

現場施工にみる省力化

I. トンネル——横田高良*

1. 省力化が要望される背景

(1) 工事量の推移

OECD の調査による加盟 18 か国のトンネルの需要は、1960 年代の 10 年間の実績に比べ、1970 年代の 10 年間の見通しは、延長で 45.8%、掘削量で 54.5% の伸びを示している。

わが国のトンネルの需要は急激に増大する方向にある。“豊かな人間環境の創造をめざして、均衡ある発展をめざす国土の改造”(昭和 48 年版建設白書)にも見られるとおり、わが国の国土利用による施策として、国土の 65% を占める山間地域の開発がかかげられ、それ

に伴いトンネルの需要が増大化する傾向となっている。そこで全国新幹線網、国土開発幹線自動車道などの整備計画に見られる用途別のわが国のトンネルの過去 10 か年間の実績と今後の需要の見通しの対比を表一に示す。表一によれば、その伸び率は大幅な増加を示している。さらにこれを断面別にみると表二に示すとおりで、大断面のトンネルほど需要が伸びていることが数字上からも証明されている。

(2) 労働力の推移

トンネルを含めたわが国の建設業の工事量は、昭和 36 年を 1 として 45 年までの 10 年間で実質で 3 倍の伸びを示した。これは年平均 12.9% の高い伸び率を示したこととなり、日本経済の高度成長ぶりを物語っている。これに対し建設業への就業者は、同時期では、昭和 36 年の 274 万人から 45 年の 394 万人と 43.8% の伸びにとどまっている。これは、年平均 4.1% の増加率で、昭和 36 年から 45 年までの 10 年間の実績を見る限り、需要と供給のバランスは整合しておらず、その差の大きいことを示している(表三参照)。しかし、考え方を改めて見れば、1.5 倍の伸びの労働力で 3 倍の伸びの工事量をこなした実績は、早くから建設業が省力化を実施していたともいえる。

さらに、労働力の実績は、昭和 47 年に 431 万人で

表一 用途別の日本のトンネル実績と今後の見通し

工種	単位	1960~1969年	1970~1979年	伸び率 (%)
運輸施設	km	1 078	2 306	214
水路	km	499	270	74
公益事業	km	15	173	1 153
合計	km	1 592	2 849	179

注：鉱山を除く一般構造物，その他，OECD 調査報告資料による。

表二 断面別の実績と予想

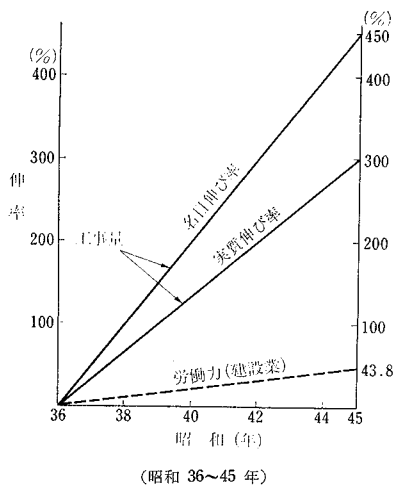
区分	2~10m ²	10~30m ²	30~100m ²	>100m ²	合計
1960年代の実績 (%)	92.6	4.9	1.1	0.4	100
1970年代の予想 (%)	47.9	-8.8	85	113	総合 46

注：① 百分率はトンネル延長を比率で表わしたものである。

② 1970 年代の予想は 1960 年代に対して伸び率で表わしたものである。

③ OECD, 18 か国の調査による。

* (株) 熊谷組技術研究所 第 1 部次長



図一 工事量と労働力の推移

46年に比べ4.4%の増加であると建設白書は述べている。また、建設省の調査によれば「昭和55年における建設労働力の供給は540万人相当と見込まれているが必要数は最近の労働生産性の動向から推移すると、660万人相当が必要と見込まれる」とされている。労働力の不足の原因はいろいろあるが、量の不足もさることながら質的な面でもきわめて深刻である。すなわち、技能労働者の不足は47年で24万人といわれ、不足率は22.8%と全産業の13.4%を大きく上回っている。また、年齢別に見ると、若い労働力を欲する建設業であるが、昭和45年には40才以上が44%を占めている。このような状況下の労働力の現況は、絶対数の不足、熟練労働者には頼れなく、さらに高令者と季節労働者(35万人推定)に支えられているといえる。よって、増大する工事量の消化は、過酷な背景のもとに好むと好まざるとにかかわらず、省力化は大幅にしかも急いで行われなければならないことが、これらの実情からしてははっきりしている。

(3) コストについて

工事量と労働力の推移を見てきたが、これをコストについて見ると、労働力の不足はその単価に大幅な上昇が見られる(図-2参照)。しかし、掘削の単価は労務費のように大幅な上昇は望まず、そのしわよせが歩掛りの減となって表われている。図-2からも省力化の進んで

いることが立証されている。こうした供給と需要の関係から、さらに大幅に省力化への活路を広げなければならないことがわかるが、図-2に見られる限り、歩掛りはこれ以上さげる余地はなく、省力化を進めるためには思いきった手段が要望される。

2. 省力化の現状

トンネル施工面での省力化を考えるには、まず計画の立案の段階で十分な検討が必要である。それは、①断面形状から、②労務事情から、③機械の選択から、などがポイントとなる。

(1) 断面形状

トンネルの施工法には全断面掘削工法から、導坑先進切広げ工法まで、地質要因、立地条件などを考慮して、その現場に合った最も安全で、経済的であるとされる工法が選ばれている。もちろん、工法の選択には従来から行われている標準的な工法がもととなることは当然であるが、大断面トンネル——新幹線、高速道路の断面など——では、全断面工法が可能ならばこれにこしたことはないが、わが国の地質上の要因から全断面工法で施工できる場所は数少ない。したがって、これに変わる大きい断面での施工法が、省力化を進める上では望ましいことになる。

(2) 労務事情

労務事情についての配慮は、年齢層、熟練度、技能工などがからみ先にも述べたとおり多くは望めない。したがって、トンネル工事であるといった特殊さでなく、だれでもできる、あるいはだれにでも操作可能な方法・設備を設けるようくふうし、加えて人手不足の解消できる方法もあわせて、選定上の必要条件と考えなければならない。

(3) 機械の面

これに関しては、上述したように、操作簡単で、あまり特殊でないもの、できれば自動化が可能なものなどが必要である。

もちろん、断面に対して作業スペースを損わない最大寸法のものでなければならない。

こうした配慮を踏まえて、個々の分野における省力化対策は細かい点まで実用化されている。その実情について、工法上から行われている措置、機械・設備上の実施状況、さらに労務事情からの配慮における省力化の現状について次にふれてみる。

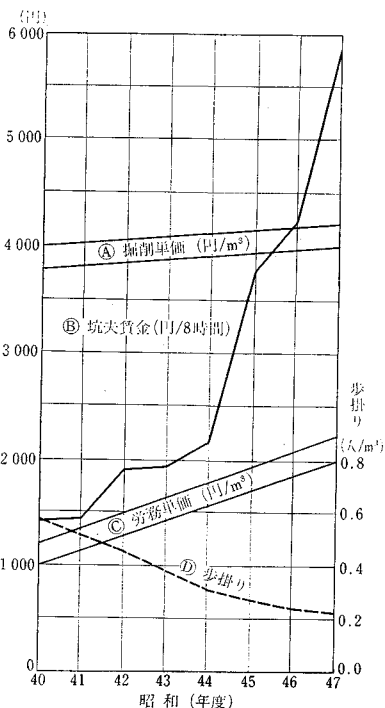


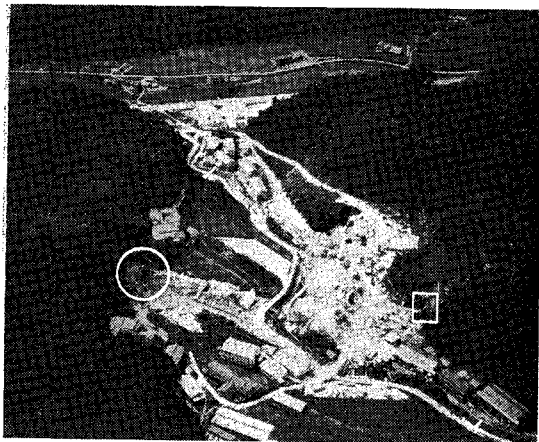
図-2 山岳トンネル掘削単価と労務費の推移

3. 省力化の現状

(1) 工法面の近況

工法の上での現状は、最近タイヤ方式による上部半断面掘削工法が話題を呼んでいる。この工法の特徴は

- ① 切羽が比較的大きい断面であるので、大型機械が使える、
- ② 大型機械も特殊な形式でなく、一般に使用されているドーザショベル、ダンプトラックでよい、
- ③ ずり出し設備、とくに坑口のレール方式に見られるような大がかりな設備は不要である、
- ④ 作業員も他のレール工法に比べ少なくてよい、などがあげられ、施工性の面からもよい成果があがっている。写真-1 はタイヤ方式による坑口を示したものでずり捨て設備は見あたらない。



(○, □印は坑口。山陽新幹線建設工事)

写真-1 タイヤ方式によるトンネル坑口の設備

導坑方式あるいは、きのこ型掘削方式などの下部半断面の掘削方式は、従来方式の抜掘り、脚付コンクリート、土平掘削、側壁コンクリートといった過程を踏まえて行われているが、狭い場所で大型機械の投入もできず人力に頼る部分が多かった。しかし、連続土平施工法を装置とも開発したことで、この分野における省力化は、工事施工の安全性と急速性を加えて、省力化に大いに貢献できるようになった(写真-2 参照)。

機械・設備の面について見ると、削岩におけるブームジャンボがある。タイヤ方式のモバイルジャンボなどは2ブームを1人でせん孔できる装置となっている(写真-3 参照)。レール方式で箱型トロを使ってのずり捨て設備のチップラー(トロ転回装置)における省力化がある。これは、チップラーの形式を変えるために、トロ

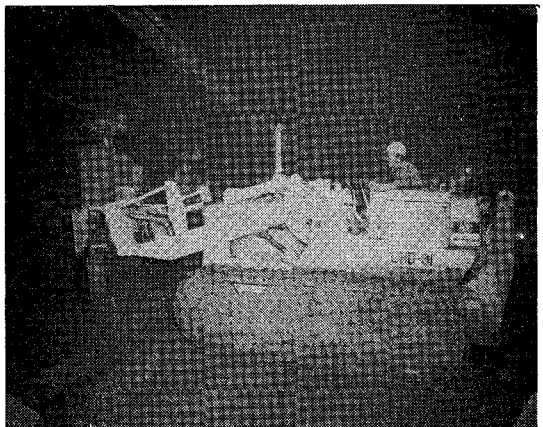
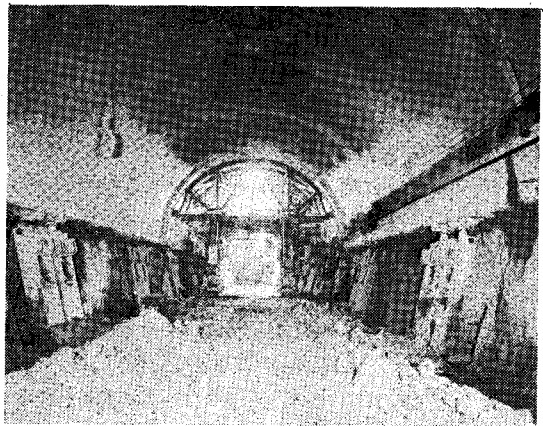


写真-2 連続土平施工法(上)とエレクター(下)

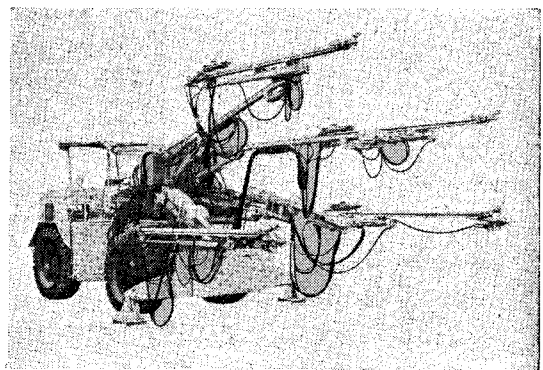
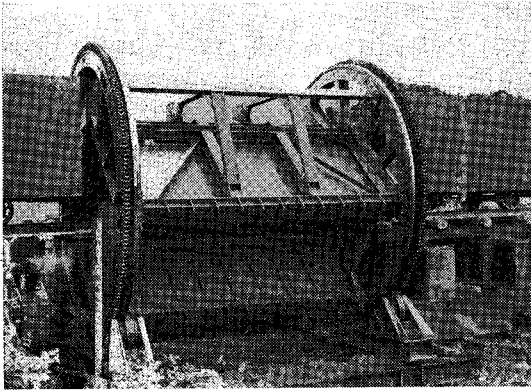


写真-3 モービルジャンボ

のカップラー(連結器)の改革もなされているが、① まず自動化したこと(これはラジコン操作による自動運転を可能とした)、② 従来はトロの排土のため1両ごとにカップラーをはずして排土していたが、カップラーの改革により連結したまま排土ができるようになった(この場合、チップラーの所定の位置にトロが入ると、けん引してきた機関車の運転手が自動操作用ボタンのスイッチを入れることにより自動的に排土し、もとの位置に戻る



(マルチチップラー 6m³用)

写真—4 ずりを前後のトロッコを連結したまま排出している状況

設備である)などの利点がある(写真—4参照)。ずり捨て関係では、この箱型トロコに変わり、グランピートロを使用することで、タイヤ方式ほどの設備軽減ではないがチップラー方式より簡単な設備でよく大幅な省力化が実用化されたわけである。トンネル掘削中、ずり出しの占める割合は非常に大きい分野であるが、これらの面で上述のような省力化を強力に推進すれば、その効果はさらに上がるものと信ずる。

(2) その他の面の近況

トンネルの測量にレーザービームが多く使われている。トンネルの掘削、覆工にはそのつど必ず測量が必要

であり、そのたびに職員の手をわずらわしているが、これをレーザービームを使用することで、1週間あるいは10日とか20日とかに行えばよいようにし、日常のチェックはターゲットで監視することで、測量業務が簡略化でき、さしずめ職員の作業面の省力化ができる。

トンネルの施工で、省力化、コストダウン、安全施工の課題をいっきに解決できる工法は、機械掘進機工法であろう。作業を連続化したことで最も理想的な姿となってきたこと、またその効果の大きいことは衆知であるがわが国の地質が“常に短し禿に長し”で、現実問題としてはすべて成功であったとはいいがたい実績に終わっている。しかし、機械化による魅力は捨てがたく、最近では全断面の円型掘進機に変わって、不定形断面の掘進機が伸びてきている。不定形断面掘進機は、円型掘進機に比べ歴史は浅いが、数の上でははるかに多く、任意の断面形状が可能な便利さが買われて、省力化に大いに役立っている。

一方、覆工の面からは、従来の定置式のコンクリートポンプから、プレスクリート、スクリュークリートに変わったこと、型枠では従来のメタルフォームに変わリアルフォーム(アルミ合金)型枠が、メタルフォームと同じサイズで使用されている。これは、軽量のため作業が容易である。また、特殊強度合金製のため錆びない。これはケレン作業の回数が減らせることと、ケレンをするにも付着コンクリートのはく離がよく、楽であるなどの利点があり、省力化が進んでいる。

こうして、個々には進められている省力化であるが、

表—3 工法別稼働労働者編成表

(昭和47年)

工種	サイロット工法 (レール方式)				底設上半工法 (第三導坑レール)				上半断面工法 (タイヤ)				原爆型工法 (レール)			
	編成	進行	歩掛り		編成	進行	歩掛り		編成	進行	歩掛り		編成	進行	歩掛り	
	人		人/m ³	m ³ /人	人		人/m ³	m ³ /人	人		人/m ³	m ³ /人	人		人/m ³	m ³ /人
導坑	44	9	0.15	6.35	18	5	0.3	3.33								
上半	1 進行 m	31				12										
	2 断面 m ²	279			39	60	0.253	3.95	40	0.15	6.75	きのこ型 45	6	0.15	6.8	
	2 数量 m ³												51			
大背	1		0.15	6.65		4			(26)	6			304			
	2					38.5				45						
	3	61				154				270	0.08	11.5				
土平	1		7.5							12						
	2		54						(25)	25						
	3		405				0.74	1.35		300	0.1	10	30	0.44	2.3	
計	1				40	4				13				5.2		
	2					13.5				19				13		
	3					54				247				67.6		
計	105				97				上半406 m/日 下半511.2.5	0.15 0.09	6.75 10.70	75				
全断面 換算進行		8m/日	0.154	6.5		m/日 4.2	0.361	2.8		m/日 9.2				m/日 5.85	0.21	5.0
	人/m	人/m 13				人/m 20.7			上下 半	7人/m 4				人/m 13.6		

注：* 印は一般的な地質で、諸元の条件は加味してない標準的なものを示した。

全体で見ると“いまだし”の感がある。すなわち

- ① 熟練労務者に頼らなくともよい工法、
- ② できるだけ大型の機械化が可能であること、

などの早期における実現が望まれる。

また、トンネル掘削工法別の労務者編成を表一3で見ると、上部半断面工法が多い方でも51人と他の工法に比べて有利であることは数字が示すとおりである。

最近の労務賃金の高騰は異常であるが、近ごろの社会状況は、「経済の高度成長に見られる安定した暮し向き、そして、便利な世の中に加えて余暇を楽しむ時代」であり、あくせく働けばかりが人生でなく、むしろ楽をして金をとる容量の詮索がさきまき、それがブルーカラーの軽視となって表われている。よって、労働力の建設業への就業率の大幅向上は望めず、思いきった政策が必要となろう。手近かには、トンネル施工法の請負者への自由化[?]、新しい機械の速認知などが必要であろう。

ご記憶の方もおられるだろうが、昭和46年7月の新聞に、ソ連科学アカデミーが中心となってロケットによるトンネル掘削の研究を進めていることが報じられた。その内容は、「8m径を毎秒1m掘るもぐら新兵器」として、発明者は「ビットを取り付けたロケットの長所は、ロケット全体が自主的に作業をしてくれる点で、重い大型の設備が必要でなく、直径も3~15mが可能で掘削進度は無限である」としている。そして、さらに「現在、実験はまだ完了していないが、これまでの成績は非常によく、実用化はきわめて有望だ」と結んでいる。それから2年有余、現実のきびしい問題をかかえているトンネルの施工面で、ぜひともほしいのは「ソ連のもぐらロケット」であるのが、いつわらざる現在の心境である。

II. 土 工

伊丹康夫*・佐伯修輔**

1. ま え が き

土工の省力化とは、① 単位土量当りの作業員を現在より減ずること、② 人力作業を機械化に変えること、③ 能率的な工法を選定することなどで、実際には作業員を多く要する工法より少ない作業員で処理する工法に移行する努力を試みることになる。これらのことで考え

* 正会員 工博 日本国土開発(株)専務取締役研究部長

** 日本国土開発(株)研究部次長

られることは

④ 大規模土工においては、努めて大容量の土工機械を使用することによって運転員の作業員を減ずることができ、かつ機械の操縦性と居住性の向上を図ることによって、長時間の運転を可能とし交替要員を減ずることができる。また、長距離ベルトコンベアあるいは土の流送方式などの連続的運搬システムによって、作業員を減じ自動制御することにより、さらに省力化のみならず安全化が図れる。また、臨海埋立てに見られる数千トン以上の大形バージシステムを使用して土を一時に大量輸送できる。

⑤ 都市土木等に見られる狭隘な場所、または小規模土工の土の処理については以下のような問題点をあげることができる。① 小型掘削機、運搬機、揚土装置などかなり普及しているものの、まだ各種の作業条件に適合した機械化は不十分であり人力を要している。② 泥寧化した土あるいは泥水処理について、現在まだ能率的な工法の開発が遅れ、ときとして多くの人力を要している。③ 地下鉄、共同溝などの開削の際、狭隘な作業場には大型機械の投入がしにくく、この場合仮設を変え、すなわち腹おこし、支えばりを強大なものにするにより基礎間隔を増大させ、努めて大型土工機械で能率的な掘削作業ができるようになる。④ のり面と側溝の成形、擁壁の裏込め、埋設物の掘削、埋戻し残土処理など少量の土を扱う土工作業に多くの人力を要しており、機械化が望まれる。

2. 道 路 土 工

道路土工では、省力化について次の特徴がある。① 延長が長く土質の変化が多いこと、② 防災・公害に対し個別に対策を必要とすること、③ 水路などの構造物が多く、かつ土工は平行して進めざるを得ないこと、④ 盛土は品質的管理を要すること、⑤ のり面が多いこと、などである。

道路土工では、土量や構造工の関係で機械の大きさに限界がある。稼働をあげるための積込みや搬路の造成に必然的にくふうがみられる。軟弱地盤にシートの利用、搬路の土質改良などがそれである。岩については大型リッパ、大型ブルドーザー、CCR(非火薬)の使用や、通常発破においても種々の工法がとられている。最近またまった土量に対してコンベヤシステムを導入して省力化の検討も進められている。延長が長く、防災・公害の個別の対策には多くの人力を必要とする。とくに、水路補修など設計段階の問題も多く、緊急対策として今日でも土のうが多く使用され、わずかに袋の材料が扱い易くなったにすぎない。現場内の排水はブルドーザーやパイプ