

# 多軸オーガ工法によるソイルモルタル柱列壁施工 —福岡市地下鉄2号線箱崎工区—

## Execution of Soil Mortar Column Wall by Multi Shafts Auger

倉岡 豊\*  
Yutaka Kuraoka

西 保\*\*  
Tamotsu Nishi

\* 長淵 建夫\*\*\*  
Takeo Nagafuchi

松澤 哲夫\*\*\*\*  
Tetsuo Matsuzawa

### 要 約

福岡地下鉄箱崎工区において多軸オーガ工法により柱列ソイルモルタル壁を岩盤内に根入れ施工した。一軸圧縮強度 $10\sim 400\text{kgf/cm}^2$ の岩盤内において、3軸オーガ、4軸オーガ2機種を用いて、各々 $28\text{cm/min}$ 、 $11\text{cm/min}$ 、 $25\text{cm/min}$ の速度で削孔できた。

また、完成後の地下水流復元のための土留壁撤去にともない、ソイルモルタル内に埋設したH形鋼引抜を実施した。H形鋼の表面にワックス被膜または親水性ウレタン被膜を設ける方法によって、 $H-300\times 300\times 10\times 15$ 、長さ $16\text{m}$ を静止最大引抜抵抗力約 $120\text{tf}$ で引抜くことができた。

### 目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 地質
- §4. 施工方法および施工機械
- §5. 岩盤削孔
- §6. 施工結果と考察
- §7. 土留壁撤去に伴うH型鋼の回収
- §8. おわりに

1軸オーガによる岩盤の削孔は現在まで数々の施工例があり、弊社においても同じ福岡市地下鉄工事室見工区で、一軸圧縮強度で最大値 $2,300\text{kgf/cm}^2$ 程度の砂岩の削孔を経験している。しかし、多軸オーガにおいては今回の施工以前には、3軸式において数例、4軸式においては、全く施工例がないという状況であった。よって、室見工区の資料等も参考にし岩盤削孔能力向上の要因を把握し、施工の段階で改善を行った。

また、一部の土留壁については、構築完成後、地下水流の遮断を防ぐため、土留芯材のH型鋼を引き抜き、モルタル壁の撤去を行った。

### §1. はじめに

近年土留壁工法は多種類になりそれぞれに特色を有するので施工条件に応じた選択ができるようになった。本工事では、開削による地下鉄工事であるため、止水性に富み、適用地盤の範囲が広く、低騒音、低振動で、かつ、剛性が大きく、地盤の変形の少ない、多軸オーガ工法によるソイルセメント柱列壁を採用した。多軸オーガには、3軸、4軸、6軸の施工機種があるが、本工事では、3軸、4軸機を採用したが、施工に際し、特に留意した点で、第一に挙げられるものは、岩盤の削孔であった。

### §2. 工事概要

工事名；福岡市高速鉄道2号線箱崎停留場及び地下一般部（箱崎工区）工事

工期；昭和56年12月～昭和59年10月

工区延長；336m

ソイルモルタル柱列壁築造

壁面積  $13,147\text{m}^2$

直径  $\phi 550\text{mm}$  打設ピッチ $450\text{mm}$

深さ  $GL-17.60\sim -19.40\text{m}$

削孔機械 3軸式アースオーガ

4軸式アースオーガ

\*九州(支)福岡地下鉄(出)係長

\*\*技術研究部土木技術課係長

\*\*\*九州(支)福岡地下鉄(出)副所長

\*\*\*\*九州(支)福岡地下鉄(出)所長

ソイルモルタル柱列壁撤去

撤去面積 1,307m<sup>2</sup>  
 深さ GL-6.1m~-8.4m  
 削孔機械 1軸式アースオーガ

H形鋼引き抜き延長 H300×300×10×15  
 4,293m  
 H形鋼長 16.0m~18.5m  
 引き抜き機械 250tf 油圧式引抜機

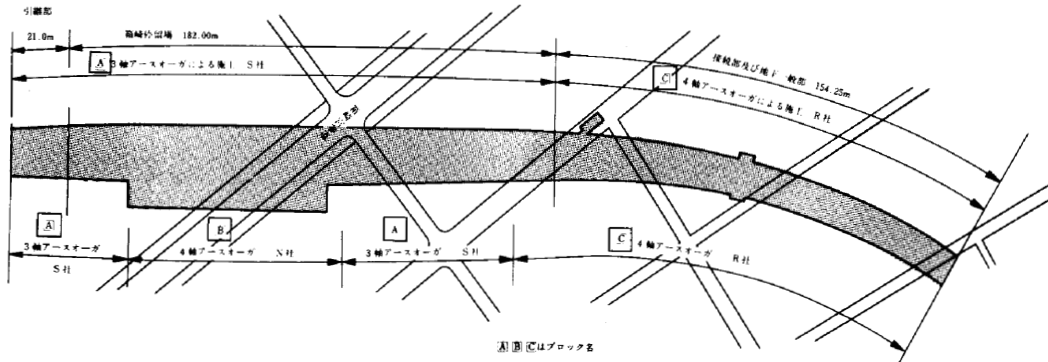


Fig.1 施工平面図

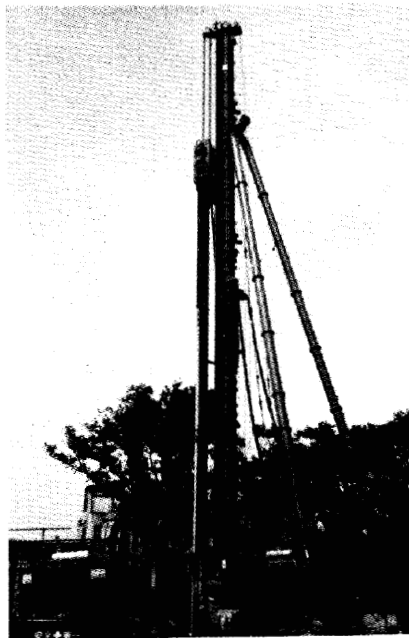


Photo1 4軸オーガ

基盤の軟岩の強度は5~40kgf/cm<sup>2</sup>(平均73kgf/cm<sup>2</sup>)  
 であり、この層に5.2m~7.0mの根入れを行う。

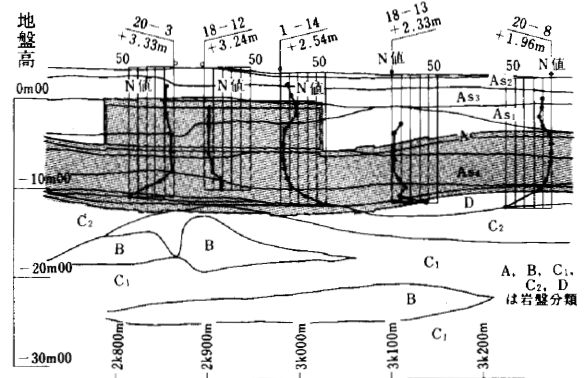


Fig.2 地質縦断面図

§3. 地質

地質は Fig.2 に示すとおりである。周辺は平坦地で、北側に博多湾、南側に宇美川が北東に流下している。上部の土砂層は河川によって形成されたものである。ただし一部の沖積粘土層は貝殻片を混入しており、海浜性の堆積である。基盤は、古第三紀の堆積岩で、砂岩、頁岩を主とし礫岩を挟んでいるが概して凝灰質のものが多。地下水の状況は地表面下2.4m~2.75mで TP+0.3m 付近に存在する。

なお、第三層が不透水層となり、第4層以下の地下水と分離し、下部の地下水は被圧されている。

§4. 多軸機による施工方法および施工機械

Fig.1 に示すとおり工区をA区B区C区の3ブロックに分け、Aブロックは3軸オーガ、B区C区ブロックは4軸オーガで施工した。各ブロックの使用機械は Table 1 のとおりである。

土留壁としての強度を満足させるため(目標圧縮強度 15kgf/cm<sup>2</sup>)削孔時、攪拌時の配合を Table 2 のとおり設定した。ここで配合を貧配合と富配合の2種類とした根拠は、岩削孔時に富配合のモルタルを使用した際、オーガヘッドにスライムが密着し削孔速度を鈍化させる事およびセメント使用量の低減の為である。

Table1 施工機械

ブロック名	A (3軸)	B (4軸)	C (4軸)
機械名	型式, 諸元, 台数	型式, 諸元, 台数	型式, 諸元, 台数
ベースマシン	日車D508, 106ps, 84t, 1台	日立PDI00-80RS, 152ps, 104t, 1台	日車DH608-110M, 160ps, 102t, 1台
減速機	三和機TSKC120A, 90kW, 9.1t	三和機材40KP, 30kW, 4.8P×4台, 11.8t	三和機材MAC160, 30kW, 4.8P×4台, 10.8t
多連排軸	φ550 20m×3本 攪はん翼付	φ550 23.3m×4本 攪はん翼なし	φ550 23m×4本 攪はん翼なし
クローラークレーン	P&H325, 36t, 1台	P&H335A-S, 32t, 1台	H立KH125, 35t, 1台
グラウトミキサ	東邦MS1000, 3台	三和機材MMC-400C, 1台	東邦MS1000, 3台
モルタルポンプ	東邦BG20, 1台	東邦PA-15C, 4台	鉦研MG-10, 4台
セメントサイロ	横型 20トン 1基	横型 18トン 1基	横型 30トン 1基

Table2 セメントミルクの配合

用途	呼び名	W/C	1m <sup>3</sup> 当り		
			セメント	ベントナイト	水
穿孔	M <sub>1</sub>	200%	430kg	10kg	860ℓ
攪拌引き上げ	M <sub>2</sub>	100%	755kg	10kg	755ℓ

施工手順は Fig.3, Fig.4 のとおりで, 3軸式, 4軸式とも先行エレメントを1軸分ラップ施工した。

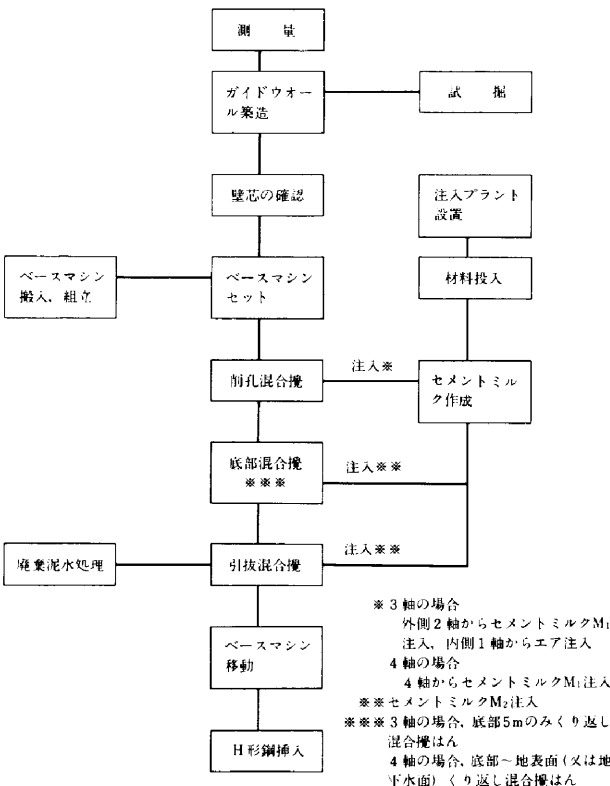


Fig.3 施工手順

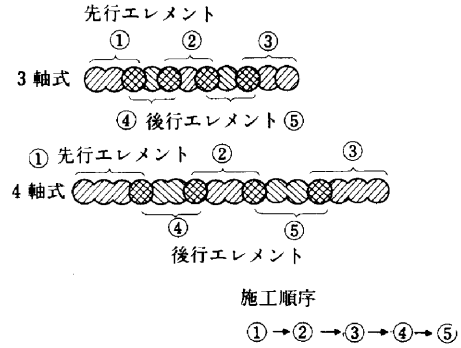


Fig.4 削孔パターン

## § 5 . 岩盤削孔

### 5-1 岩削孔の基本的な考え方と機種選定

3軸機, 4軸機の採用にあたっては, Table 3 による能力で, 岩盤の削孔が可能であるかどうか検討を行った。

岩盤削孔は, 岩盤の種類, 力学的性質により大きく左右されるので, 金属の切削と違い, 理論的に切削が可能であるか, 切削速度がどの程度であるかを知ることは, 非常に困難である。すなわち, ある程度までは理論的に考察しても最終的には, 経験的な数値で推測しているのが現状であると言える。

今回のオーガビットは, 減速機, ロッド等の荷重で岩に楔入させ, これを回転させ, 連続的な圧潰的破壊により, いいかえれば引張り力による脆性破壊により削孔するものである。すなわち, 直接的(一次的)な削孔能力を支配するものは, 刃のくい込み深さであり, そのくい込み深さは, 文献<sup>(1)(2)</sup>等によると刃先に加わる垂直荷重, 回転力に比例し, 刃先の幅, 岩の破壊抗力に反比例するとされている。今回の削孔速度を以下推定する。

貫入深さ  $D$  (cm) は

$$D = \frac{S}{e \cdot K} \dots \dots \dots (1)$$

$S$ ; 全荷重 (kg)  
 $e$ ; 刃の長さ (cm)  
 $K$ ; 岩石の単位面積当り破壊抗力で刃面に直角に作用する力 (kgf/cm<sup>2</sup>)

また, 削孔速度  $f$  (cm/min) は

$$f = a \cdot D \cdot N \cdot Z \dots \dots \dots (2)$$

$a$ ; 定数,  
 $D$ ; 貫入深さ (cm)  
 $N$ ; 回転数 (rpm)  
 $Z$ ; 刃数 (アースオーガの場合は2)

Table3 岩盤の物性値と各機種能力

	3軸A	4軸B	4軸C	既施工 1軸, 室見工区	
一軸圧縮強度	3.7 kgf/cm <sup>2</sup> ~409 kgf/cm <sup>2</sup> 平均120 kgf/cm <sup>2</sup>	3.7 kgf/cm <sup>2</sup> ~409 kgf/cm <sup>2</sup> 平均146 kgf/cm <sup>2</sup>	13 kgf/cm <sup>2</sup> ~56.1 kgf/cm <sup>2</sup> 平均28 kgf/cm <sup>2</sup>	最大2,730 kgf/cm <sup>2</sup> 平均619 kgf/cm <sup>2</sup>	
減速機の出力	45kW×6P-2台	30kW×8P-4台	30kW×8P-4台	45kW×6P×2台	
出力軸回転数	両側 センタ 28rpm 18rpm	各軸共 24.4rpm	各軸共 24.4rpm	16.6rpm	
トルク	3.13tf・m 4.87tf・m	1.20tf・m	1.2tf・m	5.29tf・m	
刃先にかかる垂直荷重	減速機	9.1tf	11.8tf	10.8tf	8.0tf
	オーガスクリュウ	8.1tf	11.2tf	11.7tf	6.9tf
	オーガヘッド	0.6tf	0.4tf	0.6tf	0.2tf
	ウェイト	0 tf	0	0	4.0tf
	浮力	△ 0.8tf	△ 1.1tf	△ 1.1tf	△ 0.3tf
	計	17.0tf	22.3tf	22.0tf	18.8tf
	1軸当り	5.67tf	5.56tf	5.50tf	18.8tf
	刃先1箇所当り	0.95tf	0.70tf	0.92tf	4.7tf
ヘッドの形状					
ビットについて	ビットの数	6個	8個	7個(実働6個)	4個
	材質	タングステンカーバイト	タングステンカーバイト	タングステンカーバイト	タングステンカーバイト
	商品名	東芝タンガロイ TAG-S	東芝タンガロイ	ニッタンロイ BN-4	ニッタンロイ BN-45
	硬度	86.5	86.5	87.0~88.0	86.5~87.5HRA
	抗折力	260 kgf/mm <sup>2</sup>	260 kgf/mm <sup>2</sup>	250 kgf/mm <sup>2</sup>	250 kgf/mm <sup>2</sup>
	ビット総径(1)	36 cm	40 cm	28 cm	19 cm
	削孔径(2)	58 cm	58 cm	55 cm	45 cm
	(1)/(2)	0.62	0.69	0.51	0.42
	すくい角	10°	10°	0°	-10°
刃先1個に加わる平均水平力	両側部 0.27t f	0.12tf	0.20tf	2.54tf	
岩に作用する力(刃先1個当り)	0.99tf	0.71tf	0.94tf	5.34tf	
セメントミルク吐出量	300 ℓ/min	360 ℓ/min	360 ℓ/min		
セメントミルク吐出圧	5 kgf/cm <sup>2</sup>	5 kgf/cm <sup>2</sup>	5 kgf/cm <sup>2</sup>		
圧縮空気吐出圧	7 kgf/cm <sup>2</sup>		3 kgf/cm <sup>2</sup>		

ここで室見工区, 一軸圧縮強度400kgf/cm<sup>2</sup>程度の岩盤でのアースオーガ削孔速度は15cm/minであったことより, (1), (2)式は

$$K = a \cdot \frac{S \cdot N \cdot Z}{e \cdot f} = a \times \frac{5340 \times 4 \times 16.6 \times 2}{19 \times 15} = 2,488a$$

となる。

今回の最大一軸圧縮強度400kgf/cm<sup>2</sup>では, 各機種岩削孔速度は

$$\begin{aligned} \text{3軸機 } f &= \frac{a \cdot S \cdot N \cdot Z}{e \cdot K} \\ &= \frac{a \times 990 \times 6 \times 28 \times 2}{36 \times 2488 \times a} = 3.7 \text{ cm/min} \end{aligned}$$

$$\text{4軸機B } f = \frac{a \times 710 \times 8 \times 24.4 \times 2}{40 \times 2488 \times a} = 2.8 \text{ cm/min}$$

$$\text{4軸機C } f = \frac{a \times 940 \times 6 \times 24.4 \times 2}{28 \times 2488 \times a} = 4.0 \text{ cm/min}$$

となる。

次に平均一軸圧縮強度70kgf/cm<sup>2</sup>での削孔速度を求める。

破壊抗力  $K$  と一軸圧縮強度との関係は、室見工区実績から次式と仮定すると、

$$K = 11.3a (qu)^{0.9}$$

$a$  ; 定数

$qu$  ; 一軸圧縮強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} \text{3軸機 } f &= \frac{a \cdot S \cdot N \cdot Z}{e \cdot K} \\ &= \frac{a \times 990 \times 6 \times 28 \times 2}{36 \times 11.3 \times a \times (70)^{0.9}} = 17.9 \text{cm/min} \end{aligned}$$

$$\text{4軸機B } f = \frac{a \times 710 \times 8 \times 24.4 \times 2}{40 \times 11.3 \times a \times (70)^{0.9}} = 13.4 \text{cm/min}$$

$$\text{4軸機C } f = \frac{a \times 940 \times 6 \times 24.4 \times 2}{28 \times 11.3 \times a \times (70)^{0.9}} = 19.0 \text{cm/min}$$

以上の結果から一軸圧縮強度400kgf/cm<sup>2</sup>程度の岩盤には各機種共かなり苦勞を強いられると判断できるが、地質状況図により、圧縮強度400kgf/cm<sup>2</sup>の岩盤は一部分であり、全体的には、経済的削孔が可能と判断した。

### 5-2 岩盤削孔能力向上の要因

5-1の検討結果で基本的には削孔が可能と判断したが、実際に現場において岩削孔を行う場合の掘進率を高めるために考慮したものは以下の項目である。

(1) ビット材質；ビットは靱性と耐衝撃性が要求される。軟岩、中硬岩には JIS 分類 E-5 (硬度 HRA86.5) 抗折力 260kgf/mm<sup>2</sup> 以上のタングステンカーバイトを用いる。

(2) ビットのすくい角、逃げ角；岩削孔においてはすくい角 10°~15°、逃げ角 5°~10°が適当である。

(3) ビットのピッチ；前記した様にビットのくい込み深さはビット幅に反比例する。ビット総幅/削孔径は 40%~60%

(4) ビットに加わる荷重；ビットに加わる荷重に掘進率は比例するので掘進速度が 10cm/min 以下になった場合、削孔のパターン (Fig.4) を①→④→②→⑤→③とし、ビットに加わる荷重を大きくする。それでも掘進速度が低下する場合は 1軸とし、0.9m~13.5m ピッチに先行削孔を行い、その後、多軸で削孔を行う。

(5) ヘッドの形状；岩削孔においては、原則的に凸型より凹型の形状が削孔能力に優れている。

(6) オーガヘッドのスライムの除去；削孔能力を向上させる為にはヘッド回りのスライムを除去する事が重要であるが、セメントミルクであるため、圧縮空気を併用する。圧縮空気圧は 7~3kgf/cm<sup>2</sup>。

(7) オーガの回転速度；岩盤強度によるが、周速 20~40m/min 程度とする。

## §6. 施工結果と考察

### 6-1 岩削孔実績について

Table 4 に先行エレメント時岩盤削孔速度分布を示す。

Table4 3軸、4軸オーガ岩盤削孔能力 (先行エレメント)

削孔速度 cm/min	エレメント数(個)			推定岩盤		
	3軸	4軸A	4軸B	3軸	4軸A	4軸B
~5	6	4				
6~10	12	11				
11~15	16	8	3			
16~20	17	6	3			
21~25	14		8			
26~30	21		10			
31~35	18		4			
36~40	18					
41~45	15					
46~50	11					
51~	6					
計	154	29	28	岩盤区分	一軸圧縮強度	
平均削孔速度	28.2 cm/min	10.8 cm/min	25.2 cm/min	B岩盤	100~500 kgf/cm <sup>2</sup>	
				C岩盤	10~150 kgf/cm <sup>2</sup>	
				D岩盤	30 kgf/cm <sup>2</sup> (主に 10 kgf/cm <sup>2</sup> 以下)	

施工位置に存在した調査ボーリング箇所(いずれも C<sub>2</sub> 岩盤、一軸圧縮強度 10~50kgf/cm<sup>2</sup>) での所見を加え言及すると、予測した様に岩削孔能力は、3軸式、4軸式共に 400kgf/cm<sup>2</sup>~500kgf/cm<sup>2</sup>の一軸圧縮強度の岩盤削孔は相等困難であり、補助工法(例えば 1軸オーガ等により先行削孔)が必要である。次に C、D 岩盤において 3軸式は 4軸式Cに比べエレメント当りの掘進速度で約 1.5倍、掘進面積当りで約 1.2倍の能力を発揮している。これは 3軸式はオーガロッドに攪拌翼を有しており、翼動作用があり Table 4 に示す以上の垂直荷重になると考えられる。また、4軸式ロッドは 3軸式ロッドに比べ剛性が小さく、着岩時に振れが大きく、その結果、垂直荷重を軽減し削孔を行うため削孔速度が落ちることがある。減速機の能力においても回転数トルク共に 3軸式が勝っており、特に 3軸式両側のヘッドは同軸モータにより駆動しているため、いずれか一方に大きい負荷を要する場合、最大 3.13tf・m の回転力を有することも削孔能力の違いに表われているものと思える。

4軸BとCとの比較では、B施工完了後Cに着手した事により、Cヘッド構造を Table 4 の室見工区の型に改造した。また、セメントミルクをヘッドから吐出させる際、ヘッド回り削岩屑圧密付着防止の為、3kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮空気を送気させ削孔能力の改善を行った。その結果、

〔B〕に比べ〔C〕は約2.0倍の削孔速度向上につながった。

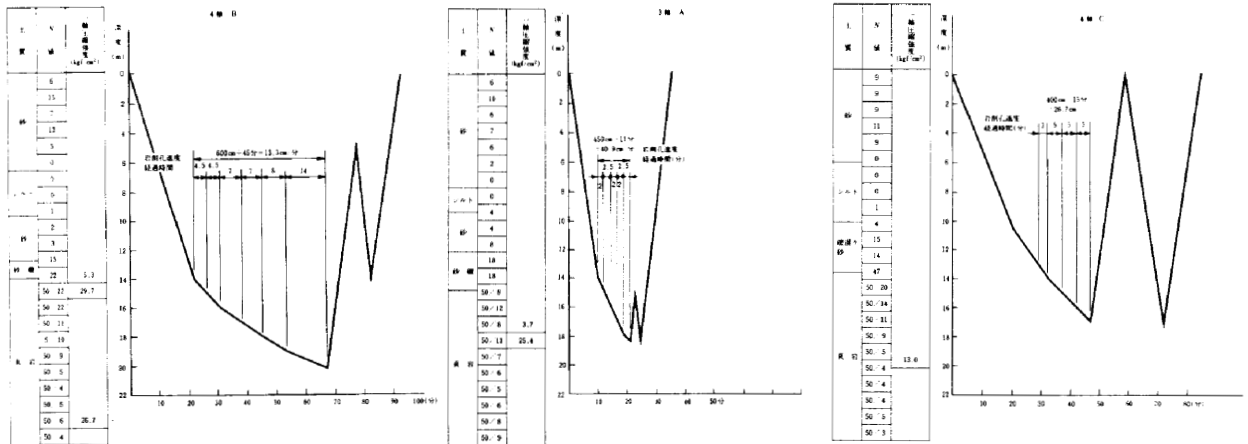


Fig.5 C<sub>2</sub>岩盤における3軸, 4軸オーガ削孔速度

6-2 土留壁としての実績

Fig.6, Table 5 に施工実績を示す。前項と同様、全施工サイクルにおいても、3軸式が1エレメント当りで2倍、施工面積当りで1.3倍、4軸式に比べて能力を発揮した。これは岩削孔能力と攪拌能力に差があったためである。即ち3軸式の場合オーガ軸全長に亘って攪拌翼が装備してあるため、くり返し混合攪拌は底部5m、4軸式の場合、攪拌翼数がオーガ先端部2箇所1軸と少いため

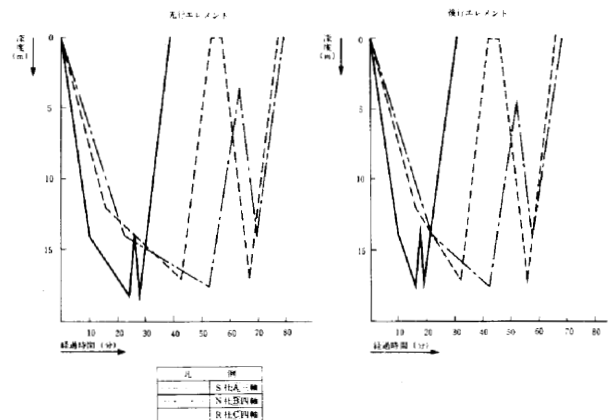


Fig.6 全施工平均サイクルタイム

Table5 施工実績

	S社三軸	N社四軸	R社四軸
施工面積	4,543m <sup>2</sup>	1,466m <sup>2</sup>	6,070m <sup>2</sup>
H形鋼建込長	5,252m	1,669m	6,852.5m
稼働日数	45日	22日	72日
供用日数	61日	33日	101日
稼働日数 当りの施工面積	101.0m <sup>2</sup> /日	66.6m <sup>2</sup> /日	84.3m <sup>2</sup> /日
供用日数 当りの施工面積	74.5m <sup>2</sup> /日	44.4m <sup>2</sup> /日	60.1m <sup>2</sup> /日
稼働率	0.74	0.67	0.71
セメント総使用量	1,458.2t	601.5t	2,287.0t
施工面積当りの セメント使用量	0.321t/m <sup>2</sup>	0.410t/m <sup>2</sup>	0.377t/m <sup>2</sup>
攪拌ソイルセメント強度 圧縮強度 最大	$\sigma_{28}=101.0\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=57.3\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=35.7\text{kgf/cm}^2$
攪拌ソイルセメント強度 圧縮強度 最小	$\sigma_{28}=21.4\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=13.8\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=23.2\text{kgf/cm}^2$
攪拌ソイルセメント強度 圧縮強度 平均	$\sigma_{28}=51.2\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=33.3\text{kgf/cm}^2$	$\sigma_{28}=31.4\text{kgf/cm}^2$

削孔長全体、もしくは地下水位までくり返し混合攪拌を行った。また、Table5 を見ても①施工速度稼働率とも3軸式の方がやや優れている、②セメント使用量は3軸式の方が少ない。理由は前述の通り岩削孔とくり返し混合攪拌による損失が多いためである、③ソイルモルタル強度

は各ブロックとも所要強度15kgf/cm<sup>2</sup> (材令28日) をほぼ上廻っているが、3軸式の方が1.5~6倍の一軸圧縮強度があった。また、止水性をみると各ブロックとも良好であった。

以上、総合的にみると、今回の施工においては、3軸式がすべての点で4軸式より優れていた。しかしながら、今後、土質条件、機械の能力等を考え、その都度、適切な改善がされるなら、4軸式も3軸式と同程度、もしくはそれ以上の能力を発揮できるものとする。

§7. 土留壁撤去に併うH型鋼の回収

Fig.1の〔C〕ブロックでソイルモルタル土留壁撤去を施工、あわせてH形鋼引抜回収を行った。当然のことながら、ソイルモルタル中のH形鋼は、付着力により機械的に引き抜くことは不可能である。そこで、その付着力およびすべり摩擦低減のため、H形鋼表面にワックス等を塗布することになる。今回、我々が使用したものは、高

粘度鉱油を主成分としたハイスライドワックス（朝日機材）である。また、当社開発の親水性ウレタン被膜も一

Table6 引抜用被膜の特徴

	ハイスライドワックス TAP-2	親水性ウレタン被膜
成分	高粘度鉱油 パラフィンワックス 脂肪酸	ウレタン UP-500D 炭酸カルシウム アスベスト 水
作業方法	塗布厚 0.8mm 融解後ローラ状11ヶ で塗布	塗布厚 1mm 吹付機で塗布
特長	潤滑性がよい 熱で融解しても変質 しない	無毒 モルタルのアルカリ 性により分解しグリ ース状に変化



Photo2 H形鋼引抜状況

部ではあるが試験塗布を行った。

両者の成分を示すと Table 6 のとおりである。

H 鋼引き抜き機械は、油圧式、多連滑車式と種々あるが安全性、機動性を考慮し、油圧杭拔機、パイルプラー HP250-D2（引抜能力250tf、平林製作所）を使用した。施工は当初懸念した長期間経過（約20箇月）による塗布材の劣化、土圧による H 形鋼の変形、それに伴う摩擦力の増加の影響も少なく、順調に回収できた。

「ハイスライドワックス」と「親水性ウレタン被膜」による H 型鋼引抜力測定結果を Table 7 および Fig.7 に示す。

Table 7 および Fig.7 から次のことがいえる。

Table7 引抜力測定結果

項目	被膜種類	静止最大引抜力		動引抜力 <sup>※</sup>	
		引抜力 ①tf	1m <sup>2</sup> 当り ②tf/m <sup>2</sup>	引抜力 ③tf	1m <sup>2</sup> 当り ④tf/m <sup>2</sup>
杭No					
280	ワックス	123	4.0	78	2.6
283	ワックス	106	3.5	95	3.1
284	ワックス	120	3.9	91	3.0
ワックス平均		(116)	(3.8)	(88)	(2.9)
286 <sup>※</sup>	ウレタン	154	5.0	53	1.7
287	ウレタン	114	3.7	40	1.3
288	ウレタン	125	4.1	46	1.5
ウレタン平均		(131)	(4.2)	(46)	(1.5)

注1) <sup>※</sup>No.286杭には、ブラケット跡突起あり。  
<sup>※※</sup>動引抜力は抜出し量10cmの時の値を示した。  
 2) ②=①/(1.8m<sup>2</sup>/m×17.0m)  
 ④=③/(1.8m<sup>2</sup>/m×16.9m)

①静止最大引抜力は、ワックスの場合、平均116tf、ウレタンの場合、平均131tfである。ワックスの方が、やや少ない。ただし、ウレタンの場合も、No.286(ブラケット跡突起あり)を除外すると平均120tfでワックスと大差ない。

②動引抜力は、ワックスの場合、平均88tf、ウレタンの場合、平均46tfでウレタンの方が少ない。

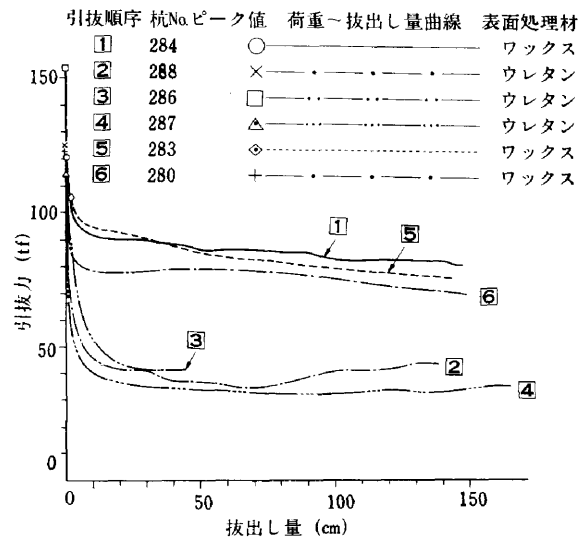


Fig.7 引抜荷重～抜出し量曲線

①の結果から引抜装置の容量は、ワックス、ウレタンとも同等の容量が必要といえる。②の結果からは、ウレタンの場合、動引抜力が小さいことから、引抜のための仕事量が少ない、引抜能率が良い（例えば、クレーンでの引抜可能長が長い）などの利点がある。

引抜力測定結果および柱列壁施工時の施工性などからウレタンとワックスの優劣を比較すると Table 8 のとおりとなる。

以上の結果から、ウレタンの方が、やや優れていると判断する。

Table8 芯杭引抜における『ウレタン』と『ワックス』の比較

被脱種類 比較項目	親水性ウレタン被覆	ハイスライドワックス	摘要
表面処理時	○	○	ウレタンの方が、取り扱いに専用知識が必要。しかし、作業能率良、雨天時施工可を加味するとほぼ同等。コストもほぼ同等。
建込時取り扱い	○	△	ワックスの場合、手や衣服が汚れやすい。また、表面が滑りやすく危険である。
建込時膜はく離	○	△	ウレタンの場合、膜強度および鋼材との接着力があって、容易に膜はく離や摩耗しない。
回収鋼材掃除	○	△	ウレタンの場合、水洗い程度で簡単に掃除可能。

## §8. あとがき

本文の主題である多軸オーガによる岩盤削孔については、未知的な要素が多く、しかも着工前の検討期間が短かかったため、施工機種検討、杭打業者選定などに戸惑いを覚えた。結果的には、**A** **B** **C** 3ブロックに分けて異なった機種、杭打業者を選定し、各業者が優劣を競う形になったが、各担当者の並々ならぬ努力で無事施工することができた。

一方、**C**ブロックでは、岩盤削孔時の騒音・振動等の関係から、KW工法から多軸オーガ工法に変更され、H形鋼の引抜が必要になった。当時、まだソイルモルタ中からの引抜実績が十分でなく、全数引抜回収には不安があったが「ハイスライドワックス」により全数回収ができた。また、企業者当局の御利解により、当社開発中の引抜工法「親水性ウレタン被膜」も試験的に採用させていただき、予想を上廻る成果を得ることもできたことも大きな収護であった。

最後にこの紙面をかりて、本工事にあたって御指導、御協力をいただいた関係諸氏に謝意を表する。

### 参考文献

- 1) J.タロブル「岩盤力学」森北出版
- 2) 岩松一雄「ボーリングハンドブック」森北出版
- 3) 「アースオーガビッドマニアル」