

転石地盤の山止め工事施工記録

大 竹 賢 一 * 有 坂 七 郎 **
清 水 貞 彦 *** 竹 内 宏 ****

要 約

この報告書は、転石が密に存在する地盤において、地下掘削のための山止めを行うに際し、当社で初めてのミッションメガドリル工法を採用したが、そのときの採用理由と施工実績についてまとめたものである。

山止め工法を検討するに当り、転石の大きさとその混在度合が問題とされ、試掘の結果、直径 300 mm～2,000 mmの転石が密に存在することが判明した。当初予定していた工法では施工不可能と判断されたため、工期、工費、近隣への影響などの制約から、国内での施工実績は少ないが、施工スピードの速いミッションメガドリル工法を採用して親杭を打設し、側圧はアースアンカーで処理する山止めを行った。

この結果、予定通りの工期、工費で施工ができ、この工法の転石地盤での有用性が立証された。

目 次

- § 1. 工事概要
- § 2. 敷地及び地盤概要
- § 3. 山止め工事
- § 4. 石積擁壁の補強
- § 5. あとがき

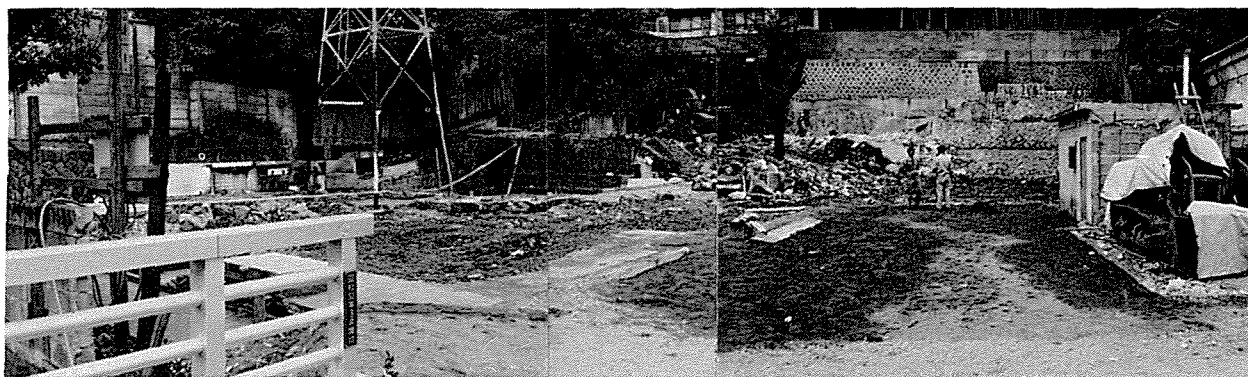
敷地面積	1,596m ²
建築面積	620m ²
延床面積	3,201m ²
構造規模	R C 造地下 1 階地上 4 階
設 計	久米建築設計事務所
施 工	西松建設(株)横浜支店

§ 1. 工事概要

工事名称	私立学校教職員共済組合湯河原宿泊所新築工事
工事場所	神奈川県足柄下郡湯河原町宮下745
工 期	昭和52年 4 月～昭和53年 8 月

§ 2. 敷地及び地盤概要

敷地は、湯河原温泉街のほぼ中央にあり、前面は幅約 20mの川が流れ、背面は崖地、左右には木造の旅館がある。こうした環境にあるため、工事に伴う騒音・振動についても近隣への影響を配慮しなければならない。建物



* 建築部計画課
** 建築部計画課係長
*** 横浜支店湯河原(出)所長
**** 横浜支店湯河原(出)

写真－1 敷地全景

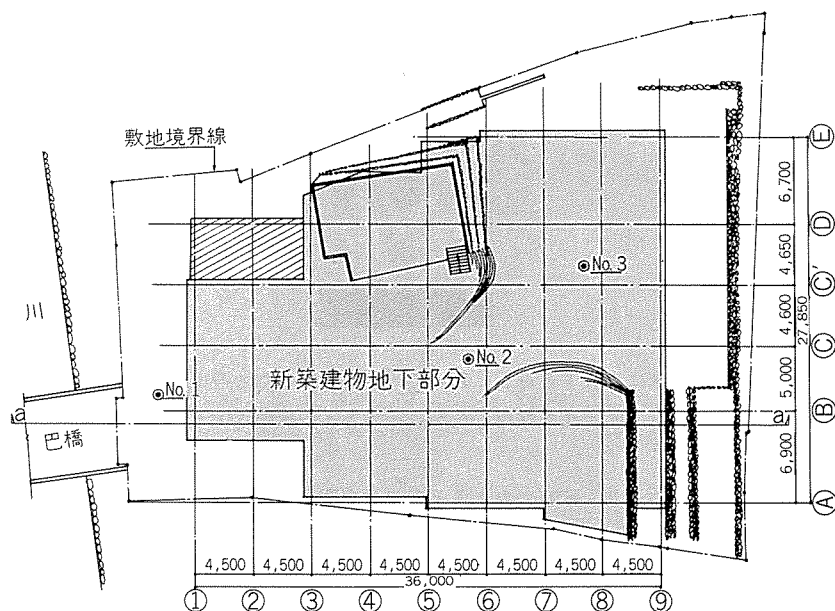


図-1 敷地概要図（○印はボーリング位置を示す）

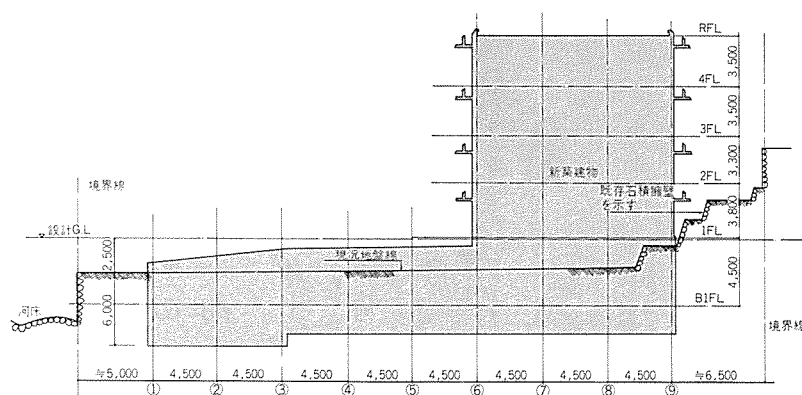


図-2 a-a断面図

はほとんど敷地一ぱいに建つため、地下部分の掘削を行うにはどうしても山止めが必要となる。また、崖地側には既設の石積擁壁があって、建物がこの擁壁基礎のすぐ傍まで計画されていたため、工事に際しては、擁壁の安全性についても考慮する必要がある。敷地の形状と建物の位置を図-1、図-2に示す。

地質は、ボーリング調査によると、G.L-5mぐらいまでが砂礫混りの玉石層で、玉石径は30mm～250mm、その下は風化岩となっている。土質柱状図を図-3に示す。

§ 3. 山止めの工事

3-1 施工計画

山止め工法の選定は、次のような経緯で行われた。

(1) 初期の施工計画

見積り段階で計画したのは親杭（H形鋼）横矢板

（鋼製）工法で、親杭の打設は高压ジェットと振動杭打機の併用を考えていた。しかし、この方法では地盤上層部の作業性は良いが、下層部の風化岩に親杭を打設することは実際には難しく、作業能率も上らない。また、大型の振動杭打機を併用するにしても、既存石積擁壁の崩壊や近隣への影響が懸念された。そこで高压ジェットで施工できない石積擁壁付近と風化岩が硬質化した部分については、BH（ハイドリル）を使用して削孔し、親杭を建込んだ後、根入れ部分にはセメントペーストを注入して根固めを図ることにした。しかし、ボーリングによる調査は、僅か直径70mmの孔によるものであり、これだけでこのような敷地全体の地質と断定してしまうにはあまりにも不確定要素が多過ぎ、どうしても施工に対する危惧が残った。特に施工上重要なポイントと

標尺 (m)	深度 (m)	土質記号	土質名	記事	標準貫入試験					
					N値	10	20	30	40	50
1	0.85	埋	土							
2	1.50		礫混りローム		5/30					
3			砂礫混り 玉石	玉石径30～250 %程度。 2.60m付近より 完全漏水。所々 砂礫挟む。 5.00m付近に砂 を挟んでいる。	50/8					
4					玉石に当り貫入不能					
5					同 上					
6	5.90				同 上					
7					岩に当り貫入不能					
8			風化岩	所々粘土化して いる。	同 上					
9					同 上					
10					同 上					
11					同 上					

図-3 土質柱状図 (No.1)

標尺 (m)	深度 (m)	土質記号	土質名	記事	標準貫入試験					
					N値	10	20	30	40	50
1	0.60	埋	土							
2			礫混りローム	礫径10～150 % 程度。	50/29					
3					50/28					
4				2.50m付近より 一時完全漏水す る。	50/7					
5	5.20				玉石に当り貫入不能					
6					37/30					
7			風化岩	所々粘土化して いる。	50/29					
8					50/23					
9					50/16					
10	10.32				50/7					
11					50/17					

図-3 土質柱状図 (No.2)

標尺 (m)	深度 (m)	土質記号	土質名	記事	標準貫入試験					
					N値	10	20	30	40	50
1	0.60	埋	土							
2			礫混りローム	礫径2～30 % 程度。	3/35					
3	2.70		砂礫混り 玉石	玉石径100～200 %程度。所々ロ ームを挟んで いる。	37/30					
4					玉石に当り貫入不能					
5	5.20				49/30					
6					39/30					
7			風化岩	全般的に粘土化 している。	50/23					
8					50/14					
9					50/19					
10	10.35				50/26					
11					50/20					

図-3 土質柱状図 (No.3)

なる玉石の大きさが、最大150mm～250mmもあるとされているが、これはボーリング径から考えても判定できるわけがない。こうした事情から柱状図にある砂礫混り玉石層の玉石径と密度については、直接目視で確認する必要があると考え、試掘を行うことにした。

(2)試掘後の施工計画

旧建物解体後、直ちに試掘を行った結果、直径300mmから2,000mmもある転石が多数混在していることが判明し、前記の工法では施工できないことはないが、非常な困難が伴い、膨大な工費と工期が予想されたため、事実上施工は不可能とされた。(写真-2)

当初の計画から玉石径に10倍以上の相違があつては、根本的に山止め工法の見直しを図らなければならないが、工期にそれほどの余裕もなく、着工時期も迫っていたこともあって、取りあえずこのような地質に適合した深礎工法による掘削で親杭を施工することにして機械の手配を開始した。

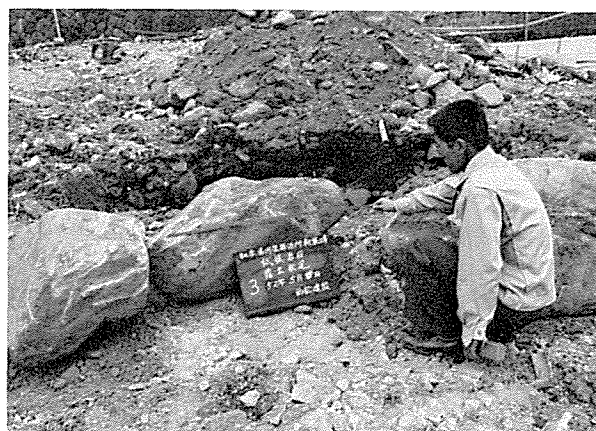


写真-2 試掘で掘りだされた転石

(3)実施計画

深礎工法による親杭建込みは、施工に確実性があり、近隣への影響もない方法であるが、工費が高み、工期も長くなるため、工事予定を大幅に変えることになる。また、掘削による周辺地盤の緩みで、石積擁壁に対する危険も考えられ、薬液注入などを行って地盤を固めておく必要がある。そのため深礎工法による計画と並行して、ミッションメガドリル工法の採用を検討した。

ミッションメガドリル工法は、振動は多少発生するが石積擁壁や近隣へ影響を与えるほどのものではなく、工費もBHに比べれば高くなるが深礎に比べて割安となり、施工スピードも速く、工期的に有利になるなどの利点がある。しかし、この工法に使用する機械は、現在国内に数台しかなく、施工実績も

あまりないため、本工事に適用した場合、果して満足な成果が得られるか疑問があったが、各種の参考文献、実績等を広く検討した結果、転石を打抜くことが十分可能であると判断し、ミッションメガドリル工法の採用にふみきった。

本工事の根切り深さは、敷地に高低差があるので場所によって多少異なるが、およそGL-6mで、山止め壁にかかる側圧がかなり大きく、親杭を自立させることは、親杭を側圧に耐えるだけの大きなメンバーにしたり、ピッチを細かくしたり、風化岩に打込む根入れ長さを深くしなければならないなど工費、工期の面で大きな不利がある。また、自立の場合には親杭上端の変位を防ぐことができないので、石積擁壁に対しても危険性がある。そのために切梁などの山止め架構が必要になるが、切梁架設を行った場合は、敷地に高低差があるため土圧のバランスがとりにくく、切梁支柱が必要になり、この打設に余分な工費と工期がかかる。また、転石があるこの地盤の掘削には、切梁があっても作業性が極端に低下する。こうしたことから本工事では、側圧の処理はアースアンカー工法が適切であると考え採用することにしたが、それは次の理由による。

- a) 強固な地層が表面近くから存在し、アースアンカーの支持層として十分期待できるので、アンカーの無駄がない。
- b) 敷地面の高低差により側圧に差が生じ、これを処理するのには一番有利である。
- c) 転石が巨大で、大型重機で掘削しなければ施工できず、どうしても広い空間を必要とする。
- d) 石積擁壁側の山止め壁背面土を緩めることは、重大災害を招くおそれがあるので、側圧に見合うプレストレスを事前あるいは途中でも負荷させる必要があり、これが容易にできる。

3-2 他工法の検討

山止め工法には、このほか各種の工法があるが、それらを本工事に当てはめてみた場合、次のような理由で適しなかった。

- (1)柱列（深礎による）工法
建物外壁から敷地境界までが狭く、柱列を施工するだけの余裕がない。また、工費、工期的に不利である。
- (2)連続壁工法
連続壁の施工に使用する機械では、地質的に掘削が困難である。敷地に高低差があるため重機の作業性が悪く、工費、工期がかかる。
- (3)法切オープンカット工法
湧水が風化岩上を流れているため、礫層からの崩壊の危険があり、石積擁壁側は施工不可能。敷地に法面を十分に取れるだけの余裕がない。
- (4)薬液注入による法面自立工法
地盤の透水が大きく、薬液が前面の川に流れ出したり、温泉井戸に逃げるおそれがある。また、崖地側から流れる水を止めることは、石積擁壁に水圧がかかることも予想され、この崩壊の危険性がある。
- (5)アイランド工法

非常に長い工期を要し、周囲に残された部分の掘削は、転石があるため大型重機が必要で、敷地に余裕がないと作業ができない。(図-4)

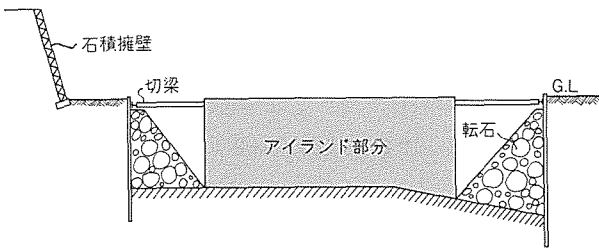


図-4 アイランド工法による掘削

表-1 山止め及び根切り工事工程表

工程	年月	52年5月	6月	7月	8月	9月	10月
親杭打設		5/16		7/16			
アースアンカー			6/6 1段アンカー 0段アンカー 6/20	7/11 7/1	8/29 2段アンカー	9/18	
根切り工事					8/23 1次根切り	9/3 9/15 2・3次根切り	10/23
深礎工事			6/16	7/5			

注) 0段アンカーとは石積擁壁用の補強アースアンカーのこと。

3-3 工程

山止め及び根切り工事に関する工程の概略を表-1に示す。

3-4 山止めの施工

(1)実施計画

親杭は、敷地境界までに余裕のある川側の部分についてはH形鋼（H-250×250×9×14，24本），その他にはレール（50kg，62本）を使用した。横矢板は，全面デッキプレート（V型デッキ厚さ1.6mm）

で行い，アースアンカーは，1段として既存石積擁壁のある山側のみ2段設置した。（1段目G.B.D-32φ，2段目G.B.D-26φ）

親杭及びアースアンカーの配置を図-5に，腹起し及び機械の配置を図-6に示す。

(2)親杭の施工

ミッションメガドリル工法による親杭の施工は，次のような手順で行われた。

① 削孔機を所定の位置にセットする。

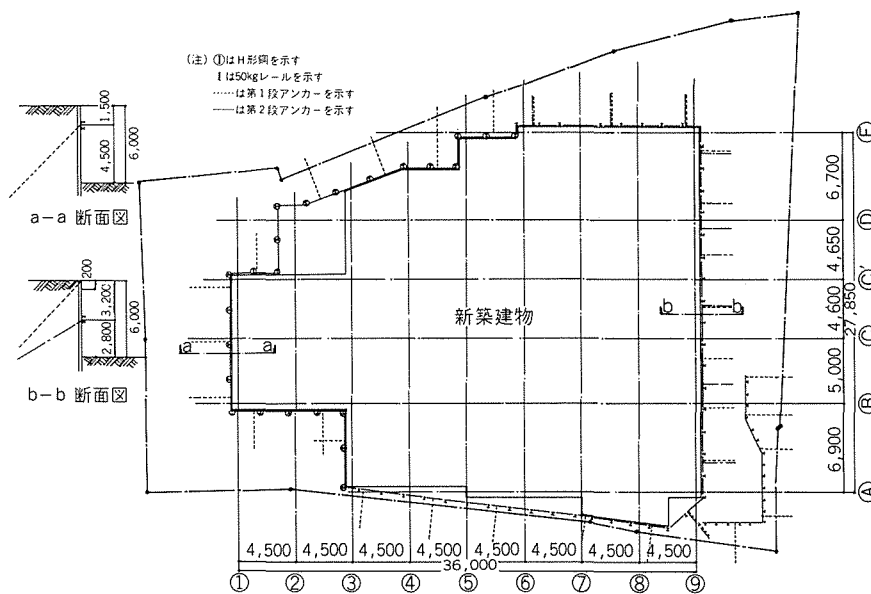


図-5 親杭及びアースアンカー割付図

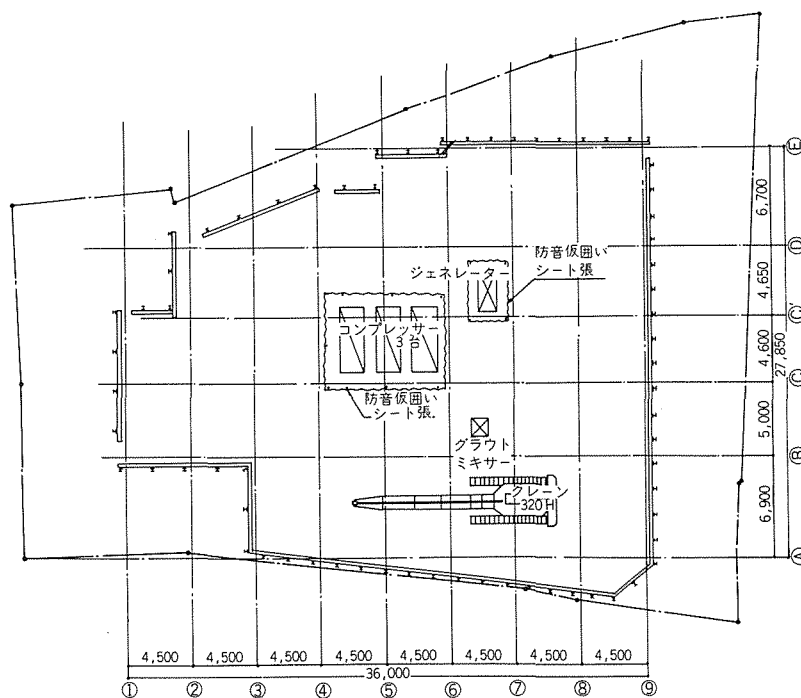


図-6 機械配置図及び腹起し割付図

- ② ロッド先端に取りつけられたビットが、回転すると同時にコンプレッサーから送られてくる圧さく空気によって岩石を打撃し、破碎しながら削孔する。
- ③ 破碎されたスライムは、同じ圧さく空気によって地上に排出する。
- ④ ロッドを引抜き、親杭を建込む。このとき自重だけで貫入しない場合は、パイプロハンマーを使用して貫入させる。
- ⑤ 親杭の建込み終了後、根入れ部分にセメントペーストを注入する。

この作業手順を図-7に示す。

(3)施工実績

ミッションメガドリル工法による親杭の施工実績を表-2に示す。この実績によると、親杭1本当りの延作業時間は、H形鋼では約880分(14.6時間)、レールでは約350分(5.8時間)であった。両者は、

削孔径、重量等に相違があるため、作業時間で差が出るのは当然であるが、それにしても両者の差はありすぎる。特にロッド引抜き作業がレールではわずか18分であるのに対し、H形鋼では266分と約15倍の時間を費やしている。この原因は、H形鋼の場合には、大きなビットを使用するため、ロッドよりもビットの径が太く、転石を打抜くときに生ずるビットの逃げ(転石が斜めにあったり、ビットが転石の一部にしか当たらない場合、先端は弱い方に逃げる)によって孔の位置が多少ずれ、ロッド引抜き時にビットが引掛かるためである。(図-8)このロッド引抜き作業を無視した場合、両者の差は削孔時間の差(約3時間)だけで、その他の作業はそれほど大差はない。

なお、この件に関しては、工事終了後メーカー、施工業者と一体となって削孔機械の改良を検討した

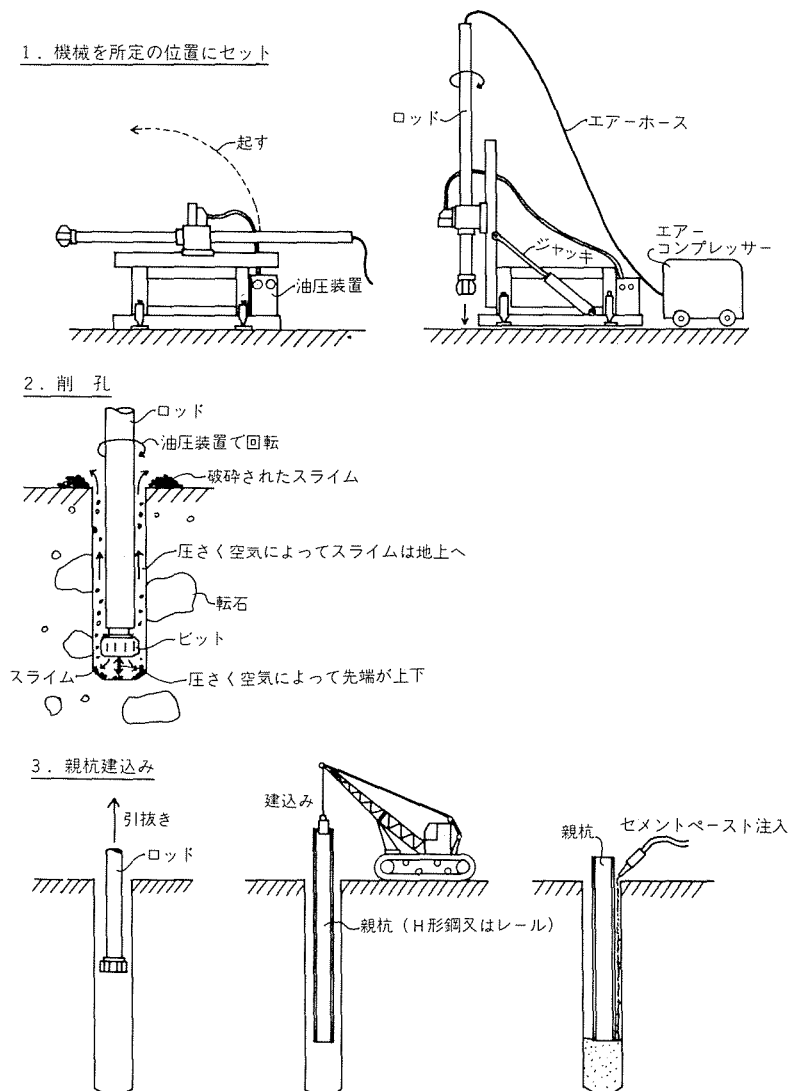


図-7 ミッションメガドリル工法の作業手順

表－２ ミッションメガドリル工法による親杭打設実績

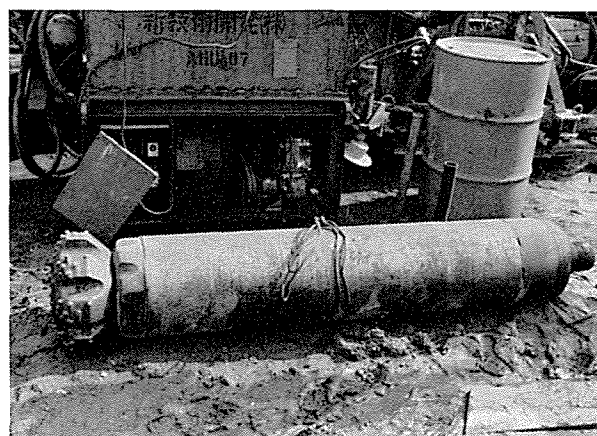
親杭の種類	作 業 名					(*) 合 計	1.0m 打設する のに要した時間
	段 取 り	削 孔	ロッド引抜き	親杭建込み	セメントペースト注入		
H 形 鋼 H-250×250×9×14 合 計 24本 全 長 172m	1,350 分	9,300 分	6,390 分	980 分	570 分	21,090分	123分/m
	(56分/本)	(388分/本)	(266分/本)	(41分/本)	(24分/本)	(879分/本)	
50kg レール 合 計 62本 全長 443.5m	2,675 分	14,001 分	1,120 分	1,680 分	1,065 分	21,560分	49 分/m
	(43分/本)	(226分/本)	(18分/本)	(27分/本)	(17分/本)	(348分/本)	

(注) () 内数字は平均所要時間を示す

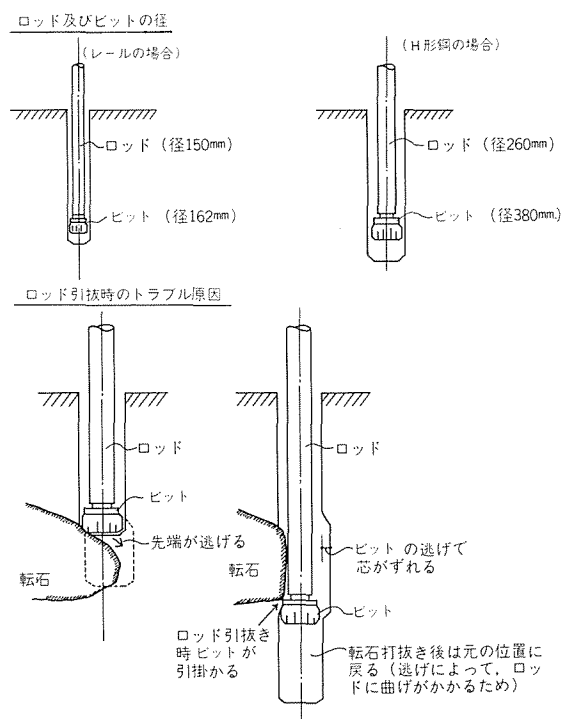
(*) 合計時間にはトラブルに要した時間も含む

表－３ 削孔機標準仕様

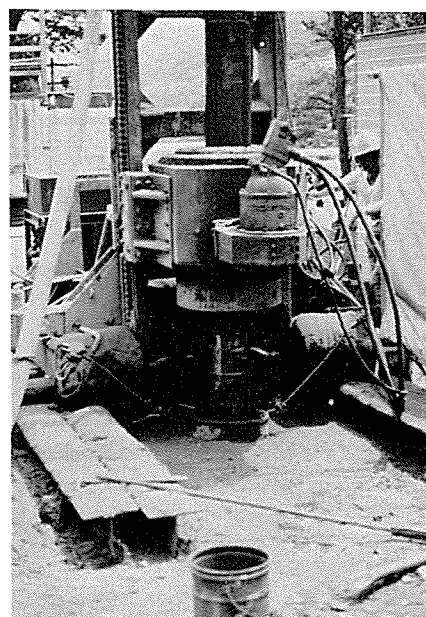
全 長		3,300 mm	
全 幅		2,100 mm	
高 さ	水平削孔	1,800 mm	
	垂直削孔	4,500 mm	
重 量		6,000 kg	
使 用 電 力		25 KW/時	
削孔能力	径 (mm)	削孔長さ (m)	空気消費量 (m ³ /分)
	φ 150	80	15
	φ 470	50	30～45



写真－３ ミッションメガドリル（ロッド及びビット）



図－８ ロッド引抜き時のトラブル原因



写真－４ ミッションメガドリルによる削孔



写真-5 掘削された転石

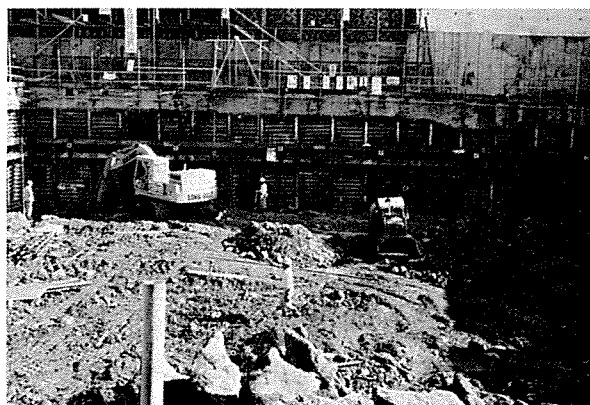


写真-7 掘削状況

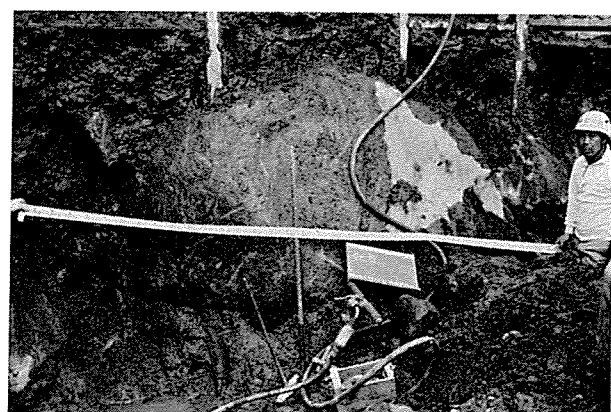


写真-6 親杭が3mもある転石を打抜いている

結果、今後はH形鋼でもスムーズに施工できるようになっている。

§ 4 . 石積擁壁の補強

敷地背面にある既存の石積擁壁は、現在の擁壁基準に適合しない古いものであるため、工事中は無事であっても、万一建物完成後に崩壊等が発生した場合、その責任が施工業者に転嫁されるおそれがある。このため、事前に施主、設計事務所と協議し、擁壁の補強対策を行うことを承認してもらった。

補強方法は、擁壁に沿ってRC造のドライエリヤ壁を設け、その側圧を工事中はアースアンカーにて支持し、工事終了後は建物躯体に一部を負担させる（アンカーは永久アンカーとしている）方法で処理した。

その概要を図-9、図-10に示す。

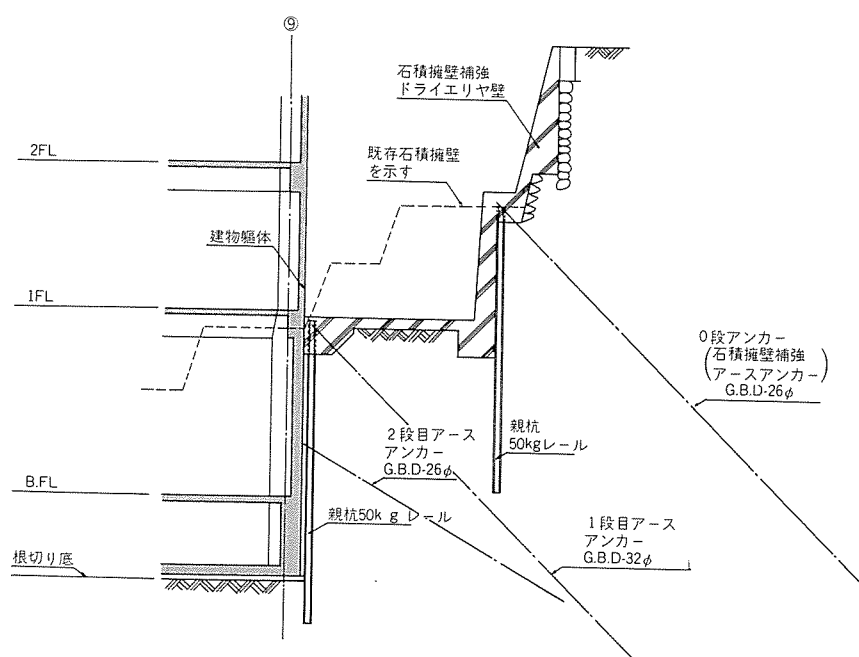


図-9 既存石積擁壁部分山止め断面図

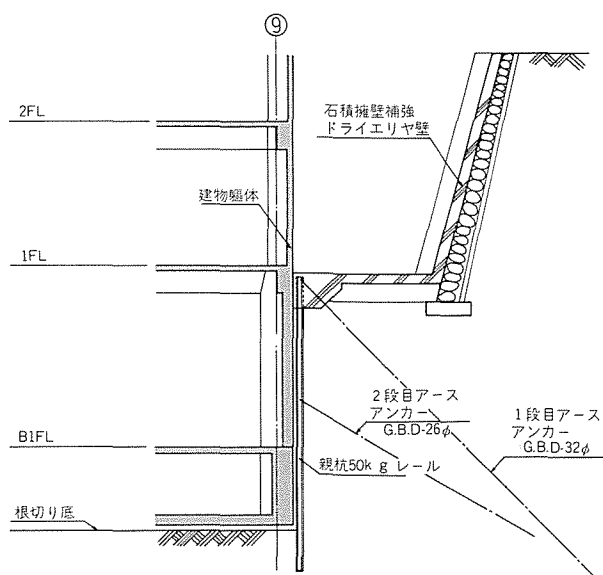


図-10 既存石積擁壁部分山止め断面図

§ 5. あとがき

本工事で採用したミッションメガドリル工法による削孔は、その長所を十分発揮して大きなトラブルもなく、予定通り無事終了することができた。転石地盤の掘削は

敷地に余裕がある場合はオープンカット工法が最適だが、山止め壁を設けなければならない場合は、工法選択が大変難しい。こうした地盤の山止めに親杭を設置する場合、一般には深礎工法が適用されているが、この工事に当てはめてみると、2～3倍の工期を要したと考えられるし、安全面とも併せて、今回のミッションメガドリル工法の採用は、一応成功した例といえる。

将来、皆様がこれに類似した地盤で山止めを施工する場合は、この例を参考に検討して頂きたい。

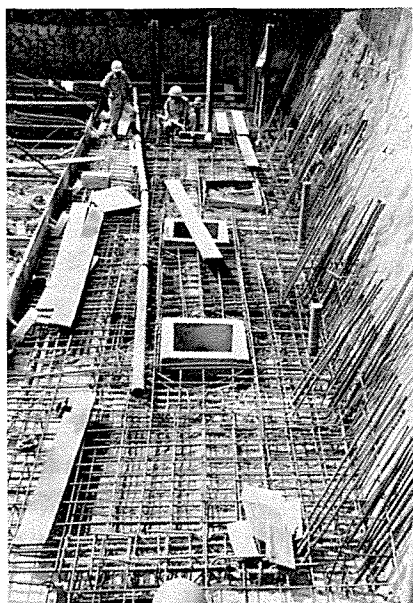


写真-8 ドライエリヤ配筋状況

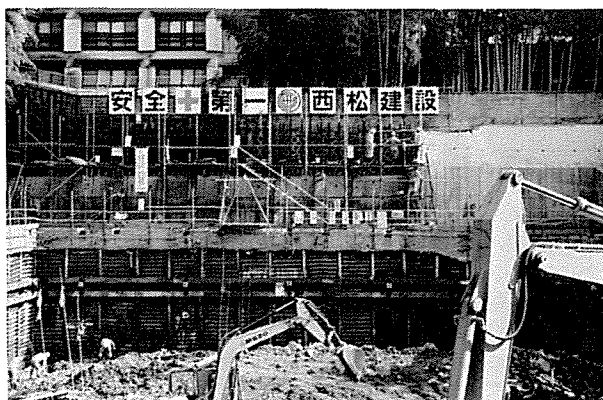


写真-9 ドライエリヤの施工状況