

V. 地下構造物——高瀬邦夫*

1. はじめに

地下構造物とはいえ利用目的とそれによる構造形式の違いはさまざま、ここでは地下につくる建築物で人間が出入りする地下施設、すなわち、都市計画による都市再開発の関連構造物として地下駅、地下街、地下駐車場など、市街地でしかも交通量の集中するような地区での地下構造物の工事を対称として以下考えてみたい。これらの分野で、現在どのような省力化が押し進められているかを考えてみると、近年その工事規模は日ごとに大型化して、地下深度 30 m 級の構造物が生まれている段階であるといえる。建築物の超高層化に対し、本文で扱う超地下化がどのような問題を含んでいるか、これは、一口にいって掘削土留に関することといっても過言ではないと思う。この点での省力化が本文のポイントであり、それは掘削工事を機械化し高効率化することにつきていえる。それには、まず地下構造の工事の特質と、その省力化がいかに困難か、むしろ最もその点において省力化のされにくい制約された工事であるかを理解され、その上で、施工法または施工機械が必然的な要求に伴い開発・改良され、その結果として工事全体にわたる省力化のみならず急速化が達せられてきているかを実例について述べてみたい。

2. 地下構造物の工事の省力化の困難さ

型枠・鉄筋コンクリート工事で代表される躯体工事と称するものは土木の共通工事として除外し、本文で述べる地下工事の特質は、この面における特異点を中心として以下にあげるとおりである。

(1) 公共用地（道路、公園、広場、駅施設など）の地下で工事をする事

ここで問題となることは、施工認可と同時に路面占用工事に対する路面占用許可条件という工事制約が付帯されることである。これは公道の場合、交通規制をして工事が可能な最小限の路面を工事のために占用させる条件

* (株)大林組東京本社 土木本部設計部設計課長

であり、使用する面積、時間帯など使用の仕方を規定されたものである。よって、施工者側で考えた機械、運搬手段の手配などを集中的に行いたくても、環境規制として許されない場合が常である。

一般に、大型機械を自由に稼働させることが非常に困難であり、おのずから機械も分散・小型化して、大型 1 台でよいものが複数を要するようになる。加えて、時間制限を受けた場合、オペレーターを含めて労務面での時間管理も“待機”というむだな時間を生じ、結果的には省力化に逆行せざるを得ない。

加えて、公道などには地下埋設物といわれる“工事障害物”（ガス、水道、下水、地中ケーブルなど）となるものが埋設されており、これらに支障なく工事を進めるためには、これらの防護・移設などが必要となり、これは機械力では事故につながりやすいので、やはり人力による慎重な作業が要求される。

(2) 作業空間が制約されること

これは地上につくる建築物と比較されるとおのずから理解できるものである。路面が覆工され、交通に開放された状態で路面の下で工事を地下深く進めることによってのみ作業空間が生み出されていくわけで、2.(1)で述べた路面工事も、場所により架空線によって制約されている場合が多い。

この場合、① 大型機械の稼働、大型資材の搬出入に非常に困難をきたすこと、② 掘削工事において支保工鋼材とか躯体鉄骨・鉄筋などの取込みに支障をきたすこと、③ 加えて一般に中間杭と称する H 鋼杭が路面覆工を支持しているので、切り広げた地下空間も実際は仮設の支障物が存在し、機械力掘削も限定されて十分な稼働ができないこと、など悪条件が重なってくる。

また、大型プレハブ工法を取り入れ、省力化・急速化を意図しても、前述の理由で著しく限定される。

(3) 大型地下工事では掘削土留の施工が省力化の要であること

地下に構造物をつくるわけであるから、いかなるケースにおいても掘削土留計画は全工事の死命を左右するもので、これを効果的に施工することが最も肝要である。

掘削土留工事を除いた路面覆工とか躯体工事においては、どこの地下工事でもほとんど同様な施工管理で行われている。ところが、掘削については、土質・地下水の状態、掘削規模、すなわち深さ、平面的広がり、1 工区的全掘削土量などで著しく異なり、また二次的条件、すなわち路面上の環境制約でその影響は大きく変化する。よって、工事の成否はこの掘削土留の仕方では決まるといっても過言ではない。

そこで、2.(1)に述べた路面占用条件により、占用域にどれだけ掘削土の搬出設備ができるか、この条件はむしろ工事者側よりも道路・交通管理者側の現場規制により決められるケースが多く、いきおい内部の掘削の仕方にかかってくる。

これらは施工法により大幅に異なった結果を生ずる。このことを重点的に留意し、集中施工管理することがポイントであると考えられる。

換言すれば、省力化することによって、最も効果をあげることができるのは掘削土留工事であるといえよう。

以上、3つの点についてその特質を述べたが、(1)、(2)の点では、いまさら省力化する余地はきわめて困難であるとされるので、2.(3)の点について以下に地下施工法でどのような工法が考えられ、どのように用いられているかを、実例に基づいて述べることにする。

3. 掘削土留の省力化——地下工法の利用実例

前章で述べたように、地下構内での工事の機械化が省力化につながるためには、制約された地下空間の中でどのようにして機械力を使用できるようにするか、また、そのような機械施工を可能にするためにはどうすればよいかを考えてみたい。構内で障害物となりそうないっさいのものを必要としない施工様式が最も省力化につながる方法であると考えられるので、その一つの代表的な工法として、最近よく利用されている地下連続壁工法を骨子として、これに逆巻工法、アースアンカー工法など補助工法として実施している例を以下に紹介する。

(1) 東京地下駅、新・新宿地下駅（仮称）の施工

a) 東京地下駅

東京地下駅の工事内容は

掘削土量	: 約 61 万 m ³
鉄筋コンクリート	: 約 15 万 m ³
地下連続壁	: 約 4 万 m ²
躯体鉄骨	: 約 2 万 t

である。

この 61 万 m³に及ぶ大規模な掘削を地下 27 m まで行う工事を、都心部で 1 か所に集中して施工した例は今までになく、各種の工法を検討した結果、図-1 に示す逆巻工法が採用された。

土留工法は、掘削中に砂の流出を伴う表層の地下水の湧水を防止するためと、下層の東京礫層が非常に硬く、杭の打込みが不可能なため、一般的に用いられている H 鋼杭やシートパイルによる土留によらないで、地下連続壁を土留として施工し、地下駅完成時は、本体の外壁と

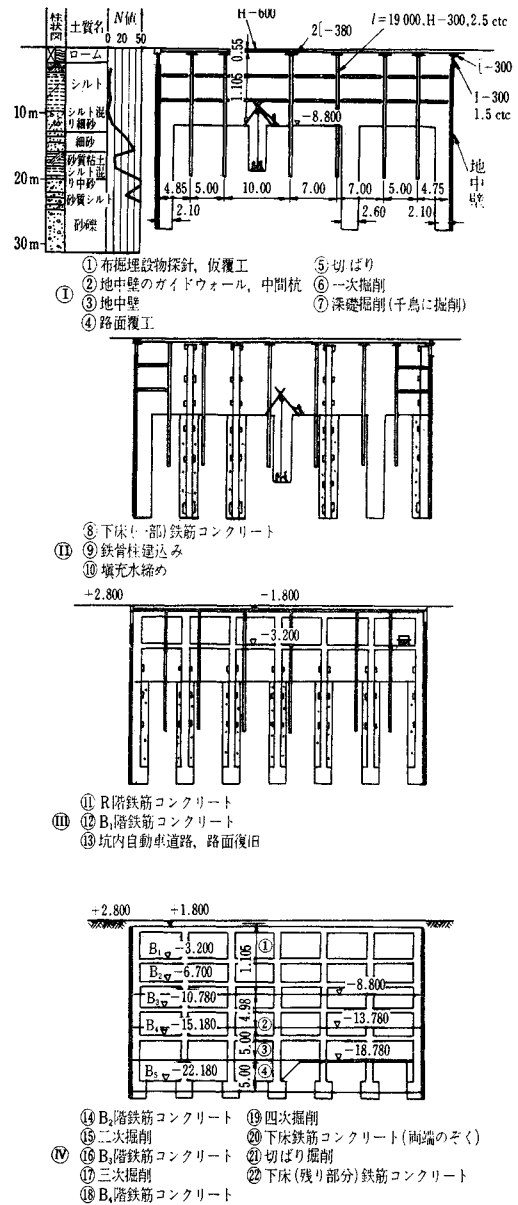


図-1 東京地下駅施工順序図

して使用することが考えられた。

これは図-1で明らかなように、地下連続壁工法を利用することで土留壁と逆巻工の支持壁として役立たせ、鉄骨構造を全面採用することによって仮設の支保工支柱は最小にとどめ、B₃以下下層階の掘削は P S アンカーを場所により利用して固い地盤を機械力により掘削し、工期の短縮と同時に掘削・土留工の省力化に大いに役立たせている。

b) 新・新宿地下駅（仮称）

東京地下駅の工事経験に基づいて、現在施工中の京王電鉄と、都営地下鉄相互乗入れの新・新宿地下駅（仮称）

G.L. = TP + 2600 - 3000

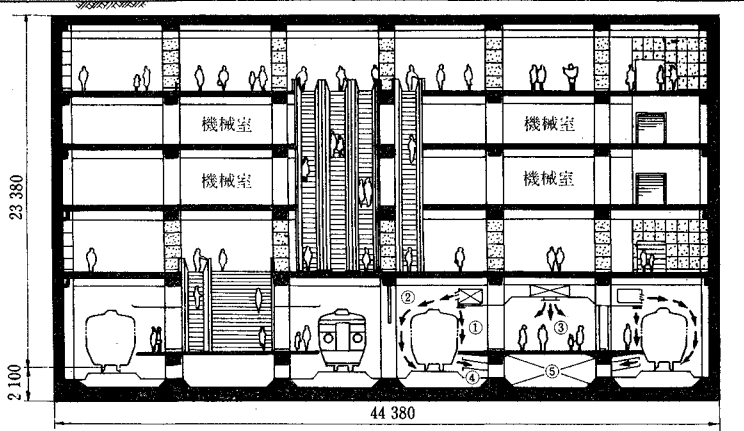


図-2 東京地下駅完成図

ものを所定の工期で安全適切に施工するため、あえて困難な路下地中壁工法を採用している。この工法によって、内部掘削に際し多大な効果が期待されているかをご理解頂けると思う。

(2) 京成上野駅工事の施工

この工事の特色は、都心部でしかも上野公園の緑地帯に位置し、建設に伴う環境破壊がきびしく規制され、しかも既設地下駅をとりこわしてその部分に同時に規模が拡大された新しい地下駅（京成上野駅）と地下駐車場を併設・建設

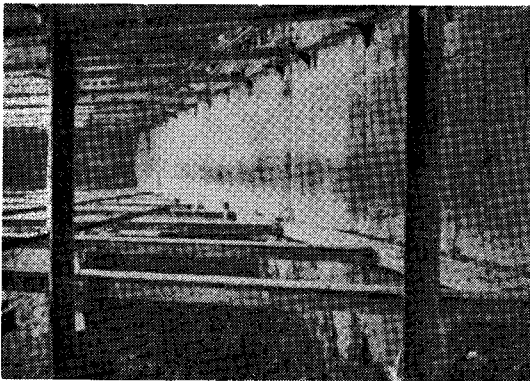


写真-1 東京地下駅における地下連続壁と一次掘削時の構内

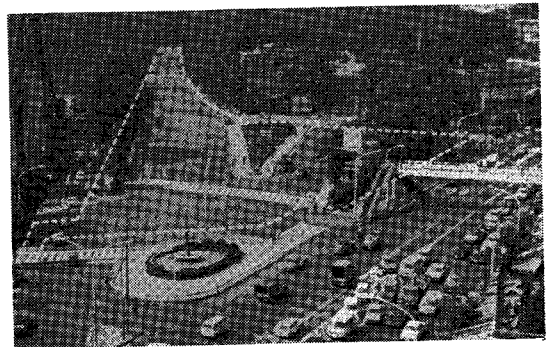


写真-2 京成上野駅工事は破線の区域で施工される

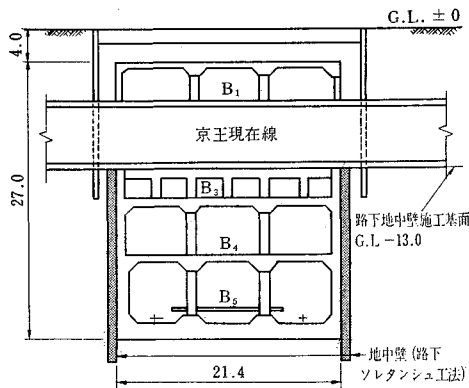


図-3 新・新宿地下駅（仮称）一般断面図

についてふれたい。この駅部の一般断面図と位置・工程表を 図-3 および 図-4.5 に示す。この工事は、場所柄甲州街道の新宿交差点という交通の要衝に位置することから路面覆工の下で地下連続壁の施工がなされている。工程表(図-4)に示すように、基本的には東京地下駅の施工法とほぼ同じであり、このような施工規模の大きな

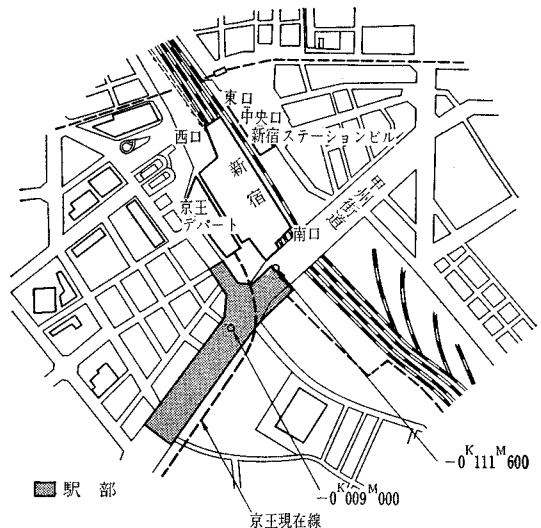


図-5 新・新宿地下駅（仮称）位置図

するもので、3社のJ.Vで施工中のものである。全工期中、前期の一部で列車を1つ前の駅日暮里で折返しを行うほかは、後期で新駅の一部完成したホームで列車運

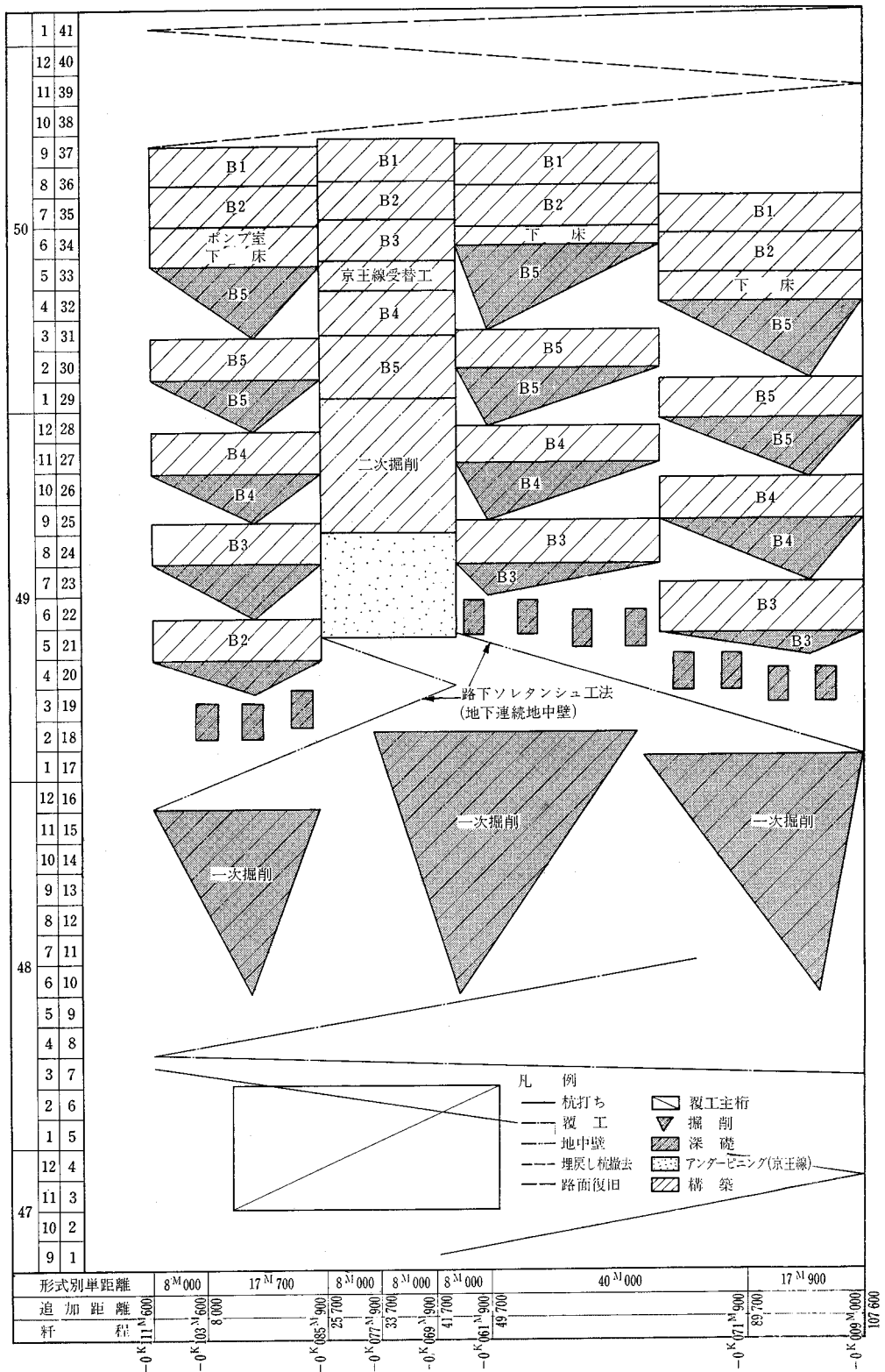


図-4 新・新宿地下駅(仮称)工程表

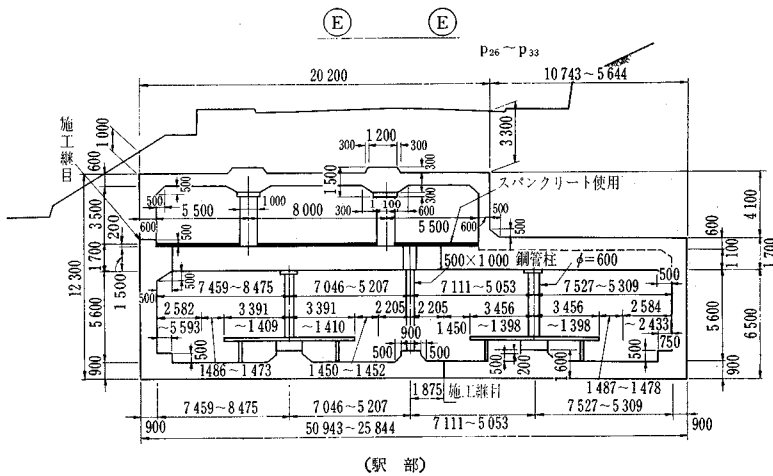


図-6 京成上野駅断面図

(スパンクリートの使用) などの利用, 加えて, 地下連続壁工法とアンカー工法による自立土留を可能にして地下空間を最大限に利用することが大きな努力目標といえる。とくに, こわし工事においては, 機械力による急速施工を行っている。これも列車一時停止期間(6か月)にほとんど他の工事——地下鉄一般工事の20か月相当くらい——に集約された急速工事に相当する作業密度で行われているが, 施工法の効果的な利用によって, ほぼ目的を達成しつつある

ことは大きな成果といえる。

(3) アジャ石油(株)地下タンク工事の施工

横浜・アジャ石油の半地下式重油タンクは

内径: 61 m

高さ: 41.3 m (地下 20.3 m, 地上 21 m)

容量: 11万7000 kl

であり, その基礎本体には, OWS・Soletanche 工法による地下連続壁を施工し, 大きな成果が得られた。

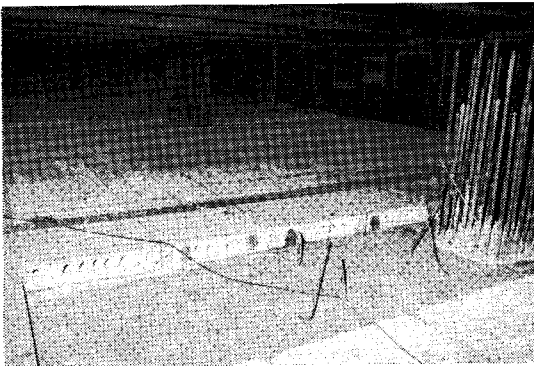
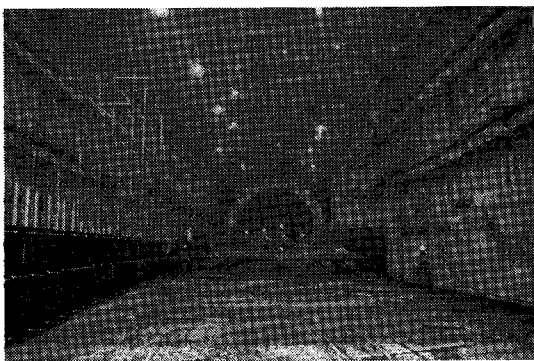


写真-3 スパンクリートで施工中のスラブ



トンネル部, PSアンカーの使用により作業空間が広くとれる

写真-4 施工中の京成上野駅

行を行い, 30 か月で工事を完了させるものである。110本の樹木の移植や既設駅部, トンネル部のとりこわしなど, 他の工事ではみられない種々の特種条件のもとで工事を行っているが, この目的のため, また, この工事を可能ならしめるため幾多の努力がなされている。

それは 図-6, 写真-3 に示すように, プレハブ工法

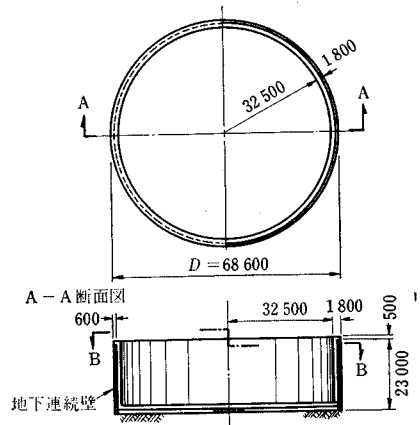
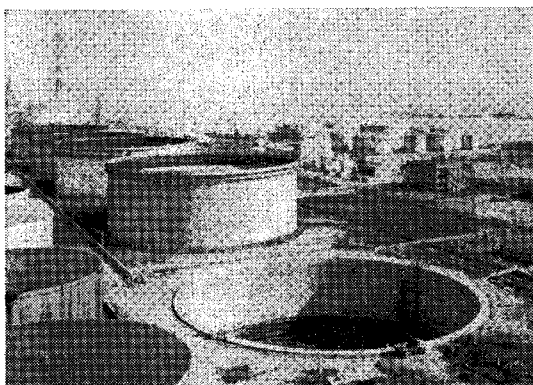


図-7 アジャ石油地下タンク一般図

この周囲をめぐる基礎本体の鉄筋コンクリート壁の施工には, まず外側に厚さ 60 cm・深さ 23 m・総面積 4700 m²の地下連続壁を構築し, 次に内部を掘削しながら厚さ 120 cm の円形鉄筋コンクリート壁を逆巻工法で打設した。

この工事では, 地下連続壁により止水および土留に良好な成果を得た。その結果, この工事に伴う周辺タンク群の基礎の沈下移動はなく, 7万2000 m³の掘削を切りばり支保工も全くなく, その他仮設鉄骨材皆無の状態



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込み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