



側壁の躯体コンクリート打設のスライド型枠と、垂直タラップのほか仮設的なものは見当たらない

写真-5 施工中の地下タンク基礎本体

完成できたことは、本工法の利点を設計に生かして取り入れた成果であろう。これは、人力による掘削もまた当然皆無であり、型枠工においても、スライドタイプであるため、1回セットすることにより型枠建払いの手間は大工に頼らなくてもとび・土工で容易になされ、同一パネルがコンクリート型枠として同一現場で10回も使用できた。これは、労力と資材の運用面でもまことに効果的であった。

本文の地下構造物の事例としては分野を異にする構造物ではあるが、構造形式により工法の利用効果が最も顕著に示された例として取り上げた次第である。

4. む す び

施工事例をもって地下連続壁工法を地下掘削の省力化の一手段として述べたが、たしかに構内掘削土留工事において有利な結果をもたらす反面、地下連続壁工法そのものに、まだ幾多の問題を含んでいる。

この工法は、実際面において非常に脚光をあび、今後ますます利用される傾向にある。しかし、その施工システムが複雑で、かつ適用性においてもこの種工法はわが国でも壁式のもので15種ほどあり、それぞれに異なった性能を示し、かつ各施工業者が専売化しているため、企業者側が選ぶ立場で非常に困惑している傾向があり、また、それ自体の省力化の必要があることも問題点の一つといえ、この点は研究・改良されつつある。例えば、ソレタンシュ工法では掘削機はCIS-58型において自動化され、オペレーターなしで自動掘削が行えるようになったが、これなどは特殊な例であり、一般的には施工システムが本来複雑であるから、その適用は非常に困難である。しかし、事例が示すように、それによって得られる地下施工の効果は大きいと考えられる。

複雑な地下工法は一見省力化に際し逆行する面が感じられるが、適切な地下工法に見合った躯体の設計がなされておれば、容易に施工しうるものであるといえる。躯体設計の時点で十分施工法を吟味し、単に躯体の経済設計面のみの追求にとどめず、真に合理的な構造設計を行えば、省力化も可能であると思われる。

地下工事の省力化は、結論として建設計画途上における工法検討の成果を設計面にフィードバックすることによってなされることを銘記したい。

参 考 文 献

- 1) 富井義郎・林 正雄：東京地下駅建設工事，土木学会誌，第55巻5号。
- 2) 石橋啓司：京成上野駅改良工事，そのほかの資料。

VI. ダ ム

柴田 信高*・前田 祐正**

はじめに

今日における多くの土木工事がそうであるように、ダム工事についても、すでに積極的な省力化対策が行われている。現時点よりみて比較的労働力が豊富であったと思われる戦前でも、記録に残っている“人海戦術”という言葉の裏面でも、省力化・生産性の向上にはたえず意が注がれていたと思われる。戦前期の大ダムの代名詞のように用いられる鴨緑江の水豊ダムは、昭和13年9月より昭和18年12月までの5年の歳月で完成しているが、その間第二次世界大戦の影響を受け、施工面でもかなりの努力が払われたことが記録に残されている。

戦前の土木工事における省力化はさておいて、本格的にダム工事が機械化施工によって短期間に完成されたのは佐久間ダム(130万 m^3)であろう。しかし、当時は機械化施工といっても、労働者の技術が機械化に対して未熟であったため、非常に多くの労務者を必要とした。佐久間ダムに次いで田子倉(200万 m^3)、奥只見(163万 m^3)、黒四(160万 m^3)など数々の大型コンクリートダムが施工され、昭和36年には最初的大型ロックフィルダムとして御母衣ダム(800万 m^3)が完成した。以上のような大型ダム工事を施工することにより、重土木機械の使用に熟練し、普遍化され建設工事の省力化に大きな効果をもたらした。

* (株)間組馬瀬川建設所所長

** (株)間組馬瀬川建設所次長

ちなみに、その一例をあげると、佐久間ダム（昭和 31 年完成）では労務者 1 日最大 4000 人であったが、早明浦ダム（120 万 m³、昭和 48 年完成）では 1 日最大 500 人の労務者によって施工された。また、御母衣ダム（昭和 36 年完成）では同様 4300 人が従事したが、七倉ダム（730 万 m³、現在施工中）では 500~600 人が予定されているにすぎない。

このような面からみてもダム工事の省力化については全く隔世の感があるが、このように省力化が可能となった原因は、何といても建設機械の大型化、性能の改善や、技術者および労務者の技術の向上であり、また、これら施工技術の発達とあいまって、機械化施工にマッチした設計が取り入れられた賜であると思われる。

今後は、以上のような身についた建設機械の使用と電算による施工計画の立案や施工の管理によって、いっそうの省力化が進められるであろう。

以下、コンクリートダムとフィルタイプダムについて施工上省力化にどのように取り組んでいるかを簡単に紹介する。

コンクリートダムでは、コンクリートの品質管理の重要性が必然的に骨材プラントやバッチャープラントの機械化と自動化を促進させ、これがまた省力化をもたらす結果となった。フィルタイプダムにおいては、掘削工事や盛立材料の採取工事や盛立工事などが、元来、機械仕事であるため、省力化が当初から、かなり進んでいたといえる。

1. コンクリートダム

(1) 原石採取工事

原石採取工事としては、河川堆積物採取方式と原石山爆破採取方式、および両者の併用方式がある。河川採取の場合、堆積物の中に混入している異物（主として木片）の除去には少なからず悩まされる。結局は、労務者をベルトコンベヤのしかるべき場所に配置して、人力による除去に依存している現状にある。

原石山での採取の場合には、小割発破の作業を少なくすることに細心の努力が払われており、せん孔と装薬の関係を十分研究し、発破後の大塊の発生を少なくするとともに、発生した大塊についてはグリズリー上に設備する「ブレーカー」で機械的に砕く方式によっている。また、採集期間中に仕上がり面の一部にクラックや崩落が発生し、そののり面直下のベンチが作業不能になることがしばしばある。このようなときにも、作業員の手待ちを防ぐために、施工計画の段階での配慮が必要となる。

(2) ふるい分け工事

骨材の破碎ふるい分け工事は、すべてが機械設備であるのでとくに問題はないとしても、運転中に生ずるトラブルに対して、常に速やかな応急処置がとられるように心掛けておかねばならない。すなわち、プラントの機械すえ付けの際の仮道路や軽索などは、できるだけそのままに残すと突発事故に対する復旧作業も容易であり、また、日常のメンテナンスにあたっては益するところが多い。

ふるい分けのスクリーン交換もさることながら、ロッドミルのロッドの交換と裏板の張替えのための段取りについても、常時の管理によって早期の処理が必要である。

プラントのメンテナンスとして、酸素による切断作業が多いため、火災の発生にはとくに細心の注意が必要であり、携帯用消火器の配備や、洗滌水を利用した消火栓の配置によって、未然に大事故を防ぐことができる。

(3) バッチャープラント

混合プラントにおける省力化の問題につながる事項としては、バッチャープラントの各フロアーへの資材の持込み方法と、コンクリートの品質管理のための資料採取方法がある。つまり、バッチャープラント各部の補修のための資材持込みには簡単な巻上機のすえ付けが効果的であり、またバッチャープラント自体が道路盤にない場合には、道路とバッチャープラントを結ぶインクラインが有効であることが多い。

資料の採取は、打設中に行わなければならないが、したがって、打設に従事する作業員全員が、一時的にもせよ手待ち状態になることから、短時間でしかも安全に採取可能なサンプリングカーなどの配置が必要となる。

(4) コンクリート運搬設備

コンクリート打込み設備としてのケーブルクレーンやタワークレーンの設備容量は、コンクリートの打設以外に、各種の雑運搬をも考慮して、十分に余裕のあるものとするのがよい。

さらに、クレーンの稼働範囲内にある程度の空地を設けておくことが重要である。コンクリートバケットの修理、ダムへ持ち込む大型型枠や各種材料をあらかじめ集積しておけば、クレーンの稼働率を非常に高めることが可能であるとともに雑運搬に伴う手間も少なくてすむ。

(5) ダム掘削

ダム掘削では、極力切り直しの発生を防がねばならない。すでに掘削した部分をさらに追込む場合には、重機作業が不可能に近く、その大半を人力掘削に頼るケースが見受けられるからである。

また、できるだけよい岩盤が出るまで掘削しておくことが大切であり、これを怠ることによって、あとで驚くほどの労務費がかかる。

上流または下流からの進入路は、ずりの積み込み運搬量ともからんで当然施工計画の際に検討されるべき事項の一つであるが、掘削現場への火薬の持込みや、発破の際のクローラーや作業員の待避場所として欠くことのできない空間でもある。あるいはまた、ダム軸方向に軽索を一本張ることによって、掘削作業の雑運搬に非常に便利な場合がある。

近年、部分的に ANFO が使用されはじめたので、装薬作業での省力化が期待できるようになった。

さらに細かい点までいえば、掘削作業の施工の際に、ブロックジョイント付近はできるだけ平滑になるように掘削することによって、将来、岩着部のバラ型枠の建込み作業が楽であると同時に、打設作業も容易となる。

(6) 型 枠

型枠作業は、ダム工事の中で今後最も省力化について努力が払われるべき部門である。とくに最近のように、熟練した大工が少なくなり、かつ安全作業が要求されるようになると、設計面でも、それなりの配慮が必要かと思われる。

施工面では、メタルフォームの組合せによる大型型枠の採用と、モビールクレーンの発達により大部分の型枠作業は非常に安全迅速に施工できるようになった。したがって、岩着部のバラ型枠から、なるべく早い時期に大型型枠に切り替えるのがよい。

省力化を進める上で、木製型枠の使用は最少限にしなければならない。止水板まわりの型枠も、エレベーターシャフトの型枠も鋼製型枠に切り替えられるようになっており、ギャラリーも鋼製型枠で組み上げられている。さらに、勾配ギャラリーの階段も、従来からの現場打ちのコンクリート階段にかわって、最近では、鋼製階段を取り付けることにより、階段の型枠手間ははぶく配慮が行われている。ギャラリーの上半の形を従来のように円形にするか、それとも八角形半截型にするかは、今後の問題であろう。つまり、円形の場合には鉄筋の曲げ加工が必要であることと、水平ギャラリーから勾配ギャラリーへの切合部で上半の大工仕事がやっかいであるが、八角形半截型の場合は、この種の面倒さがないかわりに、鉄筋量が増大するからである。

越流部背面のバケットカーブやクレストの放物線の型枠は、従来木製型枠を使用していたが、縦バタとメタルフォームの組合せ方法を考えたり、メタルフォームによる曲面可変の大型型枠を製作することによって鋼製型枠の採用も可能になった。

横ジョイントのキを消す位置は、ダム背面からの距離に関係なく、打設リフトで消すのがよい。

型枠工場には、鋼製大型型枠の製作、解体や、トラックへ積卸しのために、門型クレーンを設備すれば便利である。

(7) 鉄 筋

ダムの鉄筋で加工を要するのは、主としてギャラリー用の鉄筋であり、複雑な加工を要するが、一定の半径に加工可能な鉄筋加工機を設備して、大幅な省力化がみられた例がある。

(8) コンクリートの打込み

コンクリート打込みは、ケーブルクレーン、またはタワークレーンなどで施工される関係上とくに問題はないが、敷均しと締固めについては、敷均しブルとバイブローダーを採用すると効果的である。バイブローダーについては、サイクルチェンジャー方式のものは、キャップタイヤコードの引回しに手間を要するので、エンジン駆動発電方式を採用している。

(9) コンクリート養生

コンクリートの養生には、湛水養生を実施する関係上あらかじめ型枠を製作する際に、コンクリートの打上がり面より 10 cm 高い型枠を製作している。

(10) コンクリート面の清掃

打設したコンクリート面の清掃には、電動のワイヤーポリッシャーを使用すれば便利である。

(11) 水叩きおよび副ダム

水叩きおよび導流壁のコンクリート関連の作業には、トラッククレーンを使用すると、導流壁の大型型枠のスライドや、鉄筋などの材料などを導流壁の上に運び上げるにも便利である。

大型のコンクリートダムでは、水叩き、副ダム、および導流壁のコンクリート量も数万 m³ になるが、上記のように、トラッククレーンで時間当りの打設能力は微々たるものである。したがって、本体パッチャーで水叩き関係のコンクリートをも供給することになると、本体関係の作業員に手待ちを生じ、著しい能率低下をきたす。この対策としては、水叩き専用のパッチャープラントを設備することが望ましいが、このために新設するのめんどろかと考えられるので、あらかじめ、仮設備用パッチャーを設置し、将来水叩き用パッチャーに転用することを考慮して、その設置場所を決めれば非常に有効である。

2. フィルタイプダム

(1) 掘削工事

ダム掘削を大別すれば表土除去とコア盛立部の岩盤掘削であるが、要はむだのない機械配置と適当な規模の機械の選択が省力化につながるものと考えられる。

(2) 盛立材料の採取工事

材料としては、おおむねロック、フィルターおよびコア材料が考えられる。ここでは、主としてロック材料およびコア材料の採取について記述する。

a) ロック材料の採取

材料採取の方法としては、原石山で爆破によってロック材料を採取する場合に限定すると、爆破方法としては坑道式とベンチカット式および、これらの併用式がある。これらの方式の中で、労働力が豊富な数年前までは、坑道式爆破が多く採用されていたが、この方式は坑道の掘削、装薬および埋戻しに多くの労働力を必要とし、爆破立積の単位当り労働力比率がかなり高く、実績としてはベンチカット式に比して5~6倍に達している。したがって、最近ではベンチカット式を用いることが多く、クローラードリルの大型化とその性能の向上により労働力を極力省くくふうがなされつつあり、ワンマン2~3ドリルといった削岩機の採用が実現しつつある。また、ベンチカット方式を採用する場合には、原石山として、できるだけ多くのベンチを持つことが掘削ならびに運搬重機の稼働率を高め、ロスを最少限度にする。

b) コア材料の採取

コア材料を採取して盛立てを行うにあたり、オーバー

サイズの除去の問題が発生する。この場合、従来は採取場あるいは盛立現場において人力により除去作業を実施していたが、場所その他の事情が許されるならば採取場付近にスクリーンを設置して、あらかじめオーバーサイズの除去を実施することが大切であり、とくに大量運搬の場面においては材料管理上の必須条件であり、省力化にとっても重要課題である。

(3) ダム盛立工事

ロック、フィルターおよびコア材料をそれぞれの採取場からダムまで運搬し盛り立てる場合、各材料の盛立てにあたり考慮すべき事項として、下記のものがある。

- ① 気象条件
- ② 各材料の運搬距離
- ③ 各材料の盛立量
- ④ 各材料の盛立日数

以上のような点につき、総合判断をして積込み、および運搬機械を選定するが、さう勢として機械は大型化の方向に進んでおり、これが工程の短縮と労働力の省力化につながる。しかし、ここで注意すべきことは、機械が大型化の傾向にあるとはいふものの運搬路線の規模が問題であり、これに投資する工事費との比較において機種ならびに機械の規模が決定されなければならない。わが国のような狭隘な地形の場合には、運搬道路の幅員はせいぜい15m程度が限界であり、使用ダンプトラックの規模としては、30~50t程度が最大ではなからうか。

また、コア盛立については、とくに岩着部のタンピングに対し従来人力によるハンドタンパーが使用されてきたが、最近自走式バイブレーションローラーの採用による省力化が進められている。

土木学会編 基礎と地盤 48年夏期講習会テキスト

2200円 会員特価 2000円 (〒170)

●基礎地盤の調査——目的、手段と適応性など／大矢 暁 ●土質の解析——土のせん断強度と体積変化、弾性体としての土の圧力分布、すべり抵抗による基礎の支持力など／後藤正司 ●杭基礎の設計——目的、分類、各種の杭の一般的性質、軸方向支持力、載荷試験、支持力公式、杭打ち公式、周面摩擦など／沢口正俊 ●杭基礎の施工——原地盤の土性の変化、打込み・場所打ち・埋設杭の施工、施工設備と仮設工事など／藤田圭一 ●ケーソン基礎の設計——計画、基本事項、安定計算、躯体の設計など／吉田 巖 ●盛土の基礎——軟弱地盤上の盛土、傾斜地盤上の盛土など／中沢 裕 ●岩盤基礎——力学的特性、分類、試験、評価、解析方法など／飯田隆一 ●軟弱地盤対策——特徴と分類、目的と問題点、選択および組合せ、各種の工法など／室町忠彦 ●地中構造物と地盤——地中構造物、開削トンネル、シールドトンネルなど／渡辺 健 ●基礎の耐震設計——震害の例、設計基準、地震動など／田村重四郎 ●