



技術解説

仁徳天皇陵の復元と施工計画

木村 悌 士*

数年前までNHKの人気番組であった「歴史への招待」からの依頼で「前方後円墳の謎」を担当し、古代工法と現代工法による復元を試みるようになった。それ以来、歴史上の土木構造物「大阪城」「ピラミッド」の復元から夢物語の「日韓連絡道路」といった仮想工事の施工の計画と工事費の積算に携わった。これらは、大林組のPR雑誌『季刊大林』の企画によるものである。『季刊大林』は一年に四回発刊になり、「ピラミッド」「道」「橋」「城」「王陵」といった建設に関係あるものを各号毎のテーマとして取上げている。そして、これらのテーマを通し、建設というものを違った目で見直してみようとしている異色の雑誌である。

一方、私は土木技術者として、多くの工事の施工計画の立案と、その実施に当たってきた。

昔の構造物の施工計画を立てながら、当時はどうのようにして作ったのだろうか、現在作るとするとどうだろうかと考えていくと、私には建設というものに対する人間の考えかたは、今も昔もそう変わっていないように思われてくる。

このような経験を通して、私が気付いたことを述べ、仁徳天皇陵の建設を例にあげて、施工計画というものについて説明しよう。

過去の構造物の建設技術については、考古学で多く研究されているが、私は土木屋の目で、いろいろと考えてみたい。これは過去の技術者

達も、私も、地球を改造するという点では、土木技術と同じ人間として促らえていると思うからである。

それでは、土木技術の今昔を比べてみよう。施工技術が進歩したといっても、それは建設機械、なかでもクレーンの類ではないだろうか。いま我々からクレーンが取上げられると、ほとんどのことが出来なくなる。現に私が担当しているような、クレーンの全く使えない地下街で、新しい工事を計画してみても、うまい方法が見付からず困ることが多い。知恵を絞って考える前に、うまく使える機械を探せばかりいからではないであろうか。こういう点では、昔の人の方が優れていたかもしれない。建設機械の進歩というものは、工事規模が大きくなる、同種の作業が増える、人件費が高くなるといったなかで、工期の短縮、工事費の低減というニーズに応えたものと言えるだろう。従って、過去の工事だけではなく、人件費が極端に安い低開発国における工事についても、同様に考える必要がある。

土木工学が Civil Engineering と呼ばれるように、土木技術は主として市民生活の基盤を形成する技術として生れ、発達してきた。

私は現実の厳しい工事に従事し、何とか早く安く良い物を、安全にも配慮しながら作り上げようと常に考える一方で、古い構造物の建設に

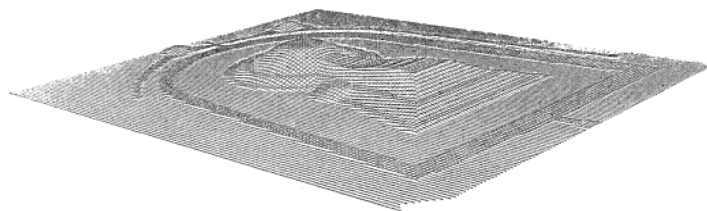


図1 コンピューター・システムにより画いた鳥瞰図

*木村悌士 (Teiji KIMURA), 榊大林組梅田工事事務所, 所長, 工学士, 技術士

ついて考えていくと、土木とは何か、その施工計画とは何か、またどうあるべきなのか、いろいろ考えさせられる。

ここで施工計画について、あらためて重要と思われる点について考えを述べよう。

設計図などを見て出来上がる物の形を頭によく叩きこむ、作る目的を理解する、現地をよく見て歩くことなどが大切である。その上で経験上起こりそうな問題点を洗い出しておく必要がある。つぎに、本工事を始める前の準備工事、工事の施工順序、使用する機械、材料などについても十分考え、比較検討しておく必要がある。例えば、建設技術者のための事務所や労務者の宿舎といった工事基地の選定や配置、運搬道路、電力、給排水などの仮設の計画がある。大規模な工事になればなるほど、これらについて綿密な計画が必要なのは当然である。私は、これにも増して計画の重要なポイントは「俺はこの工事をこうして作る」ということであると思っている。工事の内容、目的を正確に読み取り、工事のポイントがどこにあるかを見極めることであろう。

余談であるが、私は音楽を一番の趣味としている。オペラ・オラトリオに独唱者として出演することもあり、まだまだ現役のテノール歌手であると思っている。歌を歌うだけでなく楽器を弾いたりするほど音楽を愛好している。

土木屋と音楽とは余程似合わないらしく、どんな関係があるか、冷やかし半分によく聞かれる。工事に設計図があるように、音楽には楽譜があり、そのどこにポイントを置いて曲を組立てるかが演奏上大切なのである。ここに土木工事と音楽の共通点があると思っている。

土木技術と自然は深い関わりを持つために、土木事業の自然破壊がよく問題にされる。地球は大きく変化しながら、長い年月を経て現在の形を成し、その上に生きる生物も常に変化している。我々人間がその自然の中でどのように生活させて貰うか、どのような範囲で人間の都合に合わせて改造させて貰えるかといった態度が必要であろう。山や川といった自然の現在の状態は、その生物を含めて、変化を重ねてきた過去から見れば、最も安定した状態であり将来に

向けては、今後も変化しつづける不安定な状態にあるともいえる。工事の計画や施工に際し、まず現場の周辺をよく歩き、この変化しつつあるなかで、現在が安定した状態なのか不安定なのか読めれば最高であるといえる。一見安定したように見える山でも、立木の傾きや、幹の曲りに注目し、地形図を見たり、地元の人達に会って調べていくと、地滑りを起こした跡であったこともあった。一度地滑りを起こした所は、少し土を盛ったり削ったりしただけで、すぐに動き出すと思わねばならない。

造成工事に使う土取り場を計画した時のことである。付近の山を見て歩いた。同じ山裾でも張り出している尾根の部分は、土を取るのに都合がよく見えたが、硬い岩が多いために浸蝕されていないと考え、軟らかいために浸蝕を受けている谷の方を土取り場に選定して工事がうまく進んだこともあった。ここでは土を取った跡の形も自然で、簡単な緑化でよかった。山裾の出ている部分ばかりを直線的に削った高速道路の法面は不自然であり、岩が露出すると緑化も難しくなる。このように工事の後の形を考えておくことも大切であり、自然との調和にも役立つであろう。水についても同じようにいえる。水面は平らになり、高から低に流れるといった単純な自然の原理も理解できているとは限らない。地面を削れば水の流れが変わることも忘れてはならない。地下水についても知っておく必要があるが、自生する植物との関係が問題になることもある。水は土とも関係が深く、土を扱う工事では特に大切である。新幹線は雨に弱くとよく言われたように、土はその中に含まれる水分により、強さや性質が変化するからである。しかし、自然に堆積し、長い年月を経た土を、切り崩し、盛り直すことに問題があるとも言えよう。

過去や未来の工事について、架空の計画や見積りをする場合に困ることがある。土木事業は社会資本で無ければならず、また人々に幸せをもたらすものでなければならぬ。架空のプロジェットの計画や見積りをする場合とはいえども、その事業がその時代に、どのような社会的に意味を持つものなのか考えたい。計画する技

術者も、汗水たらして働く労働者も、何のために作るものなのかをよく理解し、喜びと誇りをもって働くことが、工期にも、工事費にも、工事の出来栄えにも、また、事故防止の上からも大切であると思うからである。これは、私が現実の工事を指揮するうえで常に心掛けている最も大きなポイントであり、毎月初めに作業員全員で開く安全大会などを通して一人一人に話していることでもある。

以上のような考えのもとに、架空の工事について施工計画と見積りの作業を行ったが、我々に馴染みの深い仁徳天皇陵について、その要点になった部分を説明しよう。

『仁徳天皇陵』

仁徳天皇陵を造る。

このプロジェクトのポイントは何か？

なぜこの場所に造るかの位置選定の問題、形をどうして決めるかと言う設計の問題、地盤の強度は、地下水の高さは、といった調査の問題、盛土に使う土はどこから、どのようにして運ぶか、地下水の処理はどうするかといった施工計画の問題がある。夫々について説明する前に、仁徳天皇陵について説明する。

この御陵は五世紀前半に造営された前方後円

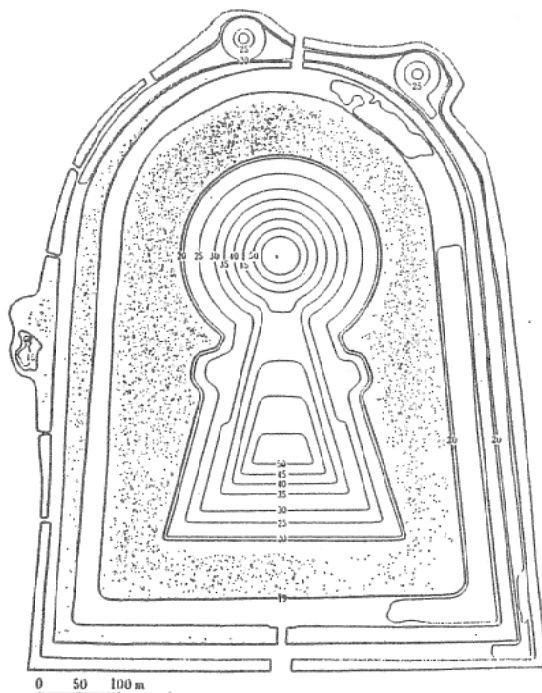


図2 仁徳天皇陵復元図

墳で、天皇の生前に作った寿陵である。

全長475[㍎]、後円丘の直径245[㍎]、前方丘正面の幅300[㍎]、高さ30[㍎]、盛土量140万立方[㍎]、周囲に三重の周濠をもち、総面積48万平方[㍎]に築いた日本最大の前方後円墳であるばかりでなく、秦の始皇帝陵と比べても遜色のない規模である。なぜこの地が選ばれたのであろうか。

日本の古墳だけでなく、ピラミッドに代表される巨大な墓陵は、その被葬者の生前の絶大な権力を広く示すためのものとされている。

仁徳天皇陵も、もちろんそのためのものであったと思われるし、この時代にはすでに盛んに往来のあった中国や朝鮮等の外国や、瀬戸内海沿岸の国内の諸地方からやって来る船に対しても十分威容を誇っていたものに違いない。当時の汀線は、仁徳陵の中心から約2 km、すなわち、現在の南海電鉄阪堺線付近と推定され、しかも海側から見て、背後にその偉容を妨げる山等が全く見当たらない。

地盤の強さの面から選定に間違いはないだろうか。このあたりは、現在でも池が多く点在し、地下水が地表面下1[㍎]と高い所にあり、高い盛土をしても、滑り破壊に対して安定かどうか検討を要するところである。しかし、付近の土質資料をもとに安定計算をしたところ、十分安全であった。これは単なる偶然ではなく、当時の技術者が、建設場所の選定に関するノウハウを持っていたのかもしれない。建設中に盛土が崩れるといった事故が起こると、その場所での工事の継続が技術的に不可能になることがあるばかりでなく、その天皇の威厳にもかかわることである。

天皇陵の形はどのようにして決められたのであろうか。現在の定規やコンパスに相当する設計用具があったとする説もあるが、私は疑問に思っている。設計は出来たとしても、設計図だけでそのものを現実を作りあげていけるとは思えないからである。施工計画を立てるうえでも大変重要なこととして、この国家的なビッグプロジェクトをやり遂げるには、技術者や工事を監督する者たちが、工事内容を十分把握していなければならないと思われる。

私は模型を作ってみようと思いついた。

一緒に作業していたメンバーも計画作業を進めるうえで、現地を歩いてみる一方、コンピューターでいろんな角度からの鳥瞰図を書き、感じを掴もうとしたが、昔の人は模型を作ること全体で感じを掴んでいたのではないだろうか。

私の考えでは、以下に述べるように模型を作ることにより、設計から測量・施工管理までの疑問点が解決できる。

長さ2.4m、円丘の直径1.2m、高さ15cmの模型を作ってみる。設計チームの技師たちが、前例をもとにして、子供の砂遊びのように、手でパタパタ叩きながらいくつかの模型を作る。気にいったものがいくつか出来たところで、担当の大臣または天皇自身が、その中から選んだのではなかろうか。形が決まると長さにして10倍(2の倍数の8倍であったかもしれない)体積にして1000倍に拡大して造ってみよう。高さが1.5m、土の量約200立方メートル。もう立派な墓陵の形をしている。石棺をどこにうめるかなどの、

具体的なレイアウトが考えられるようになるであろう。施工担当の技師たちは、模型を拡大する測量技術、盛土する基盤の処理、盛土の順序、雨水の排水、のり面の保護、更に盛土の締め固め方法といった施工計画から施工管理法を決めることができる。さらに、数千人に及ぶ労働者を指揮監督する技術者を養成し、工事の内容を把握させるには、こういった模型による方法しかないだろう。現在でも高速道路やアースダムといった重要な土の構造物の工事では、締め固め試験をして作業方法とその意義を作業員に徹底を計るようにしている。

私が、このプロジェクトを担当していれば、きっと、このように模型を作っていただろう。

この大きな山を造成する土はどこから運んだのであろう。普通は周囲の堀から取るとされているが、仁徳天皇陵ではその半分以上の80~100万立方メートルの土が不足すると思われる。量が不明確なのは、宮内庁が天皇陵として管理している古墳の調査は一切出来ないからである。近

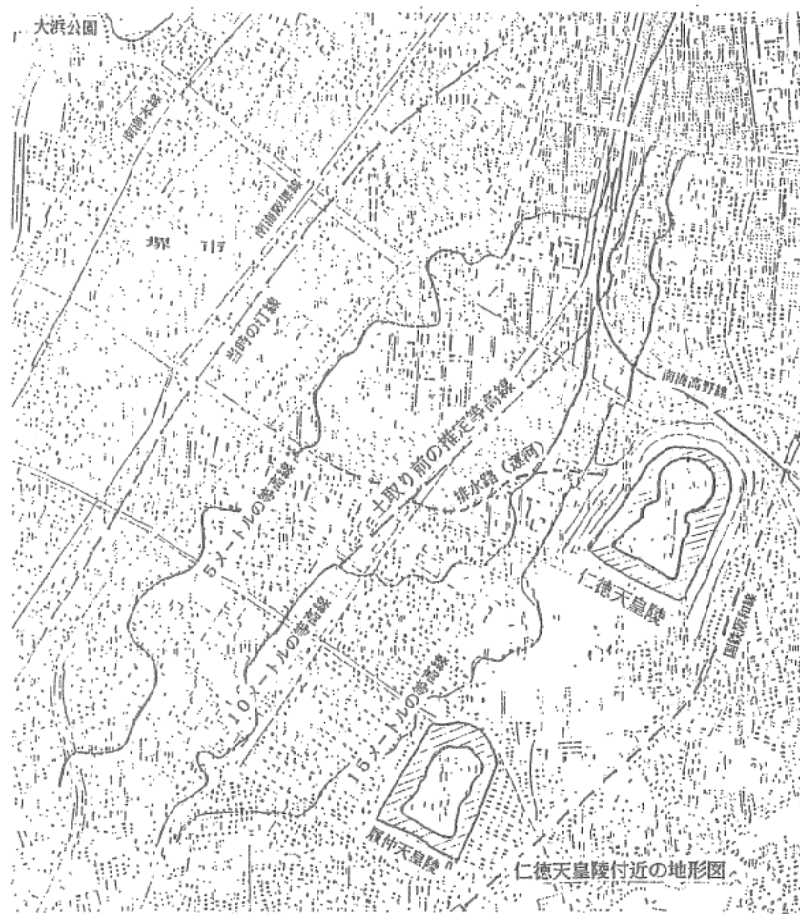


図3 仁徳天皇陵付近の地形図

くで取れる場所がないものかと思っていたが地形図の上の等高線を赤く塗る作業をしていて面白いことに気づいた。等高線を色塗りして地形を立体的に見たり、水の流れを見ようとするのは、ゴルフ場や宅地造成工事の計画に、私がよく使う手である。仁徳陵の西側で10mの等高線が不自然に陸地側にえぐれていた。ここは運搬距離も近いえ、海側からは手前が低くなり、墓陵を大きく見せる効果のある絶好の場所である。土質試験の結果を調べてみても、周辺には存在する地表付近の土層が、この場所では欠落しており、土を採取した跡であることがほぼ立証できた。

堀を深く掘って盛り土に使うには、堀の中の排水が大変な作業になる。土工事において、水中作業は極端に作業能率が低い。この作業は常に水との戦いであり、排水計画の良否により、全体の工期に大きく影響したであろう。私の考えた施工計画によると：—

1. 外堀の西側中央より海まで水路を掘る。
これはのちに重量物運搬用の運河となる。
2. 外堀に排水用の水路を掘る。東側中央を頂点として、一様な排水勾配をとると、頂点より排水箇所までは約1000mもあり、排水に必要な1～2%の勾配が取れない。排水勾配を取りながら、西側から深さが5mになるまで掘り、順次、東側まで底面を下げる。これにより内堀部の地下水位の低下が期待できる。
3. 外堀の掘削の進行に合わせて、内堀部から外堀に向け、100m毎に排水溝を切る。内堀部では、これに表面の水を流しながら、土を掘り下げて盛り土の作業を行う。

私が大型の建設機械を使って、現在建設するとしても、このように計画するであろうし、当時も私と同じ方法をとったのではなかろうか。土木技術者が施工計画を立てる上での第一歩は現場をよく歩き、よく見ることであるということは既に述べたが、この御陵のように1500年も前に築造され、さらに周辺の宅地化により、周囲の状況がすっかり変わってしまった現在できえ、先輩の教えを忠実に守り、何回も歩いてみると、実に多くの情報を我々に与えてくれたのにはむしろ驚かされた。西側の排水路と外堀には堰が多く見られ、石棺などの重量物を海から運ぶのに用いたと推理するヒントになった。

建設費の見積りはどうなっただろう。

古代工法560億円、現代工法24億円。

古代工法では、その大半が人件費であるが、これは現在の労務単価によるため、現物支給や使役を考えるとぐっと安くなる。現代工法では、用地費や公害対策費が含まれていない。いずれも仮想の工事であるとして、建設費を算出するうえからは重要となる部分を省略したり仮定しての見積りであり、数字的にはあまり意味があるとはいえない。

技術的に男のロマンをかきたてる巨大古墳は、やはり千五百年前に造り上げてこそ、社会資本としての意味を持ったのであろう。

参考文献

- NHK 歴史への招待12
季刊大林 No. 1 ピラミッド 1978
季刊大林 No. 7 道 1980
季刊大林 No. 16 城 1983
季刊大林 No. 20 王陵 1985