化財センター1992
- 3) 「古代の開発」羽曳野市教育委員会1993
- 4) “
- 5) 「東槌遺構現地説明会資料」狭山池調査事務所1995
- 6) 日下雅義「歴史時代の地形環境」古今書院第3章1980
- 7) 中谷三男「ため池の技術史」日刊大建協「かんがいとため池のおこり」
- 8) 工業善通「奈良国立文化財研究所創設40周年記念論文集」1994
- 9) 「峯ヶ塚古墳概報」羽曳野市教育委員会編 吉川弘文館 1993