

新工法

C0112-10

# アルティミット工法の実例とシステム

＝立坑数を減らし推進の可能性を広げる工法の開発＝

機動建設工業㈱ 山瀬 修治  
Syuuji Yamase

## 1. はじめに

元来推進工法とは、開削工法ではどうしても施工できない軌道横断部分や幹線道路、または埋設管の密集した箇所での管の埋設を行うことが主な目的として考え出された工法である。そうして始まった推進工法だが、長い年月を経て近年では大変大きな飛躍をとげる事となった。これは『低振動・無騒音』などの利点が、現代社会に適合したことが大きな要因であると思われる。

たとえば、推進耐荷力が小さいために、かつては推進には不向きと考えられていた塩ビ管のような種類の管でも、現在では立派に推進できるような技術が確立されてきた事、曲線推進の必要性が増したことにより多曲線推進や急曲線推進の施工件数が大幅に増加してきたこと、また距離に関していえば1スパン500m～1000m級の長距離推進工事の計画が急激に増えてきたこと、などがあげられる。

つまり、今までシールド工法では可能でも推進工法では不可能と思われてきた困難な施工条件にも、技術の向上と実績の積み重ねにより推進工法でも十分対応できるようになってきたというわけである。

今回紹介するアルティミット工法は、推進施工の技術の向上と多彩なシステムの確立により、あらゆる条件に対応できる万能な推進工法を目指した工法である。

## 2. アルティミット工法のシステム

ここで、簡単にアルティミット工法について、その主なシステムを以下に述べる。

### 2-1 自動滑材注入システム

自動滑材注入システムは、主に長距離推進施工の

際に活用するシステムのひとつである。施工中、推進管と掘削中の地山との摩擦による抵抗を軽くすることにより、スムーズな推進工事を行うことを目的とするために滑材注入は不可欠なものであるが、この滑材注入をすべて自動制御した、簡便でかつ確実な注入が行えるシステムである。この装置は滑材注入孔が、推進管に一定間隔(25～50m)毎に設置され、推進施工しながら、順次まんべんなく管の周囲に滑材の注入が行えるしくみになっている。元来、注入した滑材が希釈されたり、地山にしみ込んだり

自動滑材注入装置

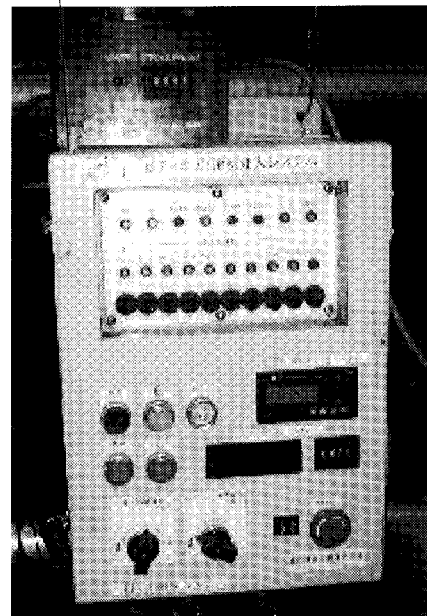


写真1

してその効果が無くなるが多々あるが、この装置は立坑に設置された操作盤で注入箇所、一箇所あたりの注入時間等がある程度自在に設定出来るしくみになっているので、これらの心配がほとんどなくなった。つまり、全体的に管周囲に滑材が充填された状態を保持出来る時間が非常に長くなったという事である。

また、注入材料として開発した『アルティーK』は、地下水に希釈されにくいというえに、地山の間隙にも浸透しにくいので管周囲に残存する時間が長い。このことは、推進抵抗の低減効果のみならず推進中の地盤沈下の防止にも効果的であるという事がいえる。

### 2-2 液圧差レベルシステム』

液圧差レベルシステムに使用する装置は、推進工事でのレベル管理を、正確かつ簡便に行うことで、品質管理の向上を目指すことを目的に開発された装置である。

この装置の構造は、いたってシンプルなものである。発進立坑内に設けた水タンクと基準（固定）水位センサー、及び掘進機（セミシールド掘進機）内の先端部に設置した水位センサーをそれぞれ配管で接続する。そして掘進中に掘進機先端と立坑の基準センサーの水位差をリアルタイムで感知し、レベル方向の位置が把握でき、早い段階でのこまめな方向

液圧レベル測定装置

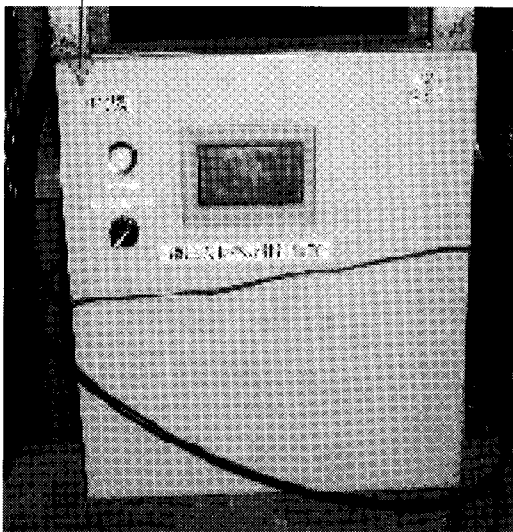


写真2

液圧レベル測定装置基準タンク

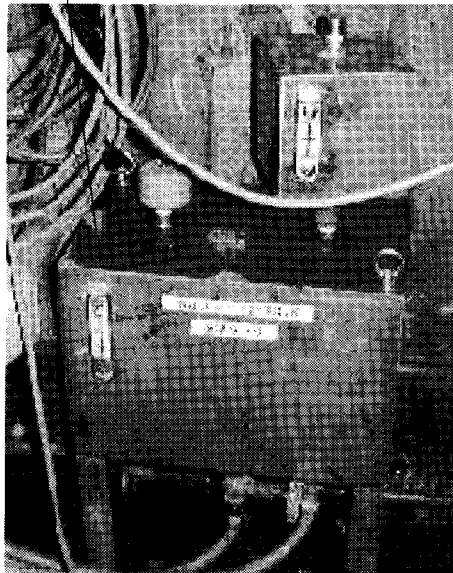


写真3

修正が可能となるので、設計勾配と施工時の値の誤差をほとんど無くすことができると考えられている。つまり結果的に、高度な精度管理による品質管理が行えるということである。

### 2-3 自動計測システム

自動計測システムとは、現在使用されている自動計測装置と、掘進機先端部に備え付けられたジャイロセンサーを併用しながら、特にセンター方向の精度管理を行うシステムである。最近では、比較的小さな口径での急曲線や多曲線の施工が増えてきたこともあり、この自動計測システムは作業性の厳しい現場条件にでも対応出来ることが、大きな利点であると考えられる。

また、これらの他にも下記のようなシステム・装置がある。

『電磁誘導チエック測量装置（モールキャッチャー）』

掘進機後方の推進管に設置した発信器位置を地上の受信機で検知する測量装置。

『アルティミット泥水式掘削管理システム』

泥水推進において、送泥と排泥の流量差を演算することによって掘進機の掘削土量を管理するシステム。

自動測量システム

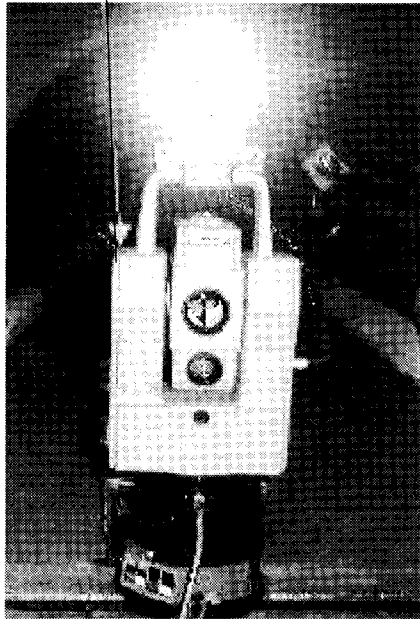


写真 4

『テールボイド測定器』

推進施工中に、テールボイドに充填された滑材のサンプリング採取、テールボイド幅の測定を行って、滑材の充填状況などを管理する測定器。

3. アルティミット工法の構成

アルティミット工法の構成を第1図に示す。

4. 施工例

ここで最近の施工例を一部を取り上げる。

(1) 工事概要

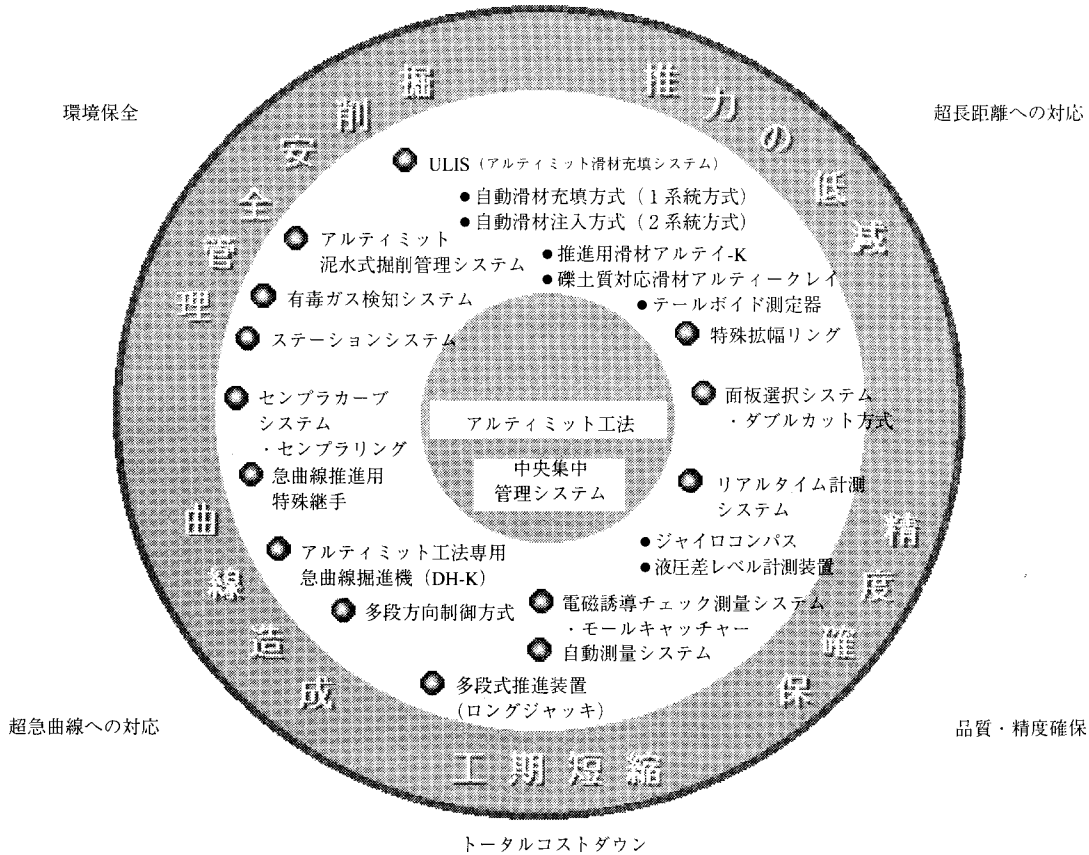
工事件名：福南幹線（16-2工区）筑後川横断推進工事

場 所：発進側～佐賀県三養基郡北茂安町地先  
：到達側～福岡県久留米市大石町地先

管径・種：φ1200mmヒューム管

距 離：L=505.68m

土 質：凝灰質砂岩であり火山質岩に凝灰岩質の礫が混入している状態



第1図

礫径・率：Max50mm程度・40%で残りが砂質シルト系の土質

工 法：泥水推進工法

掘 進 機：レキ破碎型泥水掘進機

(2) 結果概要

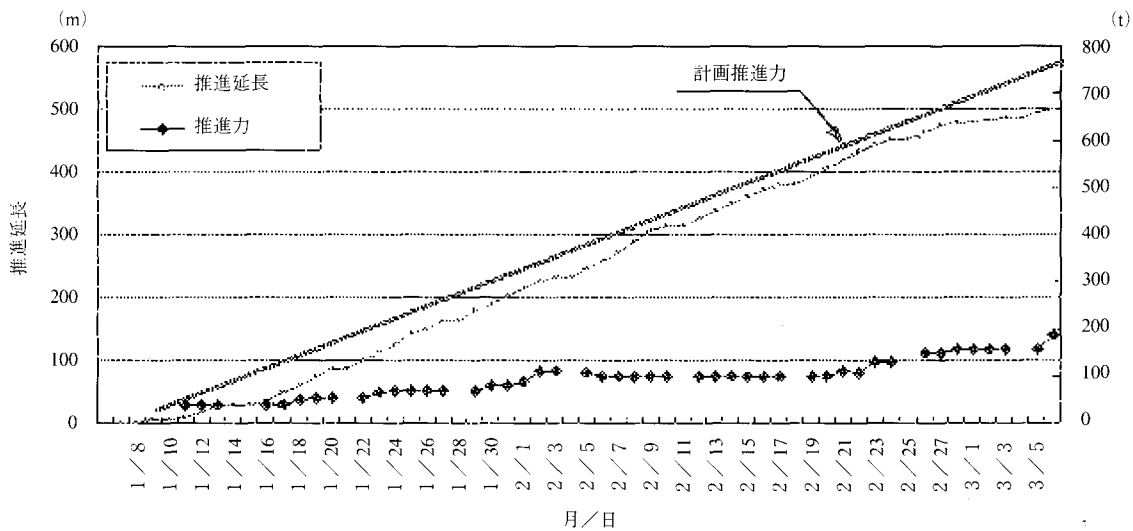
当工事を施工するための条件として、500m以上の推進が十分可能な掘進機・推進設備等が必要であること。また、広大な河川を横断しなければならないため補助工法の併用が一切不可能である事、つまり河川下でのトラブル発生は絶対さげなければならないということである。そして当然高水圧が予想されるので、それに耐えうる掘進機でなければならないという事（推進管路部での被水圧は想定0.14Mpa

～0.19Mpa)。以上のことなどが求められた。

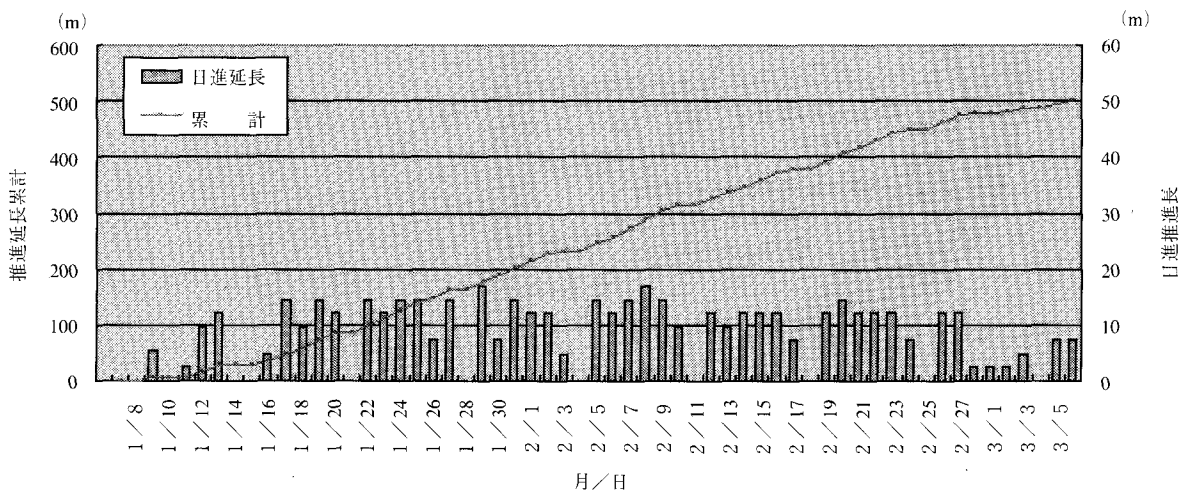
結果としては、計画推定総推力が7700KNであるのに対して、実際にかかった最終推進力（到達時）は、約1500KNであった。このことは、自動滑材注入システムによる円滑な滑材注入効果と、材料として用いられたアルティーKの特性が発揮された結果であると考えられる（第2図参照）。

また、進捗においても1日約12m程度の日進量がコンスタントに確保され、1月初旬から始まった推進も3月初旬に無事到達する事が出来た（第3図参照）。

もちろん推進精度においても、液圧差レベルシステムと自動計測システムにより、水平方向、垂直方



第2図 推進力の変化



第3図 推進進捗グラフ

向ともに設計値に対して誤差数mmの高精度で収めその効果を実証することが出来た。

アルティミット工法はあらゆる施工に関して施工件数が増えてきている。

今回紹介した以外にも、たとえば管径φ1200mmでの1スパン約900mの長距離推進や、管径φ800mmで発進から約-20°で推進しその後+20°の勾配で到達させる急勾配推進、また管径φ2400mmで曲率半径R=60mの急曲線推進など、その実績はまさに多種多彩である。

現在、アルティミット工法はφ800～3000mmを対象としているが、世の中の需要に応えるためにも管径φ700mm以下の小口径に対応する事や、またあらゆる地盤に適應するためにも、たとえば岩盤層での推進、岩盤層と粘土層の互層区間での推進、など困難な土質条件での容易な施工方法も現在開発中である。

### 5. 曲線推進工計算例

曲線推進施工時の推進力の計算例をあげる

[施工条件]

管径	φ 1,000mm
曲線区間数	3 区間
初期抵抗値	F0 = 244.8kN
1m当りの推進抵抗値	f = 6.25kN/m
土の単位当りの重量	$\gamma_s = 18\text{kN/m}^3$
土の内部摩擦角	$\phi = 35^\circ$
礫率	Rg = 10%
土被り	h = 5.0m
N値	N = 30
土質区分	A土質
曲線推進の線形	
半径R(1)= 80.0m	管長L(1)= 1.2m
半径R(2)= 80.0m	管長L(2)= 1.2m
半径R(3)= 15.0m	管長L(3)= 0.4m
発進からBC1間の距離	32.40m
BC1からEC間の距離	24.00m
EC1からBC間の距離	12.60m
BC2からEC間の距離	36.00m
EC2からBC間の距離	21.60m
BC3からEC間の距離	30.00m
EC3から到達間の距離	18.00m
BC1からEC1間	1.2 20.0 24.0 0.8659 1.00490
EC1からBC2間	12.6

BC2からEC2間	1.2 30.0 36.0 0.8659 1.00490
EC2からBC3間	21.6
BC3からEC3間	0.4 75.0 30.0 1.5920 1.00923
EC3から到達間	18.0

#### ① 推進力の計算

##### ● 到達からEC3間の推進力

$$F_n = F_0 + L_3 \times f$$

$$F_1 = 244.8 + 6.25 \times 18.0 = 357.3\text{kN}$$

##### ● 到達からBC3間の推進力

$$F_n = K^n \times F_0 + F' \times (K^{(n+1)} - K) / (K - 1)$$

$$F_2 = 1.00923^{(75)} \times 357.3 + 2.5 (1.00923^{(75+1)} - 1.00923) / (1.00923 - 1) = 982.8\text{kN}$$

$$F_0 = 357.3\text{kN} (F_1)$$

$$F' = 2.5\text{kN}$$

##### ● 到達からEC2間の推進力

$$F_n = F_2 + L_2 \times f$$

$$F_3 = 982.8 + 6.25 \times 21.6 = 1117.8\text{kN}$$

##### ● 到達からBC2間の推進力

$$F_n = K^n \times F_0 + F' (K^{(n+1)} - K) / (K - 1)$$

$$F_4 = 1.004904^{(30)} \times 1117.8 + 7.5 (1.004904^{(30+1)} - 1.004904) / (1.004904 - 1) = 1538.7\text{kN}$$

$$F_0 = 1117.8\text{kN} (F_3)$$

$$F' = 7.5\text{kN}$$

##### ● 到達からEC1間の推進力

$$F_n = F_4 + L_1 \times f$$

$$F_5 = 1538.7 + 6.248 \times 12.6 = 1616.1\text{kN}$$

##### ● 到達からBC1間の推進力

$$F_n = K^n \times F_0 + F' \times (K^{(n+1)} - K) / (K - 1)$$

$$F_6 = 1.004904^{(20)} \times 1616.1 + 7.5 (1.004904^{(20+1)} - 1.004904) / (1.004904 - 1) = 1940.2\text{kN}$$

$$F_0 = 1616.1\text{kN} (F_5)$$

$$F' = 7.5\text{kN}$$

##### ● 到達から発進間の推進力 (全推進力)

$$F_n = F_6 + L_0 \times f$$

$$F_7 = 1940.2 + 6.25 \times 32.4 = 2142.6\text{kN} (218.6\text{tf})$$

### 6. おわりに

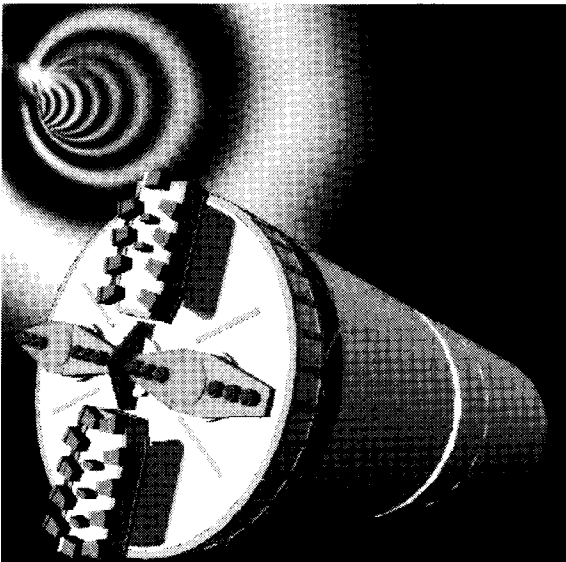
前述の様に、近年の推進工法はその多様性が広くなってきたが、それに伴って、周辺環境への影響についても厳しい条件が要求されることが多くな

ってきた。

立坑の数を減らすことで推進の可能性を広げるということは、1スパンの推進がより長距離より急曲線より多曲線になる、ということにつながるわけである。

比較的中小口径での推進施工が増えている昨今、作業環境の向上を求めるなら、管径に応じた施工条件をある程度明確化することが必要だが、実際は、機械のダウンサイズ化を図って行かなければ世の中のニーズに応えられないのが現状である。

都市部において施工する場合には、推進設備を設置する用地・プラント設備用地仮置き場用地などの



確保が非常に困難で、限られた狭いスペースでの施工が絶対的な条件となっている。年々施工条件の難易度が高くなっていくことにより、コンパクトで強力な機械設備の開発がこれからますます必要となってくる。

また、主要道路での施工となると、交通量の減少する夜間での作業がメインとなり、当然ながら騒音・振動等の防止装置についても、従来よりもっと高いレベルでの性能の良さが望まれることになる。

推進工事施工の場合シールド工法等に比べると、これらの条件に対して比較的適応し易い様に思われるが、もっと設備を簡素化し設備にかかる工期や費用を削減し、トータルのコストの抑制を図らなければならない。

また、推進施工の際に排出される掘削土砂はほとんどが産業廃棄物となるため、施工時においては、排土を減らすシステムや掘削土の再利用方法への考慮が必要となってくる。

アルティミット工法においても、これらの問題点に取り組みながら更に技術的開発を推し進めていかなければならない。

【筆者紹介】

山瀬 修治

機動建設工業(株) 土木本部 機材部 課長補佐

〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31

TEL : 06-6458-5461 FAX : 06-6454-0274

E-mail : kiz-s.yamase@kidoh.co.jp

日本工業出版(株)インターネットホームページのお知らせ

当社では、インターネットのホームページを運営しております。

<http://www.nikko-pb.co.jp/>

月刊技術誌に加え更に広く情報受発進を行い、明日の技術に貢献してまいりたいと存じますので、是非一度アクセスしていただきますようお願い申し上げます。

また、合わせてe-mailによる、当社刊行物へのご意見ご要望もお待ちしております。

e-mail : [info@nikko-pb.co.jp](mailto:info@nikko-pb.co.jp) (本社)

e-mail : [info-n@nikko-pb.co.jp](mailto:info-n@nikko-pb.co.jp) (日本橋事務所)

日本工業出版(株)

インターネット係

TEL : 03-3944-1181 FAX : 03-3944-6826