

最近における施工機械の趨勢

正員 工学博士 河上 房 義*

I. 全般的傾向

土木工事の機械化ということについては、土木の他の分野に比較して、ここ数年間にかなり急速な進展がみられているが、これはわが国の土木工事の機械化が戦後における諸外国の水準よりはなほだしく立ち遅れており、戦後における種々の要求からこの立ち遅れがある程度回復せられつつあることによるものである。試みに最近 10 年間における土木工事機械化の動きを概括してみると次のごとくである。

昭和初期以来の建設工事機械化の停頓時代をそのままに太平洋戦争に入ったわが国の施工法は、米国に較べて 20 年以上の遅れがあつたといわれているが、この差が航空基地の建設に如実に現われ、ようやく昭和 17 年頃から機動性のある重施工機械の国産が企てられたにもかかわらず、実用的な効果を発揮するに至らずに終戦を迎えた。戦後は米軍の携行した建設機械の威力を直接目前に見、しかも各種の重建設機械が払下げられ、これらを戦後の開発と復興の諸工事に実用するに及んで、建設工事機械化の機運は大いに高まつた。加うるに戦時中軍需生産に當つていた一流の重工業会社の、戦後建設機械の生産に転換するもの多く、また昭和 22 年以降相次いで発生した大水害によつて活潑化してきた災害復興や防災の工事、あるいはわが国に残された唯一の豊富な水力資源の開発工事等は、いずれもその性格上急速な施工を必要としたので、各種土木工事の機械化は促進され、これにともなつて機械化施工技術の向上と国産機械の品質の改良が行われ、今日に至っている。

特に最近二、三年における施工機械のすう勢を述べるには、まず第一に国産機械の品質の向上を挙げなければならない。従来国産機械の多くは、外国機械の模倣に終始しており、しかもそれらは主として二、三流の製造業者により生産され、機種もミキサー、ウインチ、道路ローラー、碎石機等が主であつたが、前述のように戦後は一流会社が本格的にトラクターや移動クレーンを応用した重建設機械を始め、各種の施工機械の製造に当り、その製品は使用の成績によつて改良され、漸く実用の域に達したのはごく近年のことである。このように品質が向上したとはいえ、これは「国産機

械も使える」ようになったということで、これら国産機械が十分わが国の環境条件になじみ、かつ長い歴史を有したえず改良されてきた今日の外国機械に比肩しうるに至るには、なお大きな努力を必要としよう。とはいえ近年わが国の施工機械の品質が向上したことに力があつたと考えられるのは、上述のように一流会社の製造技術が建設機械に注入されたことのほかに、使用者の技術の向上と外国技術の導入との二つである。使用者の技術の向上および使用上の経験の製造技術への反映については、個々の使用者、製造者あるいは研究者たるそれぞれの機関において大いに研鑽努力してきたところであるが、これらの関係者のすべてを包含し、その技術の総合・交流に努力してきた日本建設機械化協会等の功績も見逃すことはできない。外国技術の導入については、戦後の払下げ機械の単なる模倣時代はさておき、昭和 24 年以降は技術者の海外渡航も行われ、外国製モデル機械の購入や、内外製造会社間に活潑な交渉が行われ、国産機械の品質向上に大いに裨益したのであるが、それには二つの異なる方式がみられる。その一つは、モデルとなる外国製品を核とし、これに調査研究に基づく技術的改良を加えてゆく方法、他の一つは外国製造会社と提携の契約をなし、その技術を直移入する方法である。いずれを可、いずれを否とすることはないが、それぞれ相当の効果は挙げている。

最近における第二のすう勢と考へうるのは、使用機種、特に国産機種を増加である。建設工事の機械化が進み、一貫した機械化が行われ、また機械の需要が増え、製造会社が多くなつた結果、生産される機種が増加したことは当然であるが、中には外国機械の外見を模倣した試作品に過ぎないものもある。それらのうち、実用的段階に入った機種も多くは、比較的需要の多い汎用機械である。

第三に挙げられる新しい傾向は、性能の変化である。最近の外国機械の性能にみられるめざましい傾向として、容量の大形化、高速化、油圧制御方式の活用の三つを挙げうる。わが国ではその特性、ことに輸送・気候・土質等の工事の環境や、経済・製造技術上の制肘をうけ、これらの傾向をそのまま受入れがたいが、大形化や高速化の傾向はわが国なりに現われている。その具体的事例について後述する。以下主とし

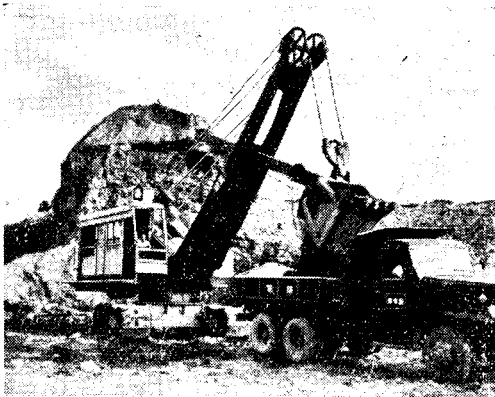
* 東北大学教授、工学部土木工学教室

て国産施工機械の代表的機種の中から選んで、最近のう勢を述べる。

II. 土工機械

戦前からある程度国産されていたが、戦後普及し実用化の域に達した土工機械の一つに、動力ショベルその他の移動クレーンを応用した掘削機がある。これはアタッチメントを交換して、ショベル、ドラグライン、ドラッグショベル、クラムシェル等として使用されており、その中形および小形のは高速ディーゼル機関により運転される。ディッパの容量はアメリカ等でみられる 25 m³ 級というようなものは用うべくもないが、わが国では輸送の便や関連する施工機械の能力等を考慮に入れて一般には 0.6 m³ 級のものが普及し、電源開発の工事等には 1.5~2 m³ 級の中型機も用いられている。これらの機械の走行装置は無限軌道付であるが、最近機動性を主にしたトラッククレーンを応用したものも試作されている。

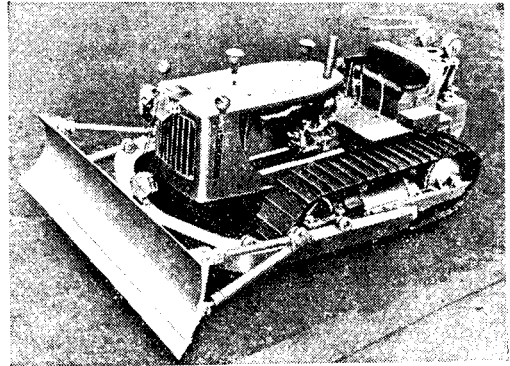
写真—1 動力ショベル (日立)



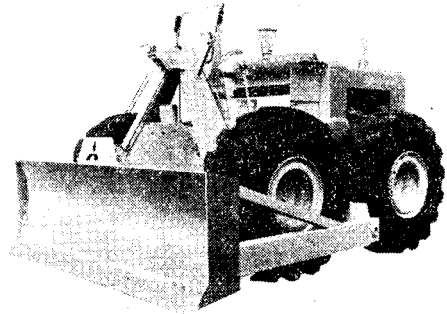
トラクターに排土板を付属させたドーザー類は元来みずから短距離の土工作业を行うのみならず、他の施工機械の牽引やその他広く工事場の補助作業を行うものであるが、戦後他の重土工機械にさきがけて登場しその便利さが認められたため（一部では戦時中にも用いられた）、一時は土工作业の主体をなすかのごとき観さえあつたが、近來ようやく本然の姿をとり戻した。国産のドーザーは昭和22年ころから生産されたが、ごく近年実用的段階に入ったことは前の動力ショベルと同じである。その容量もアメリカでは Allis-Chalmers の HD-20 型や International Harvester の TD-24 型のごとく作業時の重量 20 t を超え、最大出力 175~180 HP というような機関を備えたものもあるが、わが国では Caterpillar 社の D-7 級に相当するもの (15 t 級) が大形機として用いられている。ドーザーの高速化のひとつの現われとして、アメリカ等において

は大形低圧タイヤの発達にともない、ゴムタイヤ付車輪を有するトラクターに排土板を取付けたタイヤドーザーが用いられるようになったが、最近わが国でも試作されている。この種のドーザーは牽引力においては

写真—2 120 HP 級アングルドーザー (小松)



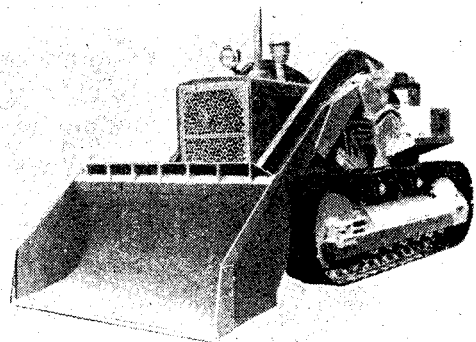
写真—3 タイヤドーザー (三菱ふそう)



無限軌道式のものに劣るが、移動速度が速く、土質が適当であれば作業能率が高いので、今後の普及は注目されてよい。なおトラクターにアームで上下できるショベルをとりつけた積込機（トラクターショベル）もいまだ試作の域をでないが、動力ショベルを用いない場合の土工用積込機として将来の期待がもてる。

無限軌道式トラクターと組合わせて使用されるキャリオールスクレーパーも、トラクターの性能向上と相

写真—4 トラクターショベル (三菱ふそう)



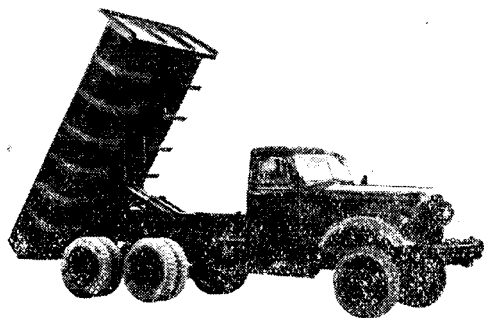
まつてようやく有効に使用されつつあるが、その容量は通常 6m³ 級のもので、諸外国においてみられるような 130 HP 級標準トラクターで牽引される 18m³ スクレーパーというような大形化の傾向や、スクレーパーの活動範囲を増大するために行われている傾向、すなわち大形ゴムタイヤ付トラクターとの組合せによるスクレーパーの高速化の傾向は、まだ国産機械には現われていない。

以上述べたようなクレーンやトラクターに関連して特記すべきことは、建設機械用ディーゼル機関が国産されたことである。わが国は従来建設機械の需要も少なかった関係から、戦前も戦後も内燃機関を備える建設機械の原動機には車両用ディーゼル機関が用いられ、これら車両用ディーゼル機関が逐次改良されつつあったが、昭和 25 年には始めて 4 気筒 95 HP、同 27 年には 6 気筒 150 HP の建設機械に適した性能を有するディーゼル機関が新たに設計・製作され、今日広く国産機械に取付けられている。

スラックライン掘削機は目新しい機械ではないが、特に戦後、急流河川の河床掘削や、コンクリートダム工事の骨材採取にかなり普及し、大いに効果を発揮した。これは目的および地形に応じて、走行式または固定式が選択されているが、最近製作使用されたおもなものは、バケット容量 1~2m³、径間 300~450m くらいのものである。

長距離の土砂や原石の運搬には、軌道運搬に代つてダンプトラックが広く用いられており、その積載量も在来の 5~7t から、中形ショベルと組合わせて使用されるような場合には 10~15t のものまで用いられて

写真—5 大形ダンプトラック (日野ディーゼル)



いる。ダンプの形式には、後方にダンプするものと側方にダンプするものがあり、動力は油圧が用いられている。またダンプトラックとはその構造を異にするが、土砂・原石の運搬に用いられるダンパーといわれる運搬車が、米国 Koehring 会社との提携によつて国産されている。これは車体前部にダンプ部分があ

り、後部高所に運転台があり、自重でダンプリ、方向変換せずに高速で前後進できるので、むしろ短距離運搬に適している。現在用いられているものの積載量は 7t である。

水中掘削に用いられる船については、戦時中より新たに建造されるものはほとんどなく、かつ戦時中の酷使等のため戦後における設備の能力がいちじるしく低下したが、昭和 25 年頃から再び新船の建造が始められた。この頃の新傾向としては、多数の新船を建造することが経済上困難であるため、高性能で運転経費の低廉なものが採用されることになり、昭和 25 年にはディーゼルおよびディーゼル電気を動力とするグラブ船や、ディーゼル機関直結の主ポンプを備えるポンプ船が在来の電動または蒸気機関を有するものに代つて登場した。またごく最近の傾向としては、小形のポンプ船が港湾工事に限らず河川の河床の低下工事にも用いられている。

戦後始めて国産され、昭和 24~27 年にかなり普及したものにモーターグレーダーがある。元来薄い掘削や整地を目的とした機械であるが、現在わが国ではもつぱら砂利道の補修に使用され能率を挙げている。わが国では道路が狭いため、米国の製品より小形のもの (6~8t 級) が主として活躍している。

土の締固め機械としては、一般に道路ローラーが広く用いられているが、わが国の気候・土質等の特性から、戦後はタンピングローラー、ランマー、トラクターの無限軌道等も用いられ、近年はゴムタイヤローラーや各種の振動式締固め機械も試作されているが、これはまだ普及実用されるには至らず、今後の研究が期待される。

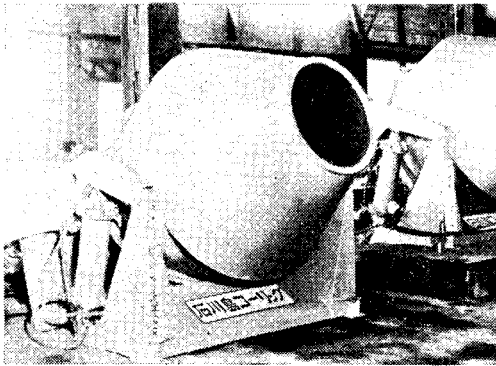
III. コンクリート工用機械

この数年間におけるコンクリート工用機械の発展に拍車をかけたのは、国内各地におけるコンクリートダム工事、都市の各種コンクリート工事、進駐軍の飛行場工事、その他道路・港湾等の工事が興つたことである。重力ダム工事に関連して特に発展したのは、自動式バッチャーを備えるミキシングプラント、コンクリート打込用の高速ケーブルクレーン、その他細・粗骨材の生産およびセメントの取扱い機械等である。

最近のダム工事に用いられているコンクリートミキシングプラントは、数種の骨材からセメント・AE 材・水等にわたる多種類の材料を短時間に正確に計量し、完全に練り混ぜて変質を起すことなく急速に運搬設備に供給できるものが用いられている。このような本格的ミキシングプラントは戦前東京都小河内ダムの工事に一組輸入されていたが、昭和 25 年以降は数多く

国産されている。その構造は製造会社ごとに多少の差はあるが、通常鉄骨造の高塔式であり、その最上部に骨材およびセメントの貯蔵槽を備え、その下層におのおの材料を計量するバッチャーが配置されている。バッチャーはその性質上精度の高い(誤差 1/200 以内)自動式重量秤が取付けられ、極度に少ない熟練した労力をもつて操作されるほか、計量回数や配合の変化は自動的に記録される。バッチャーで計量された材料は、その下層に同一円周上に配置された 2~4 個のミキサに順次供給され、練り混ぜが終ると最下層にくる運搬容器の中に排出される。ダムはもちろん多くの土木構造物に用いられるコンクリートは可傾式ミキサで練り混ぜられなければならないが、数年前まではなお時として不傾式ミキサの用いられることもあつた。大形可傾式ミキサ (28, 56, 112 切) としては戦前から Smith 形のものが国産されていたが、二、三年前から上向き姿勢で練り混ぜ、排出の際深く傾胴するものが広く用いられている。これら新形式のミキサは、ドラムの内面に摩耗防止の特殊鋼の線状溶接が施され、あるいは練り混ぜ中にコンクリートのコンシステンシーを知るメーターが付属されているものもある。なお非常に大規模なダムでは発熱を抑制するために、在来

写真-6 可傾式ミキサ (石川島コーリング)



から用いられていたパイプ冷却法のほかに、骨材を予冷却しておく方法や、練り混ぜ用水の一部として粉氷や氷片を用いる方法がとられるので、これらの冷凍設備をミキシングプラントに併設したのもも少なからず製作されている。

ダム用コンクリートの運搬と打込みには、ほとんどケーブルクレーンとバケットが、用いられるようになり、戦後もなお散見した吊橋とシュートを用いる工法は影を消した。ケーブルクレーンによるコンクリートの打込み能力の増加と相まって、大形化と高速度化の傾向がみられる。すなわちケーブルクレーンの容量は、1.5~6 m³ 入りバケットを吊下げられるように 4.5~

8 t と増大する一方、その運行速度も旧来の横行 120 m/min, 昇降 60 m/min 程度にくらべて、ワードレオナード制御方式を採用したものでは、横行 360 m/min, 昇降 160 m/min と高くなり、1 循環の作業時間がいちじるしく短縮されている。もちろん外国製品の横行速度 600 m/min には及ばないが、わが国の急峻な地形では前述の速度が一応の限度とも考えられる。

現在コンクリートの打込みに用いているバイブレーターはなお改善を要する点も少なくないが、締め固め効果を高めるためその振動数は漸次高まっている。市販の国産機の振動数は 5 000~7 000 rpm くらいであるが、近頃の外国製品には 10 000 rpm を超えるものもある。

昭和 25 年ころから大都市にレディミックスコンクリート会社が生れているが、そのミキシングプラントも原則的にはダム用のミキシングプラントと同一である。ただ運搬や需要の関係から、その規模は小さく材料の種類が少ないのでプラントの機構は簡易化されている。

レディミックスコンクリートはアジテータートラックまたはトラックミキサーによつて運搬配給される。この両者もこの三、四年来ようやく実用化された新しい機械である。アジテータートラックは、コンクリートに材料の分離を生ずることなく運搬しうるので、トラックに搭載した運搬槽 (容量 4~5 m³) 内部にある攪拌翼を自動車の動力を利用して回転する搬槽形式のものと、内部にらせん形に羽根をとりつけた運搬槽 (容量 3 m³) そのものを回転するものがある。トラックミキサーはトラックのシャーシに容量 1.5~3 m³ の特殊のドラムを搭載したもので、これは元来バッティングプラントで供給された空練りの材料に運搬途中に水を加え、8~16 rpm の速度で練り混ぜるものであるが、ミキサの定格容量の 140% くらいのレディミックスコンクリートを収容し、低速 (2~5 rpm) で攪拌しながら運搬することによつてアジテーターとしても用いられる。

練上りコンクリートをプランジャーポンプでパイプの中を圧送するコンクリートポンプは、戦前輸入されたこともあるが、最近では港湾、トンネル、地下鉄、橋梁、建築等の工事に国産機が用いられている。1 機の輸送量は 5~20 m³/hr, 輸送距離は水平の場合 240~300 m である。

コンクリート舗装工事の品質の向上が戦後の道路交通事情から重要視され、このような舗装は機械力によつて施工されねばならないので、舗装の新設が盛んになった昭和 27 年には建設省がわが国情に適合したコ

ンクリート舗装用機械のセットを試作した。これは16切ミキサ2台を備える簡易な小形バッチングプラントと練上りコンクリートを運搬するダンプトラック数台、コンクリート路面仕上げ機、振動式表面仕上げ機、鋼製型わく等の組合せから成っている。このセットの能力は1日80m³のコンクリートを処理しうるもので、各地方建設局に1組くらいずつ配当され試用されているが、わが国の現況から1日50m³くらいのセットが造られようとしている。

IV. その他の機械

土工およびコンクリート工事以外の機械にも種々の発展が見られる。たとえばさく岩機のノミ先を用いる付替ビットの普及、一部の工事におけるドリルジャンポーや自動伸長レッグの採用による能率の向上、坑外の削岩におけるワゴンドリルの利用、砕石製造における衝撃粉碎の応用等その事例は少なくない。

付替ビットには刃先に硬質合金(タングステンカーバイト)のチップを埋込んだものと、鋼製ビットに焼入れを施したものとがある。前者は寿命がいちじるしく長く、交換も容易、交換回数が少ないので、穿孔能率が良好である。鋼製付替ビットは特殊合金ビットにくらべ寿命は短かいが、単価は安く、グラインダーで整形でき、オイルファーンエスやシャープナーを用いる必要がない。これらのビットの適当な種類を岩質に応じ選択すればトンネルの掘進能率も上る。付替ビットは土木の分野では昭和24年頃から使われているが、その普及はまだ十分とはいえない。

わが国ではさく岩機(ドリフターまたはシンカー)は切端に固定した支柱で支持させて穿孔していたが、削岩機の取扱い能率を高めるため米国等ではドリルジャンポーが用いられている。最近わが国でも一部でこれが使用されている。これは台車上に支柱を固定したもので、左右上下に旋回できるブームを取付けたもの、自動伸長レッグを取付けたもの等があり、1台のジャンポーに取付けうるさく岩機の台数もトンネルの断面に応じて1~20台くらいである。

ワゴンドリルは2~3輪のゴムタイヤ付車輪を備えた車体に大形さく岩機をとりつけたもので、近時ダム基礎掘削、原石の採取、道路の建設、その他坑外の削岩やグラウト孔の掘進に広く用いられている。

インペラーブレーカーはわが国ではごく最近建設工事にも用いられるようになった砕石機で、外国会社(ドイツ)との提携によつて国産されている。これは回転するローターのまわりに取付けた衝撃板によつて原石を周囲の受板に投げつつ破碎するほか、原石相互の衝突による破碎作用も利用する。これによつて生産された砕石は形状がよく、機体が小形で低廉であるので、将来有望な機械である。

V. 将来の展望

上述の諸機械は最近大きな進歩を示したもののすべてではないが、最近の施工機械事情のすう勢の一端はうかがわれよう。最後に近い将来の展望を行えば次のごとくである。

(1) 最近いちじるしい進展をみせた国産機械は今後も引続き発展を示すであろうか。これは使用者および生産者の希望にかかわらず樂觀はできない。わが国の目下の経済事情からすれば、今後数年間に施工機械の新規需要は特に増大するとは考えられず、国産機械の品質向上の機会を得がたくなり、建設機械の中小製造業者中には生産を停止する者もあろう。のみならず生産台数の低下は、せつかく現在の水準まで至つた技術を維持することさえ困難となるかもしれない。これに対しては需要者のより強い援護を必要とする。

(2) 外国機械の輸入については特に民間需要者から強い要望がもたれているにもかかわらず、現状では外貨の枠で抑制され、自由に入手できない。しかし今後建設事業に導入される外貨に附随する外国機械の輸入や、モデルとなるべき少数の機械の輸入は認められよう。こうしてある程度外国技術との接触が保たれるであろうが、将来はいままでのようなアメリカ依存のみでなく、種々の点で比較的條件の近似しているヨーロッパの技術も広く吸収されることにならう。

(3) わが国の建設機械は諸外国の機械のたどりつた大形化と高速度化の傾向に、ある程度は従うとしても、これに無条件に追随することはないであろう。それはわが国の地形、工事の規模、輸送、経済等の諸條件が、外国のそれと全く異なるからである。従つてわが国情に適合した独特な機械の出現が望まれる。現に諸種の施工機械についてこのような研究が進められており、すでに若干の成果が紹介されている。