

Vol.73 通巻840号 平成4年3月25日発行 毎月1回25日発行 昭和24年3月19日第3種郵便物認可 ISSN 0912-8182

# 建築と社会

ARCHITECTURE AND SOCIETY

1992

3

特集

建築とデザイン—東海支部—

日本建築協会



下から見上げた、バルコニー部分の造形美は、雑木林の表現と  
のこと。3月号のモチーフは、  
プリンセス有馬である。  
そしてカラーリングは、フラン  
スの伝統色チャートより、Lilas  
リラの色である。リラは、近東  
諸国(トルコ・シリア・サウジ  
アラビア)原産の落葉灌木。フ  
ランス郊外の家の垣根などに、  
よく使われているとのこと、い  
かにも春らしい色である。

# 3 840

### ■特集予告

- 4月号/建築家のための設  
備知識—III—
- 5月号/地球環境時代の建  
築
- 6月号/住宅・都市整備公  
団特集

- ART PROCESS
- 書評
- ブックステーション
- GBRCニュース
- 法令コーナー
- 新建材紹介コーナー
- 建築の眼

### 会告

### 作品作風

- 会長 佐野正一
- 副会長 金芳 潔 葉袋公明  
市川 宏 鴻池藤一
- 編集委員会(平成3年度)
- 編集理事 池田 秀行  
井上 豊 進  
金井 弘次 克彦  
川島 繁三 宏修  
小島 雄 隆之  
須賀 好富 ○伊達 正雄  
竹中 練一 ★施工材料分科会  
深江 實 有光 利治  
松村 慶三 植田 実  
溝神宏至朗 小権八重猛  
若山 繁 志水 史典  
■編集委員 加藤 眞  
溝神宏至朗 ○村上 信直  
■編集顧問 ★法令分科会  
孝光 福継 典彦  
東 岩田 純一  
■編集委員 榎田 攻  
★計画法分科会 ○佐藤 勝  
☆計画法 梅村 宏 高見 成志  
河端 秀直 中島 弘志  
小浦 久子 ■作品作風小委員会  
鈴木 克彦 荒川 朱美  
○田中 直人 遠藤 公介  
中井 吾省 尾崎 久純  
松川 敏正 岡本 隆  
山尾 弘子 ※北澤 修一  
横関 真紀 田中 均  
吉村 英祐 富田 昌義  
☆建築計画法 福地 一彦  
石山 道男 前川 治彦  
磯村千恵子 松田 善弘  
上杉 秀隆 松村 衛  
江副 敏史 ○宮下 幹雄  
菅野 忠司 水川 尚彦  
○北村 潤 ■金賞小委員会  
黒川 明彦 伊藤 郁郎  
※佐藤 二郎 稲木 裕子  
塚本 史郎 尾崎 俊文  
刃金 国男 大沢 智弘  
山本 匡 北村 恭一  
吉羽 逸郎 グレック ホール  
☆インテリア住宅系 小坂橋鉄雄  
大森 智子 小林 孝一  
大橋眞由美 ※佐伯由紀子  
加藤 力 佐野 洋  
角方 利幸 ○高田 光雄  
※神谷 剛 ※高橋 麗子  
○北浦かほる 塚口 明洋  
駒田 哲男 増淵 昌利  
中村 孝之 山崎 章子  
西川 純一 ■広告企画小委員会  
福田 由利 ※池田 俊男  
★構造分科会 ○佐野 寛志  
稲葉 繁夫 山本 晃  
○角 彰 山本 晃  
多賀 謙蔵 下村 雨  
野村外喜夫 原田 常介  
馬場 研介 藤田 孝吉  
★設備分科会 山下 修司  
○印 副委員長と幹事 ※印 同代行

### 特集 作品

### 東海スケッチ 座談会 論文・随想

### レポート

印刷 平成4年3月20日  
発行 平成4年3月25日  
発行人 社団法人日本建築協会  
発行所 社団法人日本建築協会  
大阪市北区梅田1-3-2100  
電 06-348-0635  
振替口座 大阪1-39975  
印刷所 青葉印刷株式会社  
電 06-351-5428(代)  
日本電植株式会社  
電 06-357-1803(代)  
定価 980円(本体価格951円・送料共  
消費税29円) 月報

## 特集●建築とデザイン—東海支部—

SPECIAL FEATURES ON ARCHITECTURE AND DESIGN-THE TOKAI BRANCH OF THE ARCHITECTURAL ASSOCIATION OF JAPAN.

監事並びに本部所属評議員の当選。名誉正会員56名が推荐される。世界建築博覧会ブレイイベントトリエンナーレ 奈良1992。海外研修旅行「世紀末ふたたび—中欧の建築を訪ねる—」。ニュービルディング関西'92開催。「建築工 事共通仕様書」—日本建築協会でも頒布	1	
プリンセス有馬	設計監理: 昭和設計 施工: 前田建設工業大阪支店	6
神田ビル	設計監理: 磯高組	10
抽象と具象 中島一平 栗岡孝於/竹村揚子		12
『建築の形態言語』—デザイン・計算・認知について—塚口明洋		14
短評6冊/稲木裕子・大沢智弘・佐野 洋・山崎章子		15
1000t構造物圧縮曲げ試験機の自動制御化		16
京都市駐車場条例の一部改正—駐車施設の付置義務区域の拡大および設置基準の強化/糸井恒夫		17
カルチャードストーン/元木貞次		19
お父さんの居場所/北浦かほる。笑いの失敗/島崎 勉。都市景観とファッション/中川洋一。VE契約制度の すすめ/小林志朗		20
<b>建築とデザイン—東海支部—</b>		
大府市勤労文化会館	設計監理: 安井・加藤設計共同企業体 施工: 鴻池・愛知・カミキン建設共同企業体	22
INAX本社ビル	設計監理: 竹中工務店名古屋支店	26
愛知芸術文化センター 愛知県図書館	設計監理: 愛知県建築部管轄課 日建設計・名古屋 施工: 佐藤・西松・大日本・名工・六合・長瀬建設共同企業体	30
豊橋市二川宿本陣資料館	基本設計・監修: 小野木重勝 実施設計・監理: 伊藤建築設計事務所 施工: 藤木工務店名古屋営業所	32
浜松市消防本部・中消防署合同庁舎	設計監理: 浜松市建設部住宅管轄課・安井建築設計事務所 施工: 須山建設和久田組共同企業体	34
明和町総合体育館	設計監理: 岡設計名古屋支店 施工: フジタ・伊藤特定建設工事共同企業体	36
津島地域文化広場 児童科学館・総合ホール	設計: 児童科学館 愛知県建築部管轄課・津島市建設部都市計画課・伊藤建築設計事務所 総合ホール 津島市建設部都市計画課・伊藤建築設計事務所 施工: 児童科学館 津島建設共同企業体(ミタニ建設・太陽建設工業所) 総合ホール 飛鳥建設名古屋支店	38
小牧市温水プール	設計監理: 小牧市・大建設名古屋事務所 施工: 佐藤・小田急建設共同企業体	40
鈴鹿市立郡山小学校	設計: 鈴鹿市都市計画部建築課・東旭建築事務所 監理: 鈴鹿市都市計画部建築課 施工: 浜口・田中建設共同企業体 白木・大野建設共同企業体 近藤・西城建設共同企業体	42
大同工業大学図書館	基本構想: DIT図書館基本設計プロジェクトチーム 設計監理: 日本設計 施工: 大林組名古屋支店	44
愛知淑徳学園・中央棟	設計監理: 竹中工務店名古屋支店	46
名古屋記念病院	設計監理: 青島設計 施工: 前田建設工業(1期) 鴻池組(2期)	48
名駅IMAIビル	設計監理: 青島設計 施工: 鹿島名古屋支店	50
NHK名古屋放送センタービル	設計監理: 日建設計・名古屋 設計協力: 大成建設 施工: 大成建設・鹿島・矢作建設工業共同企業体	52
サナルビルディング(佐鳴学院本部ビル)	設計監理: 大林組名古屋支店	54
モーニングマーク主税町	設計監理: 鹿島名古屋支店+KAPLAN・McLAUGHLIN・DIAZ 施工: 鹿島名古屋支店	56
プライベートルゾノエクスピア鳥羽アネックス	設計監理: 安井建築設計事務所 施工: 大林組	58
水明館 青嵐荘	設計監理: 竹中工務店名古屋支店	60
豊田自動織機製作所 誠和ハイツ	設計監理: 竹中工務店名古屋支店	62
メゾン三好ヶ丘 第1期	設計監理: 竹中工務店名古屋支店	64
奈良若草カントリー倶楽部クラブハウス	設計: 東旭建築事務所名古屋事務所 監理: 東旭建築事務所大阪事務所 施工: 大林組・鴻池組JV	66
みずなみC.C.クラブハウス	設計監理: 大成建設名古屋支店	68
岐阜交通株式会社本社ビル	設計監理: 伊藤建築設計事務所 施工: 岐建木村	70
トヨタ自動車田原事務所	設計: トヨタ自動車一級建築士事務所・大成建設名古屋支店 監理: トヨタ自動車一級建築士事務所 施工: 大成建設名古屋支店	72
日本ガイシ本社社屋	設計監理: 日建設計・名古屋 施工: 鹿島・大林組共同企業体	74
エバラ倶楽部	設計監理: 清水建設名古屋支店	76
濃飛ニッセイビル	設計監理: 清水建設名古屋支店 施工: 清水・鹿島・大日本土木建設共同企業体	78
コスモ栄ビル	設計監理: 鴻池組名古屋支店	80
新建築作品5点		82
「建築とデザイン」	伊藤和子/河邊信行/寺本英一/森口雅文/(司会)中島 一	83
「美」と「実用性」の調和をめぐる	ヤン・スィンゲト	93
都市再開発と景観とデザインと	横井 太郎	94
『清少納言の住まい観』	若山 滋	96
映像に想う「建築空間」	小川 辰男	98
表現コードの歴史と展開	加藤 和雄	100
近代建築の流れの中で ストラクチャーの様相と変移	渡辺 誠一	102
省力化の対策例と今後の課題に向けて	岩田 正弘	104
北欧の都市と建築(4)—フィンランド・ヘルシンキ(II)/中島 一		106
井手正雄氏を偲ぶ/河島勝三		108
鋼構造の設計/生産における汎用3次元モデルとCAD/CAMアプリケーション/山本義行		109
体温感熱環境制御用センサー/古川良知		111
万能大口徑穿孔工法/秋山一郎		112
大阪府公共建築設計コンクール「ちょっとおしゃれなYU・MEの派出所」		113
連続公開講座「都市」(フジタ都市講座)。4月はフランチェスコ・タルコフ氏の講演。インターコミュニケーション'92		116
『脱着するリアリティ』入江経一+藤嶋正樹。「第4回建築省エネルギー賞」決まる		117

# 万能大口徑削孔工法 (BG工法)

秋山 一郎

### 1. 概要

本工法は独パワアー社との技術提携により1983年に導入された油圧式万能型大口徑削孔機 (BG機) による削孔工法で、日本基礎技術㈱が製作、販売し、現在日本国内でBG-7・BG-11・BG-14の3機種が稼働中である。

地盤状況、その他の条件に応じ、乾式または湿式により錐具を適宜交換し、場所打ち杭、障害物撤去のプレボーリング、山留杭等の施工ができる。

### 2. 特徴

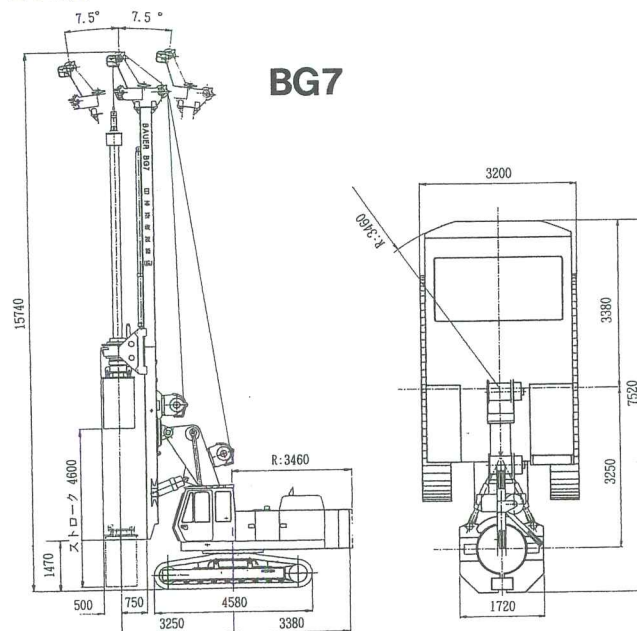
- (1)アタッチメントの交換により、オールケーシング、アースドリル、オーガーおよびエアハンマー工法が使える。転石、玉石の地盤でも削孔が可能である。
- (2)木杭、鉄筋コンクリート構造物等の障害物のある地盤での杭施工が可能である。
- (3)支持層が岩盤でも、必要な根入れ長の確保が可能である。
- (4)機械がコンパクトにできているので、20°の急傾面でも走行できる。
- (5)機動性がよく、360°回転可能であり、狭隘地での施工が可能。
- (6)補助ウインチを備えているので、削孔機自体で、ケーシングや鉄筋カゴ、H鋼、シートパイルなどのつり込みも出来る。
- (7)全油圧駆動方式で、高張力鋼を使用しているため、構造は頑丈かつ小型で、低騒音・低振動作業ができる。

### 3. 用途

場所打基礎杭、山留杭(柱列杭)、抑止杭、障害物の撤去、既設杭の引抜き撤去、プレボーリング、ディープウェル等の大口徑削孔。

(あきやま いちろう / 日本基礎技術㈱大阪支店工事課課長代理)

■寸法図



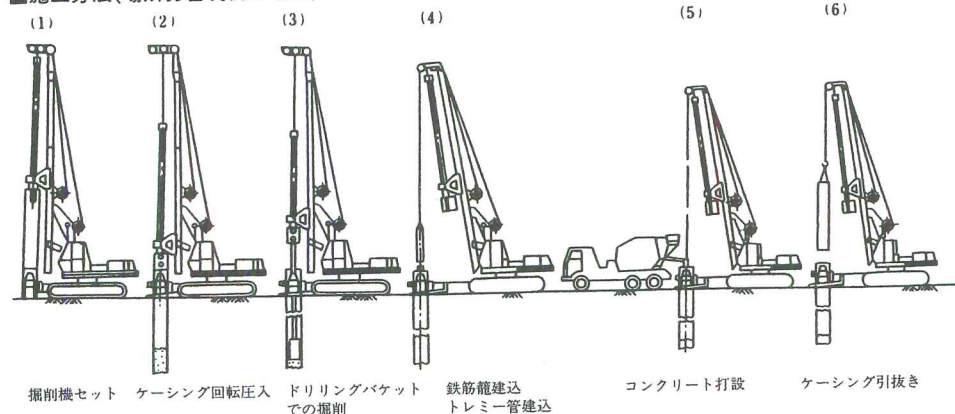
機種		BG-7
ロータリー パワーヘッド	最大トルク	7.0tfm
	最高回転数	40rpm
最大削孔径	ノーケーシング	φ1300mm
	オールケーシング	φ1000mm
削孔深度	標準ケリー	18m
	延長ケリー	24m
フィード	引抜き力	15tf
	押込み力	15tf
	速度	20m/min
主ウインチ	最大引張力	7.5tf
	最大巻上速度	60m/min
	ロープ長	40m
	ロープ径	20mm
補助ウインチ	揺動機を除き	5.5tf
	運搬時	60m/min
	長さ	40m
	幅	20mm
重量	揺動機を除き	37.5tf
	運搬時	30.0tf
運搬中の寸法	長さ	9.08m
	幅	3.20m
	高さ	3.25m

■仕様・性能

		掘削径(mm)		最大掘削長(m)		パワーロータリー ヘッドトルク(t・m)		出力
		最小	最大	標準ケリー	長尺ケリー	最小	最大	
BG 7	ノーケーシング	*470	1300	18	24	3.7	7.4	145PS
	オールケーシング	550	1000					109kw
BG 11	ノーケーシング	640	1800	24	32	6.0	12.0	210PS
	オールケーシング	750	1500					158kw
BG 14	ノーケーシング	640	1800	24	32	7.1	14.3	280PS
	オールケーシング	750	1500					210kw

備考：\*印の数字は、エアハンマーの場合φ450mmとする。

■施工方法(場所打基礎杭の場合)



(1) 掘削機セット (2) ケーシング回転圧入 (3) ドリリングバケットでの掘削 (4) 鉄筋籠建込  
トレミー管建込 (5) コンクリート打設 (6) ケーシング引抜き

# 基礎工

土木・建築基礎工事と機材の専門誌

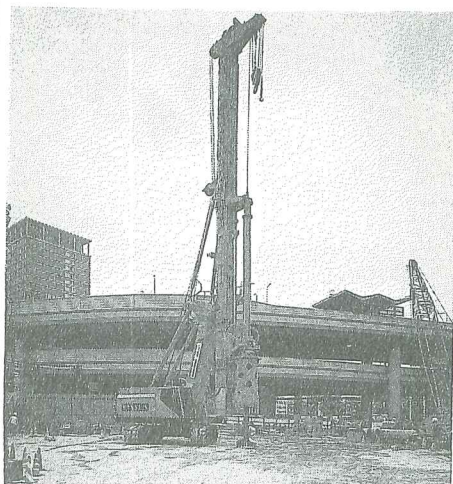
特集

## 基礎工事の積算

総括編集 山川 朝生 委員

巻頭言	公共工事の契約と適正な積算	小野 和日児	1
総説	土木工事積算に関する最近の動向	野田 徹	2
総説	土木工事標準歩掛について	上田 敏	8
総説	建設機械損料の動向と話題	相原 正之	13
各論	建設省における基礎工の積算	堀内 喜久雄	18
各論	東京都における基礎工事積算	高木 千太郎・平原 勲	24
各論	港湾構造物の基礎工事における積算の1例	宮崎 正治	31
各論	住宅・都市整備公団における基礎工事の積算	佐藤 昭一	41

### ◀ 今月の表紙 ▶



### SUPER-DRILL SD-30

この機械は軸部掘削最大径3000mmでベルアース掘削も施工できるようにした大口径場所打ち杭施工機です。

また都心部の基礎工事において、既存杭が杭工事の施工の障害になっていますが、フロントアタッチメントに全周回転掘削機を取付け、ロッキングケリーバーを使用することにより岩盤掘削、既存杭の撤去・破碎から場所打ち杭の工まで一貫して施工できるようになっています。

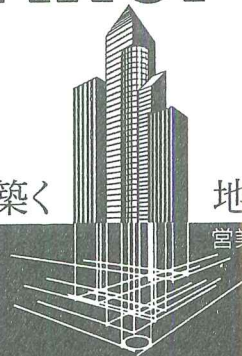
他にもケーシングプラーの取付けでロータリーテーブルのトルクを引出し本機のみでもケーシングを圧入出来る機構となっており、油圧グラブバケットの使用等、これからの困難な基礎杭工事に対応出来る機械になっています。

**M** 阪神土木工業株式会社：特建本部

〒530 大阪市北区梅田2丁目3-19  
☎06(347)6596 FAX 06(347)6597

各論	日本道路公団における基礎工事の積算	津下 猛・能正 幸夫	50
各論	JRにおける基礎杭の積算	小山 堯・阿部 孝三	57
各論	総合建設業における基礎工事積算 .....矢野 元暎・千葉 佳信・西村 成夫・井関 英生		63
各論	専門工事業からみた基礎工事歩掛	加藤 克巳	70
報文	建築積算資格者審査・証明事業 (建築積算資格者制度)について	丸山 時男	86
報文	諸外国における土木工事積算事情	福田 昌史	88
報文	米国における公共建築工事の積算事情	大島 和義	95
寄稿	万能大口径削孔機による 硬質基岩橋脚鋼管柱建込み工 .....及川 善朗・西山 穎輔・前田 長夫		104
◆新技術紹介	大林組のOSS工法 建設技術評価を取得		7

# MARUFUJI



21世紀の基盤を築く

地下エンジニアリング

営業品目／重仮設材・仮設橋・仮設工事・鋼材加工

丸藤シートパイル株式会社

本店 〒103 東京都中央区日本橋本町1-6-5(塚本ビル) ☎03(3242)7641 支店/札幌・東北・千葉・横浜・名古屋

# 万能大口径削孔機による 硬質基岩橋脚鋼管柱建込み工

及川 善朗\* 西山 顕輔\*\* 前田 長夫\*\*\*

## 1. まえがき

近年大口径岩盤削孔の施工事例は、いろいろ紹介されつつあるが、(株)間組東北支店、東洋テクノ(株)およびパウアー・ジャパン(株)が施工した硬質花崗岩削孔による橋脚鋼管柱建込み工事について、本誌を借りて紹介させていただきたい。

本工事は、山形県と新潟県境付近赤芝地内の交通事故多発地点である現道交流点を緩和するための道路改良工事であり、平成4年9月に実施される山形国体（通称“べに花国体”）の山岳競技開始時まで完成させるため、実施されたものである。

工事は東芝セラミックス(株)赤芝発電ダムの湖水域にせり出して設けられる3径間連続鋼床版箱桁（橋長40.0m）の鋼管柱（ $\phi 1,500\text{mm}$ ）建込み工であり、杭根入れ地盤は一軸圧縮強度  $q_u=1,500\sim 1,700\text{kg/cm}^2$  の花崗閃緑岩である。

また、削孔完了後には防蝕のための樹脂コーティングが施された鋼管を建込むため、基岩の削孔は真

表-1 工事数量

削孔	削孔						計
	杭番号	P1	P2	P3	P4-1	P4-2	
削孔	$\phi:2,000$ ケーシング						
	空掘り (m)	7.00	14.00	14.00	7.00	7.00	49.00
	削孔 (m)	5.50	2.90	2.50	6.50	7.50	24.90
長	KRRM-1800						
	削孔 (m)	5.68	5.40	8.46	6.01	6.39	31.94
$\phi:1,500\text{mm}$ 鋼管柱建込み設置							5本
根固めモルタル注入							5カ所
中詰めコンクリート打設							5カ所

\* OIKAWA Yoshirō (株)間組 山形営業所 工事課長 技術士  
 \*\* NISHIYAMA Eisuke 東洋テクノ(株) 東京支店 副支店長 取締役  
 \*\*\* MAEDA Osao パウアー・ジャパン(株) 営業部長

円であることが望まれた。

大口径の岩盤削孔工法は近年日進月歩の感があるものの、確実性を期すため本工事ではドイツ、パウアー社の技術指導を得ながら、パウアー社万能大口径掘削機 BG30によるローラービットコアバレルを用いた特殊削孔工法を採用した。本稿はそれらの施工結果について述べるものである。

## 2. 工事概要

- ・工事名 長者原玉川口(停)線道路改良工事  
橋脚鋼管柱建込み工
- ・施工者 元請負者 (株)間組東北支店  
下請負者 東洋テクノ(株)東京支店  
パウアー・ジャパン(株)
- ・場所 山形県西置賜郡小国町大字時巢沢
- ・工事期間 平成4年4月14日～平成4年5月17日
- ・工事数量 表-1参照

## 3. 使用機械・器具

表-2に示すとおり。

## 4. 施工結果

工事場所は国道113号坂町～南陽市間と県道玉川口～飯豊梅花皮荘線との交流点で、新潟県坂町より東方約30kmに位置する（図-1参照）。

工事は東芝セラミックス発電所赤芝ダムの湖畔にせり出される鋼床箱桁カーブ橋の鋼管柱（ $\phi 1,500\text{mm}$ ,  $t25\text{mm}$ ）を建込むもので、その数量は5カ所である（図-2施工平面図参照）。

削孔工事に先立ち、平面図に示すように48.00

山形市小立1-6-49  
 東京都渋谷区広尾5-4-12  
 東京都渋谷区神宮前5-42-5

m×17.00mの水上作業構台が設けられた。作業構台は削孔機、クレーンが稼働でき得る最小限度の大きさで設定されたため、削孔の作業効率は低く、施工箇所ごとの重機類の配置換えを必要とし、また、さらに構台覆工板の受桁盛替えを併せて行うなど、手数のかかる作業となった。

4.1 削孔

4.1.1 ケーシング削孔

まず施工位置の覆工板を外し、φ2,000mmケーシング回転削孔用のHCR-2000を用いてケーシ

ングを挿入、着岩させる。

削孔対象岩盤は一軸圧縮強度  $q_u=1,500\sim1,700$  kg/cm<sup>2</sup>の花崗閃緑岩(硬岩)であるが、亀裂が発達(クラック間隔5~70cm)し、表層約10~30cmは風化が著しい。また、地山は40°~70°傾斜しており、着岩線は全孔水面下である。

さらに図-5施工概略図に示すように、ケーシング空掘り部が長いため、ケーシングの設置精度を確保するべくケーシング削孔の口切り作業は細心の注意をはらい、着岩より0~1.00mまでは垂直荷重

表-2 使用機械・器具

機種	メーカー・型式	規格・能力
ケーシング回転削孔機	平林 HCR-2000	172kW 150t-m/max
岩盤削孔機械	パワー BG30	240P.S 36.7t-m/max
ケーシング抜管機	平林 スイングジャッキ	30kW 360t引抜き/max
クローラークレーン	住友 LS238RH5	250P.S 100t吊り
〃	日立 KH250HD	225P.S 65t吊り掘削特殊仕様
高圧コンプレッサー	インガソルランド 750	207P.S 21.0m <sup>3</sup> /min 17kg/cm <sup>2</sup>
モルタルポンプ	新明和 MM-180	6.5kW 180l/min
ゼネレーター	日本車輛 NES300SM	365P.S 300kVA
エンジンウェルダ	デンヨー	10kVA 280A
ハイウォッシャー	ツルミ	3.7kW
水中ポンプ	1.5", 2"×2	0.4kW (3台)
ハンマグラブ	三菱重工 φ:2,000	ワイヤー式
〃	〃 φ:1,800	〃
チゼル	東洋テクノ 6.7t	クロスビット型
ケーシング	三和機工 ダブルウォール	φ:2,000 25m/組×2
ケーラー	パワー 37m/3段	フルロックタイプ
コアバレル	パワー KRRM-1800	硬岩用ローラービットタイプ
その他		1式

施工位置

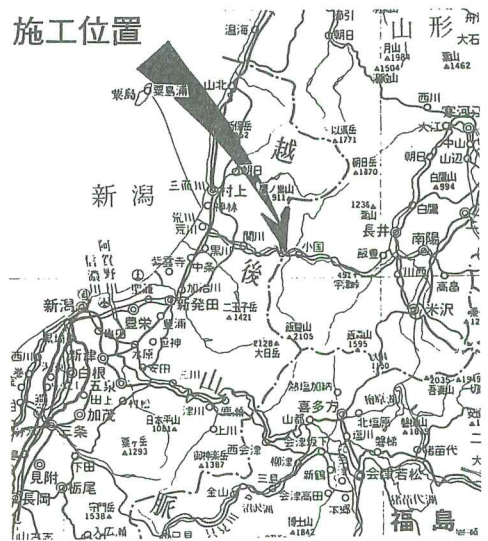


図-1 施工位置図

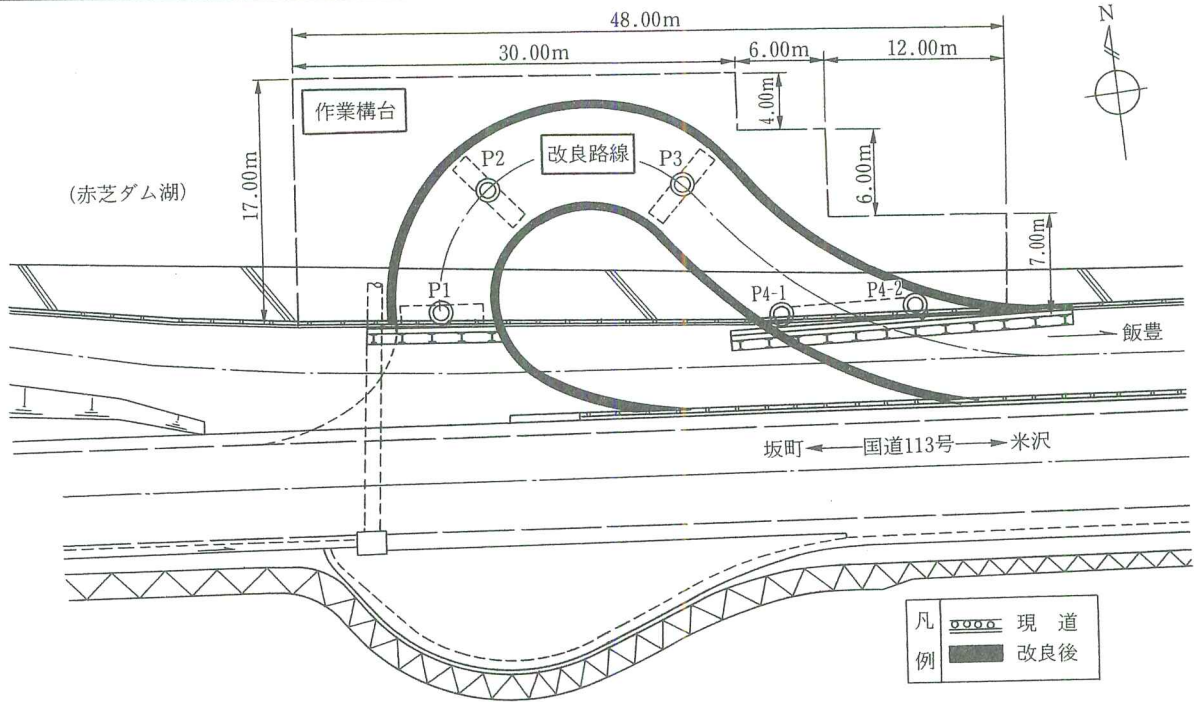


図-2 施工平面図

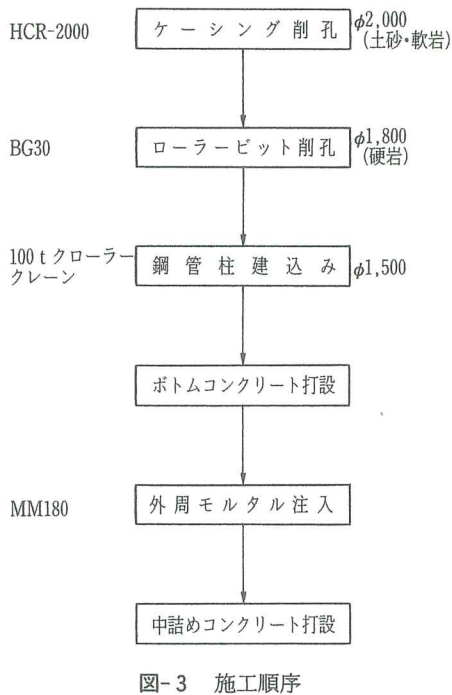


図-3 施工順序

0.0 ▽ 湖水面

標尺 (m)	図表	岩質	色調	亀裂間隔 (cm)	コア形状	岩盤分類	P2		P3	
							RQD	記事	RQD	記事
6.0	+	花崗閃緑岩	灰〜桃灰	5	短柱状	CM	52	表層3cm程度の枯葉混りの細粒砂である。7.70m, 8.50m, 10.40m付近に茶褐色の亀裂見られるほかは、全体に新鮮堅硬で岩質良好で棒状コアとなる。	65	枯葉混り細砂, 6.03m~6.50m短柱状の硬岩で, 6.80m付近は強風化で岩質非常に脆い。
	85						45			
	84						41			
	92						40			
	93						52			
	100						95			
	87						75			
	80						75			
	92						85			
	100						86			
			95	16.00m~桃灰色で新鮮堅硬で岩質良好にて柱状である。						
17.2										

図-4 地質柱状図(平成3年1月調査)

表-3 ケーシング回転削孔所要時間

杭番号	削孔深度	削孔長および所要時間	m当り所要時間
P3	14.00m~16.50m	2.50m/ 6.5h	156min/m
P2	14.00m~16.90m	2.90m/21.5h	445min/m
P4-2	7.00m~14.50m	7.50m/19.0h	152min/m
P1	7.00m~12.50m	5.50m/10.0h	109min/m
P4-1	7.00m~13.50m	6.50m/10.0h	92min/m

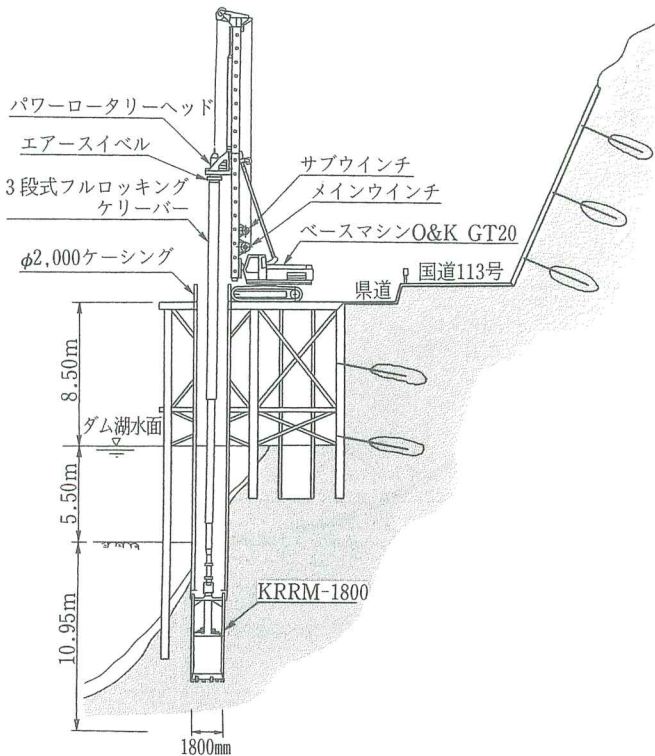


図-5 P3施工概略図 (BG30, KRRM)

をほとんどかけず、ケーシングはHCR-2000で吊下げた状態で削孔した。なお、構台下部水面上の梁にはケーシングの振止めを設けた。

HCR-2000による各孔のケーシング回転削孔能率

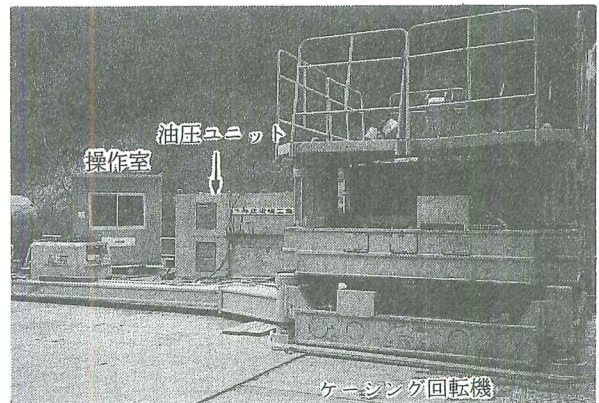


写真-1 平林製作所HCR-2000

は、ハンマーグラブ中掘り作業を含め、その実績は表-3のとおりであった。

P2の445min/mを除いて、おおむね100~150min/mとなっている。

P2では、着岩直後よりクラックの少ない新鮮な基岩であったため、大幅に時間をついやす結果と



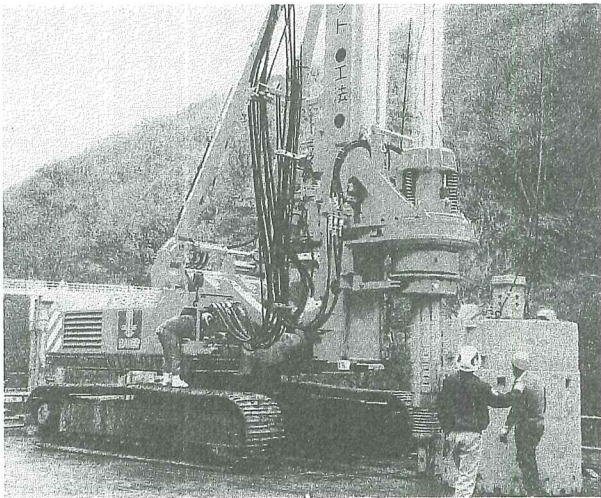


写真-2 KRRM-1800(ローラービットコアバレル)の装着

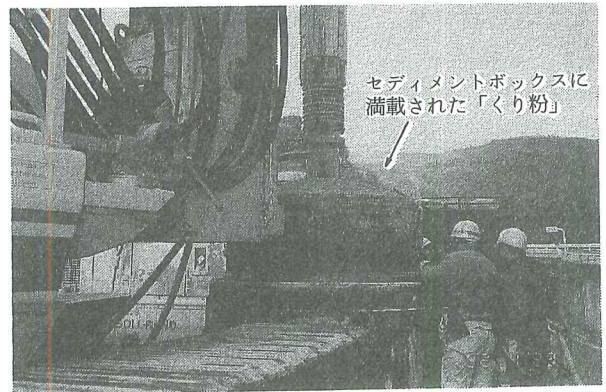


写真-4 KRRM-1800による所定深度の削孔が完了、引上げられたところ



写真-3 ユニバーサルジョイント(h)とエアースイベル(f)がパワーロータリーヘッドに直接装着されている



写真-5 ローラービット削孔後の中掘り用ツール

表-4 ローラービット削孔・チゼリング所要時間

杭番号	削孔深度	削孔長および所要時間	m当り所要時間
P3	16.50m~24.96m	8.46m/37.0h	262min/m
P2	16.90m~22.30m	5.40m/25.5h	283min/m
P4-2	14.50m~20.89m	6.39m/18.0h	169min/m
P1	12.50m~18.18m	5.68m/15.0h	158min/m
P4-1	13.50m~19.51m	6.01m/25.0h	250min/m

なった。

#### 4.1.2 ローラービット削孔およびチゼリング

HCR-2000によるケーシング設置が完了後、HCR-2000を撤去し、ケーシングを覆工板上より約1.0mの高さの立上がりになるよう上部を継足し、引続きBG30、エアークンプレッサーを据付けた。

ケーシング内のローラービット岩盤掘削には、パワー社製KRRM-1800を用いた。ローラービット掘削にて生ずる「くり粉」の排出は、エアによりコアバレルの上方に設けられたセディメントボックスへ吹上げる構造となっている(写真-2, 3, 4参照)。

ローラービット掘削は外径φ1,800mmで、リングカットの幅は140mmである。コアバレルの内空高さはH=1,500mmであるため、1回の削孔長は1.40m以内とした。

ローラービット掘削の完了後、ハンマ=グラブとチゼルビット(写真-5参照)を用いて、孔内のコアを破碎・搬出し、以下これを繰返すことにより削

孔を進めた。

ローラービットによる削孔は順調に進捗したものの、チゼルビットによる破碎が水中作業となったため効果が著しく低減し、中掘りに多大な時間を要する結果となった。

各孔の削孔所要時間は表-4のとおりである。

上記のように、削孔時間は約150~280min/mとなっているが、このうちKRRM-1800の削孔に要した時間はおおむね60~90min/mであり、ローラービットの消耗は結果的に1.63箇/mを要した。

ハンマ=グラブ、チゼルビットによる中掘り所要時間は80~180min/mを費やした。ローラービットによる削孔(1回当り1.2~1.4m)が完了した後、引続きハンマ=グラブを投入し、コアの取出しにかかったが、コアが孔内で崩れず適当なクラックを有

している場合は、容易にその採取ができた（写真-6，7参照）。

しかし、KRRM-1800を引上げる際コアが崩れたり、また破碎されたものが多い場合は、ハンマグラフのシェルが貫入しにくく（水中であるので落下エネルギーを有効に利用できない）、中掘り削孔に難航する結果となった（実績最低値0.25m/h）。

工事は前述したように、ダム湖水面上に設けられた仮設構台上に、100tクローラクレーン、HCR-2000、BG30、65tクローラクレーン、高圧コンプレッサー（21.0m<sup>3</sup>）、ゼネレーター（300kVA）、φ2,000スイングジャッキ、その他の機械を一式設置し、ケーシング削孔およびローラービット削孔を併行して実施することにしたが、構台のスペースが狭いため、作業は慎重に、特に事故防止に関しては細心の注意を払いつつ、各作業の連係を保つことに心を配らなくてはならなかった。

#### 4.2 鋼管柱の建込み

建込み用鋼管柱はφ1,500mm， $t=25\text{mm}$ ， $l=13.0\sim 19.0\text{m}$ で、1本物（最大重量は17.3t/本）で入荷された。

作業ヤード（構台上）内には適当なスペースを確

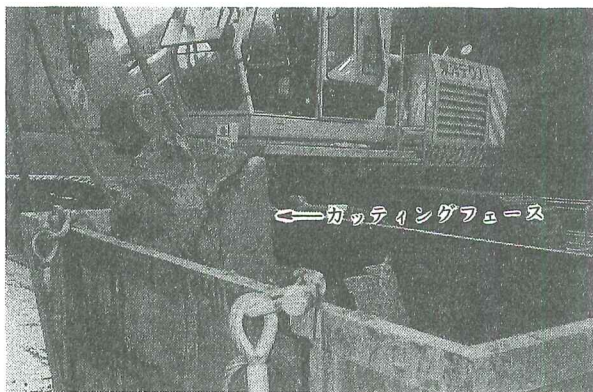


写真-6 ローラービットにより切削後取出されたコア

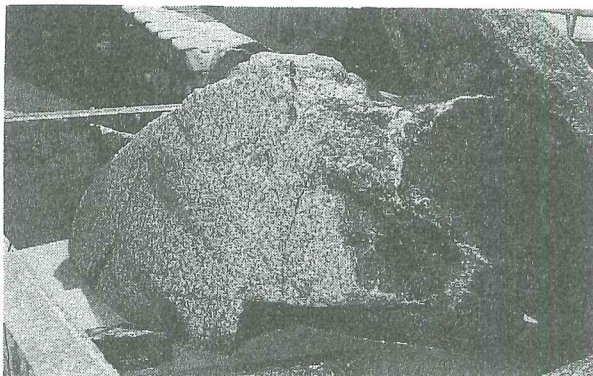


写真-7 切削岩盤の岩質は粗粒花崗閃緑岩  
( $q_u=1,500\sim 1,700\text{kg/cm}^2$ )

保することができず、やむなく構台湖水側に張出し桁を設け、鋼管入荷時にはいったんこの桁上に仮置をすることにした（写真-8，9参照）。

鋼管の建込みは100tクローラクレーンにて行ったが、建込み精度は水平・垂直方向とも50mm以内を要求されたため、鋼管を100tクローラクレーンで吊込んだまま、鋼管頭部を水面上の水平継材に固定し、引続きボトムコンクリートを打設硬化後、さらに外周根固めモルタルを注入し、その後鋼管頭部の仮留めを外す必要があった。

上記のように手間をかけた手順を踏んで施工したため、鋼管の建込み精度はすべて規準内に収めることができ、水平・垂直方向とも当初計画50mmのところを20mm以内の建込み精度を得て設置することができた。

#### 4.3 ボトムコンクリートの打設

上記のボトムコンクリートの打設はトレミー管を使用して行ったが、使用したボトムコンクリートに

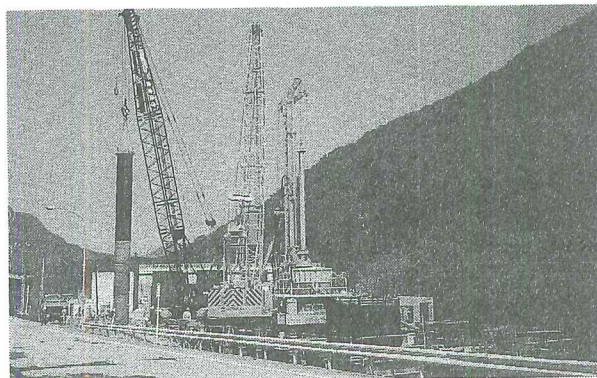


写真-8 100tクローラクレーンにて吊込み移動中のφ1,500mm鋼管（入荷時）



写真-9 建込み用φ1,500mm鋼管。左側の黒褐色に塗装されている部分は、根固め用防蝕用樹脂コーティング（構台上には鋼管を仮置する適当なスペースがないため湖水側に張出し部を設けた）

表-5 工事工程表

日 程	4 月					5 月				
	10	15	20	25	30	5	10	15	20	
ケーシング 削 孔	機械組立 P4-1 P2 P4-2 P1 P3 機械解体									
	機械組立 P3 P2 P4-2 P1 P4-1 機械解体									
ローラービット 削 孔	機械組立 P4-1 P2 P4-2 P1 P3 機械解体									
	機械組立 P3 P2 P4-2 P1 P4-1 機械解体									
鋼管柱建込み 外周モルタル 注 入	P4-1 P2 P4-2 P1 P3									
	P3 P2 P4-2 P1 P4-1									

上段：計画工程 下段：実施工程

は粘性に富み、水中分離性の低い材料（オーシャンクリート）を用いた。

また、打設の際には鋼管下部が水平方向に移行しないよう、打設スピードを極端に遅くして実施した。

#### 4.4 根固めモルタル注入

鋼管外周根固めモルタルの注入は、180l/minの吐出量を有するスクイズポンプ（MM-180）で実施し、鋼管内に事前に設置されたグラウトパイプを通して、鋼管外周に均等に注入されるよう注意をはらって行った。

注入は根固め部が水中であるため、湖水の水質汚染を生じさせないよう地山線下1.0mまでとし、定量注入で実施した。

#### 4.5 中詰めコンクリート打設およびケーシング引抜き

中詰めコンクリートは鋼管湖水面部までとし、完了後ケーシングを引抜き当該工事の施工を終了した。

#### 4.6 実 施 工 程

当工事はドイツ・バウアー社の大口径削孔機BG30の削孔能力が工期を左右する要素となった。BG30によるKRRM岩盤削孔の実績は、バウアー社自体では海外実績は20件程度は有するものの、日本国内での実績は今回がはじめてであった。

このため、当工事にはバウアー社より技術者2名を現場に迎え、その技術指導を受けながら実施したもので、予定工程を数日間ちぢめて完了することができた。

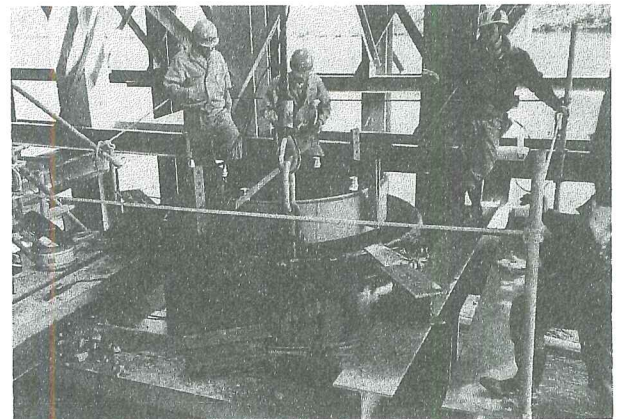


写真-10 100tクローラークレーンで吊込み保持したまま鋼管上部が固定され、引続き根固めモルタル注入がなされる

### 5. あとがき

今回実施した岩盤削孔工法は、ローラービットコアバーレル（ドイツ・バウアー社製）を用いたが、その削孔能力については日本国内での事例がなく、海外実績をもとに計画を立てたが、幸いに期待どおりの成果を得ることができた。

本工事は施工精度の確保と、予定工期内で工事を完成させることが絶対条件であったため、工事関係者は少々不規則な作業時間を強いられる必要も生じたが、結果的に予定工期内に完了することができた。今回の施工実績が、今後の基礎施工設計・計画に対し何らかの参考になれば幸いである。

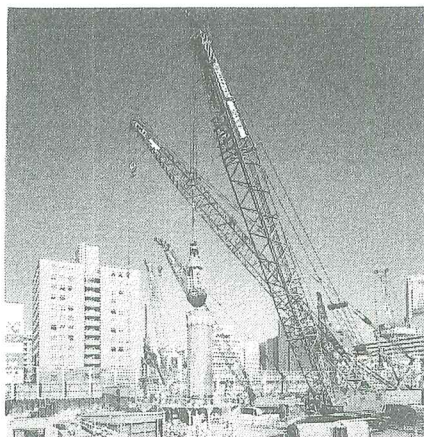
## 特集

# 大口径杭 岩盤削孔工法の現状

総括編集 故高岡 博 委員長

グラビア	「M7.2」阪神・淡路大震災（速報）			
巻頭言	岩盤削孔技術協会の活動について	三谷 健	1	
総説	大口径杭岩盤削孔工法の現状と展望	矢作 樞	2	
各論	ケーシング回転掘削工法の現状	尾身 博明	7	
各論	オーガ削孔工法の現状	葭田 誠作	14	
各論	パーカッション掘削工法の現状	荻須 一致	19	
各論	ロータリー掘削工法の現状	大山 廣喜	24	
各論	大口径岩盤削孔工法の積算	東海林 良美・荒川 秀一	29	
報文	北陸新幹線第1千曲川橋梁工事における ケーシング回転掘削工法(MTR工法)の施工例	岩崎 広己・涌井 周治	36	
報文	香港の場所打ち杭施工技術の現状と φ2,500~3,000大口径スーパートップ工法の導入	中島 弘夫	42	
報文	BG機によるRC地中床版破碎除去と 場所打ちコンクリート杭の一貫施工例	飯田 信男・松山 靖宏・前田 長夫	48	

## ◀ 今月の表紙 ▶



## CDI法(回転式ケーシングドライバ工法)

高能率な岩盤掘削施工システムであるCDI法は、昭和60年に現場施工開始以来、施工実績として総施工件数は1,020件、総施工延長は558kmに達し、同種工法のうちでは我が国で最も施工実績の多い工法となっている。また、CDI法研究会として施工技術の向上、および応用工法の研究開発に取組み、このほどその成果として土砂つかみ量を大幅にアップしたCDIバケットの開発に成功した。(CDIバケットに関する記事は本誌p.103参照)

●CDI法についてのお問い合わせ、資料の請求は会員会社、またはCDI法研究会の事務局まで。

事務局 〒380 長野市東鶴賀町60(角藤ビル内)  
TEL 0262-37-7331 FAX 0262-37-7335  
(分室) 〒062 札幌市豊平区清田2条3-1-1(見光ビル内)  
TEL 011-883-7228 FAX 011-883-2420

## CDI法研究会

報 文	CD工法によるSEP (自己昇降式 洋上作業台) での鋼管杭施工例 ……………池水 正文・石松 健二・近澤 禮吉・久住 宏	54
報 文	ケーシング回転掘削工法(CD工法)による防雪施設の基礎施工例 ……………大井 敏補・島村 光昭・伊藤 聡一・西村 昇	60
報 文	ケーシング回転掘削工法(CD工法)による柱列連壁の施工例 ……………松井 一喜・久住 宏	66
報 文	東海北陸自動車道八幡IC工事での オーガ削孔工法(ドーナツオーガ工法)の適用例 ……………原 寛・山内 裕元	70
報 文	多々羅大橋下部工でのパーカッション掘削工法 ……………成瀬 善果・菅 伊佐男・中田 泰治郎・政岡 龍司	78
報 文	伊唐島架橋建設工事における多柱式基礎杭の施工 ……………鳥井 浩一郎・栄 捷利・表 和義	86
寄 稿	バン格拉デシュにおける エアリフト方式による大深度リバース杭の施工 ……………小川 直也・市川 敏夫・吉川 潤一	96

◇訃 報 本誌編集委員長 高岡 博氏ご逝去 41

◇追 悼 故高岡 博委員長を偲んで……吉田 巖 95

□新機種紹介 オールケーシング工法用新型ハンマグラブを開発/CD工法研究会 103

# 全天候型マルチテント

現場の(環境改善)と(工期短縮)を実現。



丸藤シートパイル株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町1-6-5(ツカモトビル) ☎03(3242)7641

# 報 文

## BG 機による RC 地中床版破碎除去と 場所打ちコンクリート杭の一貫施工例

飯田 信男\* 松山 靖宏\*\* 前田 長夫\*\*\*

### 1. ま え が き

近年、建設機械の多様化により、場所打ち杭機の種類も数多く出現しているが、このたび都市部狭隘地の地下障害物の介在するビルの谷間で、新築ビルの基礎杭を大口径多目的掘削機（BG 機：削孔機のドイツ語 Bohr Gerät から生まれた名称）を用いて実施した。

基礎杭用掘削機として一般土砂～岩盤まで多種の専用機が製作されているが、地下障害物（旧建物地下構造物）を貫通させて場所打ち杭を造成する工事を、1 台の機械で実施した例はほとんど見られない。

都市部建築物の基礎杭の施工方法は、アースドリル方式やリバースサーキュレーション方式などの安定液掘削方式が主体となっており、本工事もアースドリル方式で計画がなされていた。しかし、実施に先立ち地盤を精査したところ、旧建物の地下の躯体や基礎杭がそのまま地中に残されていること、地下室の空間内に建物の取壊しがらなどが投棄されていることが判明した。

このような条件下で、基礎杭として場所打ち杭を施工するために、岩盤掘削はもとより地下障害物破碎が可能であり、かつコンパクトな BG 機が選定された。

BG 機は強力なトルクをもつ岩盤削孔機で、ロータリー式削孔とケーシング削孔が併用できる機能をもっている。特に超硬チップ付きティースの切削方式も不可能な  $q_u \geq 1,000 \text{kg/cm}^2$  の硬岩削孔については、ローラビットを用いた圧砕方式によるリングカット手法を容易にとり入れることができるシステ

ムをもっている。

この機能を利用し、地中に残された RC 床版を円形にリングカットして貫通し、所定の場所打ち杭を造成した。また、都心部ではビル建設工事に十分な占有地を確保することはむずかしいが、本例のような狭隘地でも施工することができた。

### 2. 工 事 概 要

工事場所など以下のとおりである。

工事名 L ビル新築工事に伴う場所打ち杭工事

場 所 東京都千代田区外神田 1 丁目地内

元請者 大成建設株式会社

施工者 日本基礎技術株式会社

工 期 平成 5 年 10 月 13 日～平成 5 年 11 月 24 日

図-1 は敷地内の寸法と機械の配置を示し、表-1 は主な工事数量、表-2 は主な使用機械の一覧表である。

### 3. 施 工

#### 3.1 施 工 状 況

敷地幅は道路反対側の敷地奥側では 4 m あまりしかなく、さらに隣接地（既存建物）と新設建物外

表-1 工事数量

杭 径 (mm)	削孔長 (m)	本数	杭実長 (m)	コンクリート量 ( $\text{m}^3$ )	障 害 物 深 度 (m)
1,400	29.0	3	22.35	113.0	GL: 0 ~ -9.5
1,300	29.0	1	22.35	31.8	〃
1,200	29.0	2	22.35	54.0	〃
1,100	29.0	2	22.35	50.5	〃
1,000	29.0	5	22.35	111.0	〃
計	377.0	13	290.55	360.3	—

\* IIDA Nobuo  
\*\* MATSUYAMA Yasuhiro  
\*\*\* MAEDA Osao

日本基礎技術(株) 技術本部 副部長  
同 上 課長代理  
パウアー・ジャパン(株) 取締役 営業部長

東京都渋谷区桜ヶ丘15-17  
同 上  
東京都港区南青山4-20-19 プレム南青山ビル

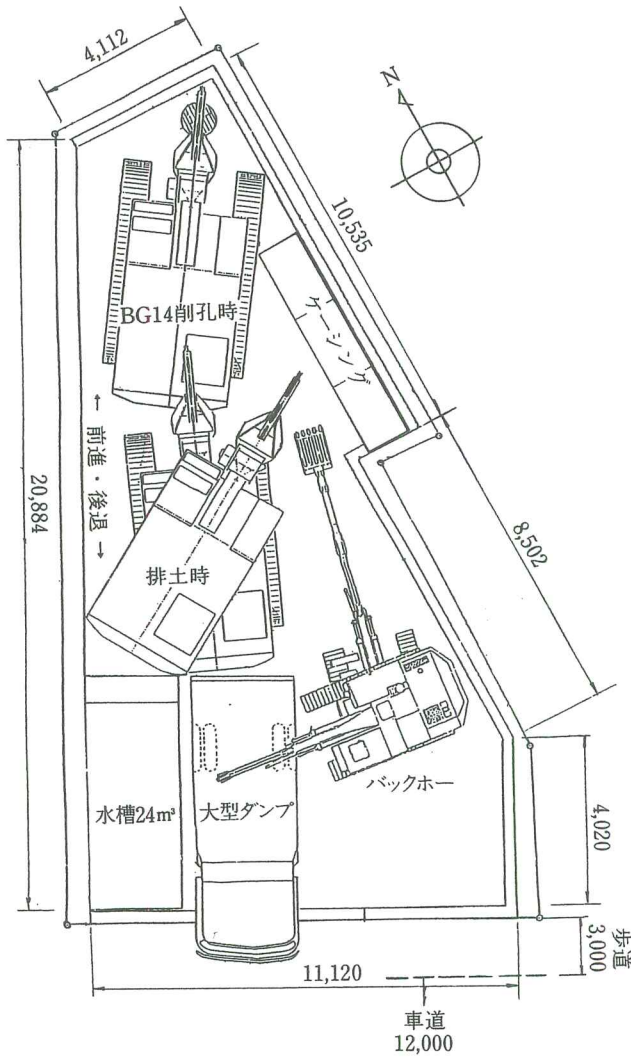


図-1 敷地と機械配置図

表-2 使用機械一覧表

名称	型式・能力・寸法	数量
大口徑削孔機	BG 14 290ps/2,000rpm	1
ケリーバー	テレスコープタイプ 3段/32m	1
ドレーテラー	φ1,300, φ1,500 l=1,500mm	2
ケーシング	φ1,300, φ1,500 l=1,000, 3,000mm	4×2
ケーシングシュウ	φ1,300~φ1,500 l=500mm	2
オーガー	φ1,000~φ1,400 l=1,500mm	5
バケツト	φ1,000~φ1,400 l=1,500mm	5
コアチューブ	φ1,000, φ1,400 l=1,500mm	2
バックホー	SKPC 100 0.4m³, 76ps	1
水 槽	24m³ 2m×2.4×6.2	1
〃	20m³ 2m×2.1×5.9	1
発 電 機	SDG 100S 80kVA, 107ps	1
サンドポンプ	100mm 11kW, 揚程15m	3
ジェットミキサー	100mm, 11kW	1
底浚いバケツト	φ1,000~φ1,400	5

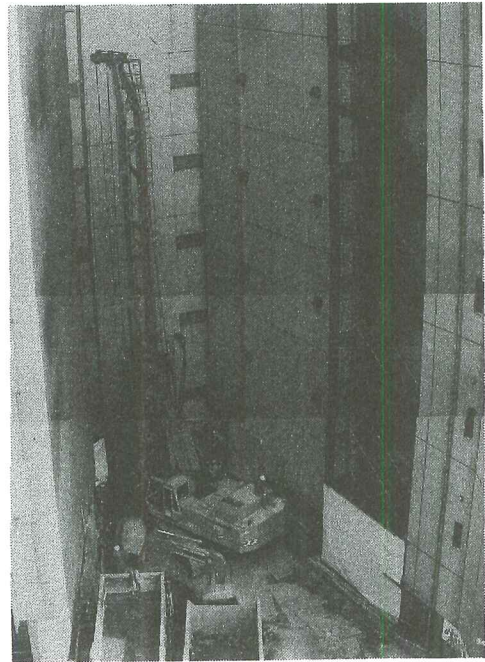


写真-1 ビル間の狭隘地で場所打ち杭  
施工中の BG 14

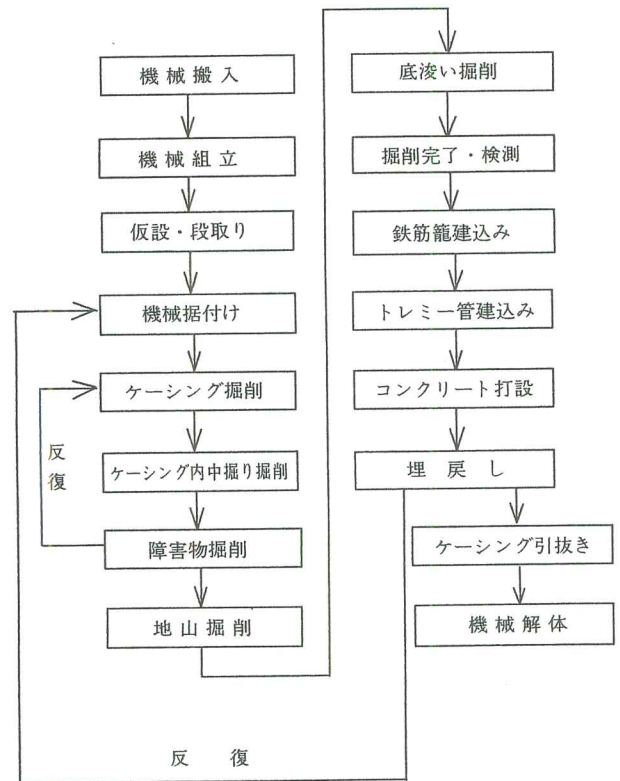


図-2 施工フローチャート

壁との間隔は、0.40~0.50mと狭隘（写真-1）であったので、図-1に示すような機械配置を基本とし、杭施工の進捗に伴い数度の機械配置替えを行った。図-2に、施工フローチャートを示す。

### 3.2 施工手順

#### 3.2.1 仮設段取り

BG 14は、本体と付属機械とに解体し、本体は45t

低床トレーラーで、付属機械およびツールスは20t  
フラットトレーラーと11tトラックにて搬入した。

組立・解体は35tラフタークレーンを使用し、上部マスト・付属機械を敷地内で組立てた。また、作業ヤードは全域鉄板養生を行った。

#### 3.2.2 削孔工

削孔はアースドリル方式で実施した。旧構造物のコンクリート躯体のあるところ（深度0～9.5m）までは、孔壁の崩壊を防止するためにケーシングを挿入し、中掘りはオーガー・ドリリングバケットを併用して削孔し、既存のコンクリート躯体は、オーガーによる破碎とコアチューブによるリングカットを繰り返した（写真-2、3参照）。

障害物（コンクリート躯体）を除去した後、安定液を孔内に満たし、粘土・礫混り細砂をドリリングバケットにより掘削した。図-3に施

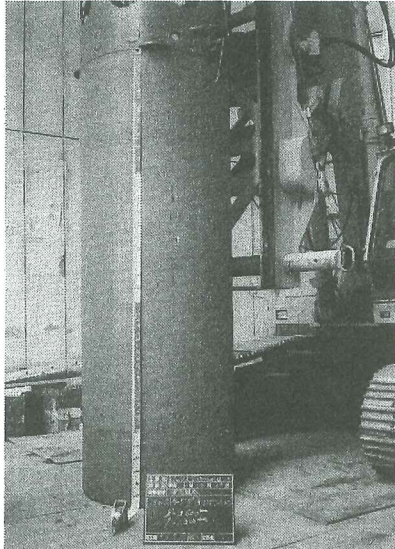


写真-2 地中障害物地下床版コンクリート掘削に用いたケーシングチューブ

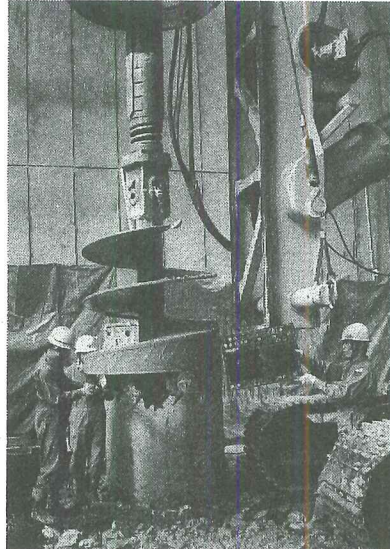


写真-3 障害物破碎に用いた岩盤用オーガー（SBF）

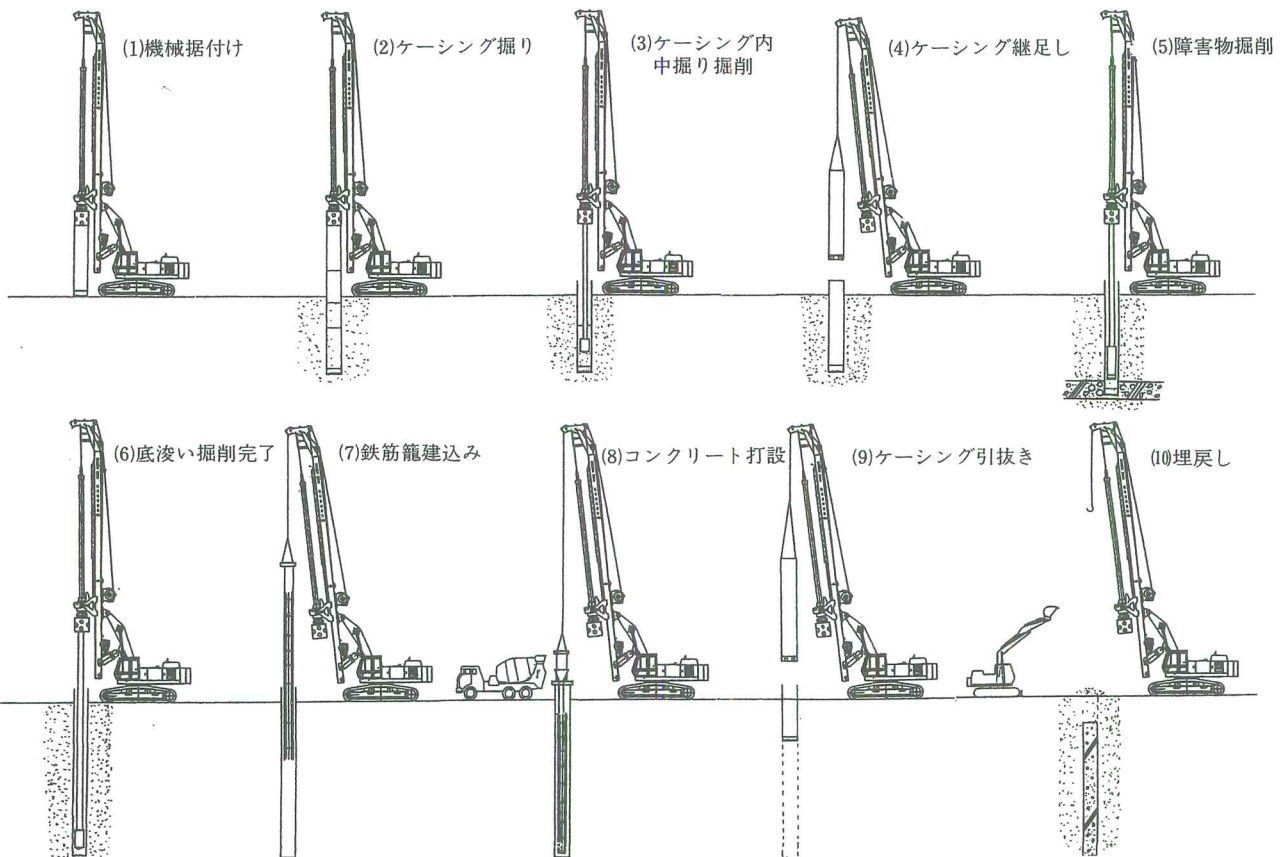


図-3 施工手順



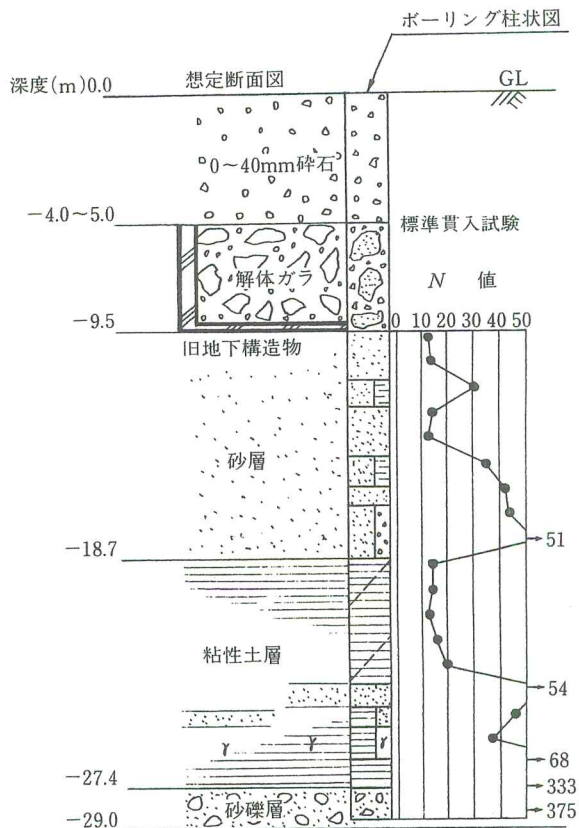


図-4 土質柱状図の1例

工手順を示す。

### 3.2.3 支持層確認

試験杭施工時にサンプリングを実施、事前調査の柱状図(図-4)との対比を行いながら支持層の位置を確認した。支持層への根入れを1m以上として掘削完了とした。

### 3.2.4 孔底処理

削孔完了後、底浚いを行い、沈殿待ち後、再び底浚いバケットでスライムを除去し、1次孔底処理を行った。

さらに、コンクリート打設直前にスライムが認められた場合は、ポンプリフトにより2次孔底処理を行った。

### 3.2.5 残土処理

掘削残土は石灰系固化剤で攪拌混合することにより、残土の水分を除き、0.2m<sup>3</sup>のショベルで11tダンプまたは4tダンプトラックに積込み、産業廃棄物として処理した。

### 3.2.6 鉄筋籠の建込み

鉄筋籠は場外の加工場で組立て、4tトラックで現場へ搬入し、BG 14の補助ウィンチにより挿入した(写真-4)。

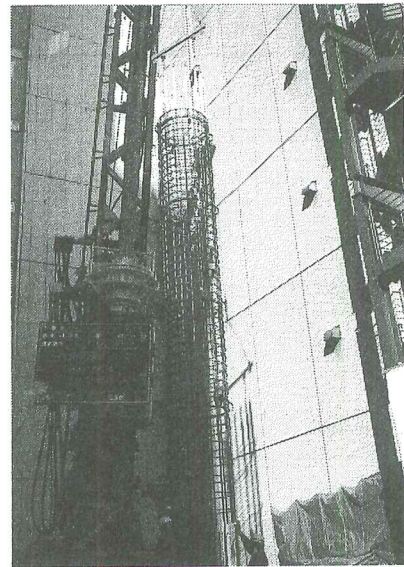


写真-4 BG 14補助ウィンチで建込み中の鉄筋籠

### 3.2.7 トレミー管の建込み

トレミー管は、φ250mmクイック式で孔底より0.2mの高さにセットし、最後にプランジャーを投入した。

### 3.2.8 コンクリート打設

コンクリートの打設は、ミキサー車(4.5m<sup>3</sup>)よりトレミーホッパーへ直接投入した。

打設中はトレミー管先端を常にコンクリート内に2m以上挿入された状態を確保し、打上がり状況を観察記録した。

### 3.2.9 埋戻し

コンクリート打設およびケーシング引抜き後、油圧ショベルで空掘り部を埋戻し、鉄板をかぶせ杭頭部を養生した。

## 4. 施工結果

工事実施工程表を表-3に示すが、予定より2日遅れた。杭径φ1,000mm~φ4,000mmとも、その掘削長(L)は29mで、杭1本当たり所要日数の平均は2~2.5日であった。もし障害物(コンクリート躯体)がなく、アースドリル方式のみで施工したとしたら、杭1本当たりの所要日数は1日であったと考えられる。

杭径と掘削時間との関係は、障害物区間を含めて杭径φ1,000mmを1とすると、φ1,100mmは1.02倍、φ1,200mmは1.04倍、φ1,300mmは1.08倍、φ1,400mmは1.13倍であった。

写真-5~7に、掘削して取出した障害物の1部

表-3 工事実施工程表

工 種	数量	日 程 (日)																																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
機械搬入出																																											
組立・解体	1式																																										
仮 設																																											
段取り工	1式																																										
杭造成工																																											
φ1,000～1,400mm	13本																																										

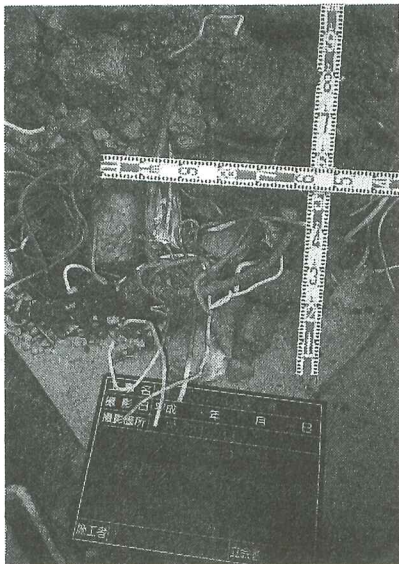


写真-5 地中障害物の旧地下躯体の掘削後、取出された鉄筋およびパイプ類

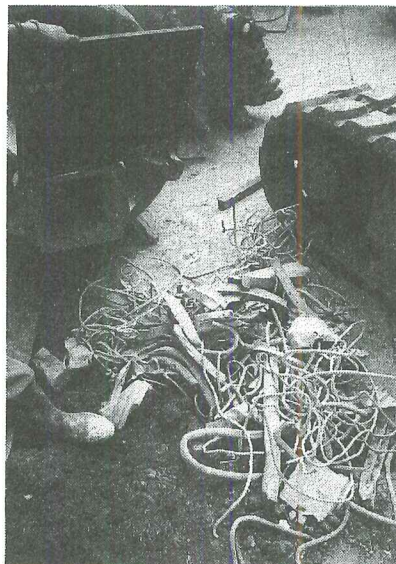


写真-6 障害物掘削完了後に採取された鉄筋・パイプ・鋼材（アンクル・チャンネル）類

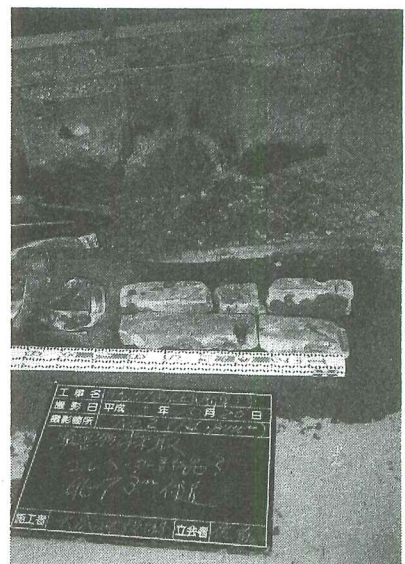


写真-7 旧ビルエレベーター用カウンターウエイトと思われる長さ65cmくらいの鉄片が採取される

分（掘削により壊されたコンクリート躯体の鉄筋またはその他の金属類）を示す。

### 5. あとがき

BG機は、オーガー方式、バケット方式はもとより、硬質地盤に対しては特殊ビットを装着したコアバーレルによるリングカット方式、あるいは大型ダウンザホールハンマーを用いたパーカッション方式など、掘削地盤に適合したツールを任意に装着することができるシステムをもつことが特徴である。

岩盤削孔については、1983年わが国へ導入以来の国内実績は、平成6年3月末現在で133件となっている。

これらのほとんどは、土木構造物の基礎や地すべ

り抑止杭などの山岳部工事に用いられてきたが、市街地や臨海地域においても、地中障害除去プレボーリングに应用されている。また、 $q_u=1,700\sim 2,000$  kg/cm<sup>2</sup>の硬岩への水中削孔の特殊工事例としては、専門誌<sup>1)2)</sup>にすでに述べられている。

なお、BG機を用いた場所打ち杭工事は、わが国への導入以来、すでに800件あまりの施工実績をもっているが、硬質地盤への適用性が特に高いことがわかった。

### 〔参考文献〕

- 1) 及川ほか：万能大口径削孔機による硬質基岩橋脚鋼管柱建込工，基礎工，1992. 10.
- 2) 山口ほか：万能大口径削孔機による硬質基岩橋脚鋼管杭建込工，土木技術，1992. 12.

# 基礎工

土木・建築基礎工事と機材の専門誌

## 特集

# 既存構造物の撤去と再利用

総括編集 澤田 一郎 委員

巻頭言	既存構造物の処理を通して新しい空間を	榎並 昭	1
総説	既存構造物の処理を伴う地下工事の設計施工上の注意点 (建築工事の場合)	掛川 伸一・大嶋 康文	2
総説	地中障害物の処理を伴う地下工事の事例と注意点 (土木工事の場合)	海野 隆哉	9
各論	地中構造物等調査方法の現状	鈴木 敬一	14
各論	既存杭撤去工法の現状－建築工事の場合－ .....	亀田 龍吉・岡沢 良昭・山下 純一	21
各論	既存構造物撤去を伴う山留め壁構築工法の現状	石井 貞美	30
各論	既存構造物の撤去に伴う場所打ち杭構築工法の現状	尾身 博明	36
各論	既存構造物撤去を伴う地下工事の現状 －解体・掘削・支保工架設・躯体構築－	坂庭 興一	42
報文	DNタワー21(第一・農中ビル)における既存地下室の処理 .....	宮本 洋一	52
報文	既存地下外壁を利用した近接山留め工事例	山崎 勉・松永 和久	59

## ◀ 今月の表紙 ▶

海上・ダム湖・河川・湖沼等あらゆる施工現場に対応!

## 「スーパーSEP<sup>せいと</sup>星都」

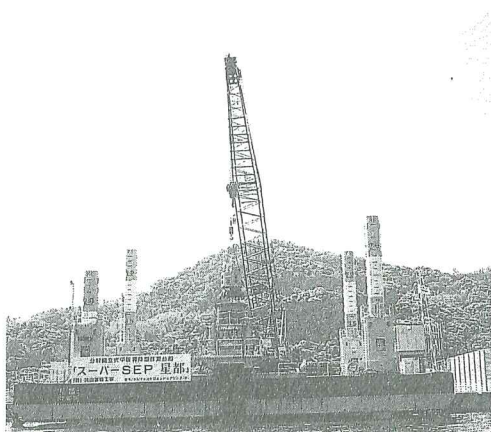
機動性と搭載規模を追求した『スーパーSEP星都』は、スーパートップ工法・SR/パイル工法をはじめとするYokoyamaの先端基礎施工技術と併せ、内外水面工事において大口径大深度掘削・鋼管矢板打設工・鋼管杭打設工・場所打ち工・置換掘削工・地盤改良工等あらゆるニーズにお応えできる次世代の多目的SEPです。

### 【特徴】

- ① 39個の小型フローター(縦33m×横21m×高さ2.6m)による組立構造であるため、陸送が可能になり、ダム湖・河川・湖沼等すみやかに重機用作業構台の確保ができる。
- ② 施工現場に最適な船体形状に組立てることができ、またレグの取付位置や本数も状況に合わせて選択できる。
- ③ 1600トンと従来のSEPに比べ2倍の昇降能力を持ち、最大深度23m・最大搭載荷重600トンが可能で、海洋工事においてφ3000mの大口径大深度掘削等大規模施工に対応できる。
- ④ 同型SEPを3隻建設するため、組み合わせによる大型SEPとしての使用も可能である。

＊お問い合わせ

【技術営業本部】 TEL:0790(82)2215  
FAX:0790(82)0209



●数千カ所の施工実績 / ●豊富な施工ノウハウ / ●業界随一の保有台数 /  
PRD-ROSE工法・スーパートップ工法・HCR工法・LIBRA工法・SR-パイル工法・PAL-SYSTEM工法・RCD工法・Ground Chimney工法  
**株式会社 横山基礎工事**  
本社：兵庫県佐用郡佐用町山脇501番地 TEL:0790(82)2215  
営業所：大阪/東京/名古屋/九州/沖縄/神戸/広島/四国/仙台/北陸/長野

報文	既存建屋地下外壁を利用した山留め工事 .....二宮 健樹・松尾 利昭・武井 良太	64
報文	既存の地下構造物を利用した工事例 .....高橋 和博・田中 智明・小林 孝道 ・白田 淳一・加藤 千博	69
報文	既存構造物上のメガトラス構築例.....井上 晴久	76
報文	阪急ファイブにおける既存杭・地下構造体の再利用 .....木林 長仁・河野 隆史	82
報文	既存構造物撤去を伴う地下鉄工事 -甲陽ビルアンダーピニングおよび丸ノ内線西新宿駅設置工事- .....式部 陟・乙高 敬一・中田 定男	87
報文	既存地下駐車場撤去を伴う大規模地下街の構築 -大阪市地下鉄7号線12工区- .....福田 宏之・荒井 康博・長田 謙二・新井 栄作	94
報文	既存構造物撤去を伴うケーソン工事例(橋梁基礎) .....石井 通夫・木村 明弘・鶴見 健二	101
報文	ニューマチックケーソン工法による 地下室のリニューアル工事例.....海老名 行男・助野 真人	106
報文	鶴見つばさ橋における大口径鋼管杭の撤去事例 .....小笠原 政文・牧田 篤弘	112

◆平成8年度「地盤工学会賞」受賞者と受賞業績 20

◆新機種紹介 分解式杭打機/エスパイラーなど3社 118

◆新刊紹介 「羽田空港物語-極限に挑んだ技術者たち-」 29

# 全天候型マルチテント

現場の(環境改善)と(工期短縮)を実現。



丸藤シートパイル株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町1-6-5(ツカモトビル) ☎03(3242)7641

# 各 論

## 既存杭撤去工法の現状

### — 建築工事の場合 —

亀田 龍吉\* 岡沢 良昭\*\* 山下 純一\*\*\*

#### 1. はじめに

最近、既存杭の撤去工事を伴う建築計画が増えて  
いる。一般に既存杭の撤去工事は、検討・考慮す  
べき事項が多く、しかも他工事と複雑に絡み合い、近  
隣に与える影響も少なくない。しかしながら発注  
者・設計者・施工者は、不確定要素が多いためか、  
既存杭の扱いを軽視もしくは後まわしにする傾向が  
ある。撤去に安易な工法選択をして、結果的にさま  
ざまな問題を生じさせている場合が多い。また、既  
存杭の撤去について、他工事との関係も含めて、そ  
のとらえ方を扱った文献は意外と少ない。

そこで本稿では、建築工事における既存杭の撤去  
工法について、現状（種類・特徴・分類）、工法選  
定のための前提条件および要素、事前調査の重要性、  
施工計画上の留意点について述べ、次に最近の既存  
杭の撤去工法の傾向と今後の課題について述べるこ  
とにより、既存杭の撤去工法についての若干の考え  
方・とらえ方・あり方を示すこととする。

#### 2. 既存杭について

##### 2.1 既存杭のとらえ方

###### 2.1.1 計画建物との関係

既存杭や地下構造物のある敷地内に新築建物を計  
画する場合、これらの無い場合に計画するのに比べ、  
解決すべき施工上の問題点が多い。

既存建物が新築建物より小さく、解体・埋戻しの  
後に新築できる場合は問題ない。しかし、多くの既  
存建物は敷地一杯に建てられており、新築工事の施  
工計画は既存構造物の撤去を絡めて立てる必要があ

る（図-1参照）。

特に既存杭が新築建物の杭や山留め壁に干渉する  
場合は、既存杭を破碎しなければならず、大がかり  
な施工設備を必要とし、工期・コストに莫大な影響  
を与える。

###### 2.1.2 既存杭の再使用の可能性

既存杭の撤去方法には、大きく分けて引抜きと破

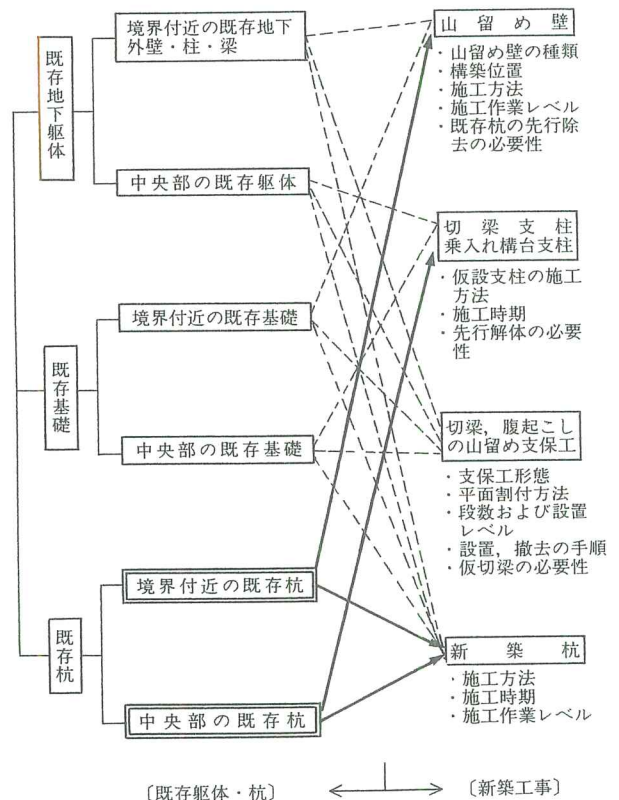


図-1 各部位別の除去工事に関わる新築工事  
施工計画上の関連事項<sup>1)2)</sup>

\* KAMEDA Ryūichi 大成建設(株) 東京支店 建築部 工事計画室 課長  
\*\* OKAZA WA Yoshiaki 同 上  
\*\*\* YAMASHITA Jun-ichi 同 上

砕がある。一般に、既存杭は長年の間に地盤に固着安定し、その引抜きには大きな引抜き力が必要であり、場合によっては杭自身の破壊で引抜き困難な状況になることもある。

また、破碎による杭の撤去は、設備が大がかりになり、しかも引抜きと同様に安定した地盤を緩め、周辺地盤の沈下や崩壊を招く危険性もある。

そこで既存杭を再使用することによって、新築杭の本数を低減させたり、なくすことが考えられる。

しかし、旧構造基準で設計した杭は、耐力や強度が不足し、構造評定・載荷試験の実施等、その採用はきびしく制限される。また、施工後、さまざまな劣化要因、経年変化による強度の低下、施工記録による杭性能の確認のむずかしさなど、再使用は困難な場合が多い。

したがって、既存杭が新築工事の杭・山留め・土工事などに支障がある場合、既存杭を撤去することになる。

今後、騒音・振動などの公害防止、資源の再利用、ライフサイクルコストの観点から、既存杭の再使用を検討することが肝要であろう。

### 2.1.3 既存杭の種類と特徴

既存杭は、施工技術の向上、建設工事の機械化、

表-1 建築工事における杭の変遷

木 杭	→既製コンクリート杭	→場所打ち RC 杭
群 杭	→単杭	
1 本杭	→継杭, 1 本杭	
直 杭	→拡底杭, 拡頭杭	
杭径小	→杭径大	
杭長短	→杭長長	

表-2 建築工事における杭の変遷<sup>2)</sup>

西 暦		1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	
年 号				明 治	20	30	40	大 正	10	20	昭 和	30	40	50	60	平 成	10
関連事項		明治維新				関東大震災			第二次世界大戦			東京 オリンピック ('48'53)		オイルショック 基本計画 公害対策基本法(騒音・振動規制法)			
杭の種類	松 杭	→															
	既 製 杭					角杭			RC杭			PC杭・HC杭・SC杭					
	場所打ち杭					コンプレッソル杭・ベダスタル杭・深礎・ベノト杭・アースドリル杭・地中連続壁杭・拡底杭											
施工方法		パイルエンジン				ディーゼルハンマー 中掘り工法・回転根留め 地中連続壁工法 セメントミルク・プレーボーリング 大深度											

法規上の規制強化などの影響を受け、その材質・杭径・仕様・施工方法などが変化してきている。杭の種類も、明治時代の松杭、大正時代のコンプレッソル杭、ベダスタル杭、昭和に入り PC 杭、SC 杭、HC 杭、深礎、アースドリル杭、ベノト杭、リバーズ杭へと変遷した。

また、建築物の高層化・大深度化・多様化とともに、撤去の対象となる杭も年々大型化・大深度化している。したがって、撤去工事もますます複雑・大規模化する傾向がある (表-1, 2 参照)。

## 2.2 既存杭の撤去

### 2.2.1 撤去工事の前提条件

既存杭の撤去工事が近接構築物・周辺地盤などに与える影響は大きく、特に工法選定のまずきは、工事の安全性・確実性・経済性・迅速性を大きく損なうことになる。

そこで、既存杭撤去工事では以下の点に留意し、工事を進めるべきである。

- ・周辺地盤への影響を小さくする
- ・騒音・振動をなるべく発生させない
- ・安全な施工方法にする
- ・経験・勘に頼らない
- ・事前調査を十分に行う
- ・敷地形状を考慮する

たとえば、調査が不十分で経験と勘に頼ったり、コスト・工期を重視するあまり安易な工法を選定すれば、結果的に工事が途中で止まったり、施工機械を入れ替えたり、設計見直しなど、コスト・工期に多大な悪影響を及ぼす。また、既存杭の撤去は不確定要素が多く、発注者も設計者も簡単に考えたり後まわしにし、予算措置も工期も不十分となることが

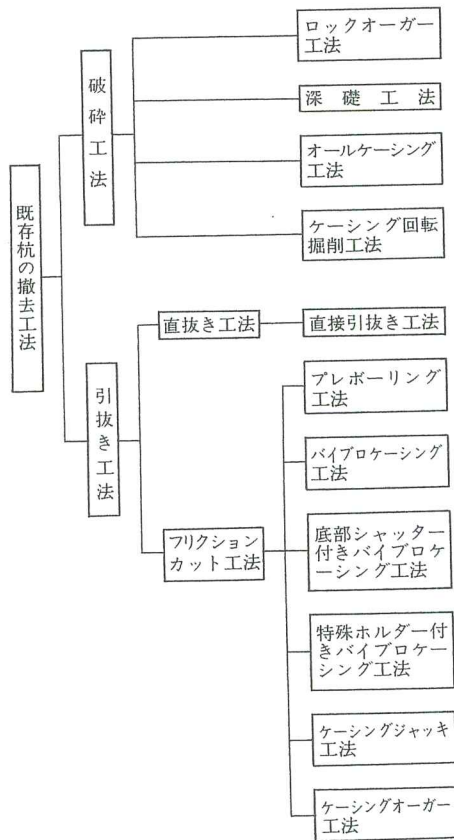


図-2 既存杭の撤去工法<sup>2)</sup>

多い。

2.2.2 撤去工法の分類

既存杭の撤去工法は、杭を破砕する工法と引抜く工法があり、諸条件を考慮して工法を選定すべきである(図-2, 表-3参照)。

2.2.3 撤去計画

1) 工法選定の留意事項

既存杭の撤去工事は、地下工事や周辺建物、地盤等へ与える影響が大きく、撤去計画は工事の安全性・経済性・工期を左右する。工法の選定については、以下のことに留意して行わなくてはならない。

- ・適切な作業手順
- ・有効な機械配置・作業空間
- ・安全な施工方法
- ・適切な作業地盤とそのレベル
- ・施工時期、タイミング
- ・他工事との並行作業の可能性
- ・正確な工事歩掛りの把握と工程検討
- ・計測管理計画および評価方法
- ・撤去後引続き新設杭・山留め壁施工の可能性

2) 工法選定の要素および調査項目

工法選定の留意事項を検討するためには、既存建物や近接構築物等の事前調査が必要である。調査

表-3 既存杭の撤去工法の概要と特徴<sup>3)</sup>

	概 要	特 徴
ロックオーガー工法	ガン・パイル工法の一つで、岩盤への杭の打込み工法として発達してきた工法を、杭の破砕工法として利用したもので、コンクリートの破砕削孔を可能にすべく改良されたものである。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・破砕した破片を完全には搬出できない。</li> <li>・鋼管杭は不適。</li> </ul>
オールケーシング工法 (ベント工法)	従来からあるベント工法を利用したもので、杭頭にケーシングチューブをセットする。杭頭を出してからハンマーグラブ、または特殊シェルを使って杭体を破砕する。破砕片はハンマーグラブで排出。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的太径のコンクリート杭、長い杭の場合は困難を伴う。</li> <li>・本体工事がベント工法の場合は、引続いて機械・機具が使用できるのでメリットがあるが、単独使用の場合は割高となる。</li> <li>・鋼管杭は不適。</li> </ul>
ケーシング回転掘削工法	回転するケーシングの先端に取付けた特殊刃先で障害物を削孔し、解体した障害物はハンマーグラブ、オーガー、バケットにより小割にして地上に搬出する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解体できる杭径は通常2,000まで。</li> <li>・杭穴の位置は、ケーシングドライバーの設置位置により制限を受ける。</li> <li>・同一機械で新築杭を打設できればメリットはあるが、単独使用では割高となる。</li> </ul>
直接引抜き工法	既存杭の杭頭を出し、これにワイヤー、チャッキング等を用いるなどしてクレーンで引抜き工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単杭の引抜きには向くが継杭(柄式)には向かない。</li> <li>・パイプロ使用時に振動が発生する。</li> </ul>
プレボーリング工法	既存杭の周囲をアースオーガーで数本プレボーリングをし、フリクションカットをした後、ワイヤーを用いるなどして杭をクレーンで引抜く工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単杭の引抜きには向くが継杭(柄式)には向かない。</li> <li>・プレボーリング箇所が比較的多くなるため、経済性について有利とはいえない。</li> </ul>
ケーシングオーガー工法	ケーシング先端に刃がついた特殊ケーシングで既存杭周囲をスパイラルオーガーし、フリクションを切る。2本のワイヤーを杭に固定し、ケーシングを引抜きワイヤーを吊上げて引抜く工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・継杭への適用に問題がある(特に松杭は不可)。</li> </ul>

パイプロを使用する工法は振動を発生させるため、市街地ではほとんど採用されないため省略した。

の項目を表-4に示す。これらをもとに新旧躯体の重ね合わせ図（平面および断面）を作成し、躯体の位置関係、敷地境界との位置関係、躯体強度など、施工に関わる事項を明確にし、解体工事・杭工事・山留め工事・土工事などを絡めて、施工計画を総合的に検討しなければならない。

### 3) 撤去工事作業床の考え方

施工時の作業床は、工法選定上重要なポイントである。作業床のレベル・位置・仕様は、工事全体の手順や方法、採用する山留め方式、既存杭の撤去工法に影響を与える。表-5に、作業床と施工計画上の留意点を示す。

## 3. 最近の既存杭撤去工法の傾向と今後の課題

### 3.1 最近の既存杭撤去工法の背景

最近の市街地での建築工事は、敷地が狭隘で不整形のものが多い。また、既存建物の機能を生かしながら解体・新築を繰返す近接工事も増えている。さらに、既存地下よりも床面積を広くしたい、今の経済情勢からもコストを極力押さえたいといった発注者の要求も増大している。そういったことで、設計・施工上にさまざまな制約が生じてきているのが現状である。

一方、建設工事の行われる周辺的生活環境の保全と維持のため、工事に伴う騒音・振動および建設副産物に対し、法規上の規制の強化、権利意識の高まりなど、工事に対する制約も複雑化・高度化している。したがって、既存杭の扱いは設計者・施工者が常日頃頭を悩ますところであり、逆に技術力を真に発揮できる分野であるともいえる。

### 3.2 最近の既存杭撤去工法について

いろいろな既存杭撤去工法のうち、どの工法を採用するかは、杭種・杭径・杭長・敷地条件などを考慮し、十分な検討が必要である。

ここでは、3.1に述べた背景を踏まえた特色のある最近の撤去工法について数例を紹介する。

#### 3.2.1 狭隘な敷地での既存杭撤去

##### 1) モンロー型ロック工法

###### (i) 概要

この工法は、簡単にいえばベースマシンがラフテレンクレーンのロックオーガー工法である。

###### (ii) 特徴・施工性

・ロックオーガーの組立・解体がベースマシンだけでできる。相番重機がなくても施工が可能である

表-4 既存杭撤去のための調査項目

調査項目	検討項目
既存建物の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造、規模、深さ</li> <li>・基礎形式、杭の種類、本数、位置、長さ</li> <li>・部材断面、配筋状況、コンクリート強度</li> <li>・施工時期、施工方法、経年劣化の程度、経歴</li> <li>・設計図書と実際の照合（実測、コア抜き、試掘など）</li> <li>・施工図、施工報告書</li> <li>・設備配管その他残存危険物</li> </ul>
敷地の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地面積、形状、高低</li> <li>・建物の配置、境界線との位置関係、地下外壁周辺の障害物</li> <li>・地盤の性状、地下水の有無</li> <li>・敷地内埋設物の種類、形状、位置など</li> <li>・道路内埋設物の種類、形状、位置など</li> <li>・隣接構造物の位置、構造、基礎形式、老朽度など</li> <li>・敷地近辺での過去の実施例</li> <li>・架空電線</li> <li>・交通規制、交通量</li> </ul>
周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地周辺の居住者、公共施設および特殊用途建物</li> <li>・周辺道路の構造、交通状況、交通規制</li> <li>・周辺の暗騒音、振動など</li> <li>・関連法規、各種規制など</li> <li>・気象</li> </ul>
新築工事との関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>・配置、平面、断面、基礎</li> <li>・地下外壁の位置</li> <li>・杭の位置</li> <li>・山留め壁、切梁、構台など仮設物の配置</li> <li>・新築一既存重ね合わせ図</li> </ul>
発生材の処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生材の種類、量</li> <li>・発生材の収集、運搬、処理の方法</li> </ul>
施工設備ほか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業スペース</li> <li>・機器のレイアウト</li> <li>・作業床のレベル・種類（既存躯体・埋戻し土・全面覆工）</li> <li>・施工方法・手順</li> </ul>

（図-3参照）。

- ・ロックオーガーの組立・解体スペースが小さくすむ（図-4参照）。
- ・ベースマシンの移動が必要最小限ですむ。
- ・隣地境界線からの離れを図-5に、最大削孔長・破砕能力を表-6に示す。
- ・山留め壁の施工が既存杭撤去と同時にできる。
- ・破砕能力が小さいので、地下構築物がSRC構造の場合は困難である。
- ・ベースマシンのアウトリガー反力が大きめになるので、作業床の慎重な検討が必要である。
- ・深さ10mくらいまでの撤去に適する。

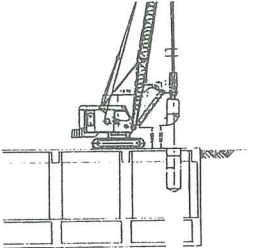
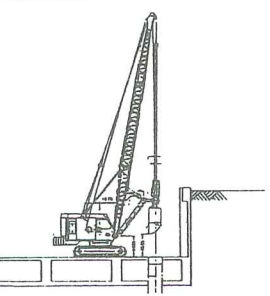
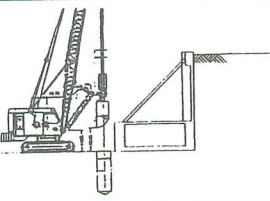
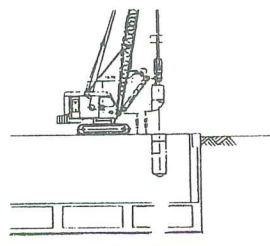
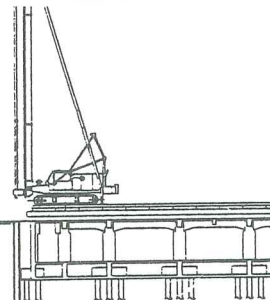
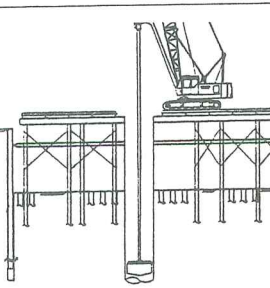
##### 2) BG工法（BG7）

###### (i) 概要

この工法は、種々のケーシング回転掘削工法の一つであり、ここでは特にベースマシンが、クローラ式で小型のもの（BG7）を取り上げる（図-



表-5 作業床別の施工計画上の留意点<sup>2)</sup>

	施工重機設置レベル	施工計画上の留意点
1. 既存建物の1F床		<ul style="list-style-type: none"> <li>・新設杭の配置は既存柱・地下外壁・既存杭の位置を避ける。杭偏心による増加応力は基礎スラブの断面、配筋を増加することで解決する。</li> <li>・既存躯体を部分解体（穴あけ）するため、新設杭の本数を極力少なくする。</li> <li>・1Fスラブ、梁は必要に応じて強力サポートなどで補強を行うが、大型重機を使用したり、ケーシング引抜きによって大きな反力をかける場合は不向きである。</li> <li>・狭隘な敷地での施工には採用されることが多い。</li> </ul>
2. 既存建物の基礎底盤		<ul style="list-style-type: none"> <li>・杭配置については、既存地下柱割に対しては比較的自由であるが既存杭は避けた方がよい。</li> <li>・このケースは以下の場合によく採用される。 重機などが基礎底盤まで下りられる仮設斜路を、計画できるような大面積の場合。 既存地下外壁や山留め壁が自立する場合や、外周斜め切梁程度で山留めが可能な場合。</li> <li>・特に新設杭の種類に制限はないが、大型重機を使用する場合は、重機の振動などで山留め壁の変形を大きくする危険性がある。</li> <li>・山留め壁を構築する場合、重機設置面と背面地盤面とのレベル差を考慮する。</li> </ul>
3. 床付け地盤		<ul style="list-style-type: none"> <li>・新築建物が既存建物の床付け地盤より深い場合は、杭配置については自由になる。 新設杭工法は深礎工法を採用する場合が多い。</li> <li>・最下段切梁と床付け間との距離がある場合や、地盤アンカーを採用した場合は、2.に示したような斜路を用いれば他の工法を採用できる。</li> <li>・山留め壁を構築する場合、重機設置面と背面地盤面とのレベル差を考慮する。</li> </ul>
4. 埋戻し地下盤躯体除去		<ul style="list-style-type: none"> <li>・杭配置については、既存地下柱割に対しては自由であり、既存杭は重複する部分のみを先行除去すれば自由となる。</li> <li>・埋戻し地盤上での大型重機作業となるため、埋戻し土の締固め方法や仮設道路の仕様を考慮したり、場合によっては地盤改良などを施す必要がある。</li> <li>・埋戻し土の崩壊や逸水などの心配があるため、杭工法についてはケーシングを利用する工法が望ましい。</li> <li>・埋戻しとその掘削に工期・コストがかかる。ただし、トータル的に考える必要がある。</li> </ul>
5. 置構台		<ul style="list-style-type: none"> <li>・新設杭の配置は既存柱、地下外壁、既存杭の位置を避ける。</li> <li>・既存躯体を部分解体（穴あけ）するため、新設杭の本数を極力少なくする。</li> <li>・1Fスラブ、梁は必要に応じて強力サポートなどで補強を行うが、大型重機を使用したり、ケーシング引抜きにより大きな反力をかける場合は、部材が大きくなり不経済である。</li> <li>・狭隘な敷地での施工に採用されることが多い。</li> <li>・GLレベルより構台が高くなるので、スロープ等通路を確保する。</li> <li>・構台は山留め・杭施工にしか利用できない。解体・本工事では、別に構台を計画しなければならない。</li> </ul>
6. 全面構台		<ul style="list-style-type: none"> <li>・構台上より既存杭を撤去後、新設杭を打設するので杭配置は比較的自由である。</li> <li>・構台杭は既存の杭・柱・外壁を避ける。</li> <li>・構台補強により大型重機の使用が可能である。</li> <li>・施工時、構台の盛替え、一部撤去が生じる場合が多い。</li> <li>・構台の設置期間が長くなる傾向がある。</li> </ul>

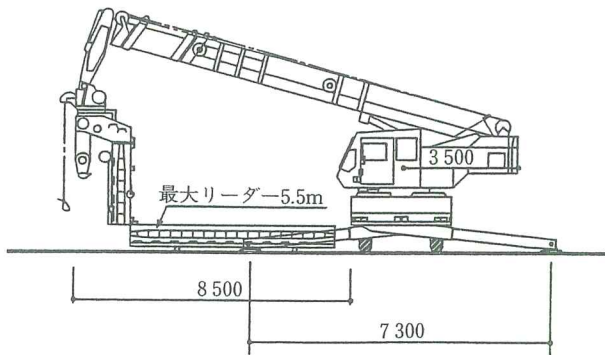


図-3 モンロー型ロック工法組立・解体図

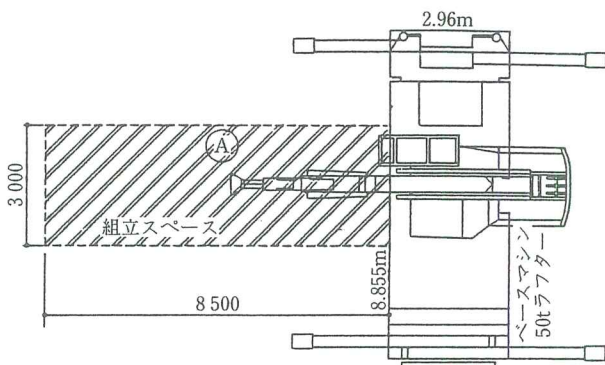


図-4 モンロー型ロック工法組立・解体スペース

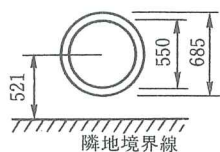


図-5 隣地境界線からの離れ

表-6 モンロー型ロック工法仕様

ベースマシン	モンロー型杭打ち機
最大削孔長	10.50m
破砕径	φ685mm

表-7 BG 7仕様

機 種		BG 7
ロータリーバ	最大トルク	7.0tfm
ワーヘッド	最高回転数	40rpm
	ノークーシング	φ1,300mm
最大削孔径	オールクーシング	φ1,000mm
	標準ケリー	18m
削孔深度	延長ケリー	24m
	引抜き力	15tf
フィード	押込み力	15tf
	速度	20m/min

6 参照)。

(ii) 特徴・施工性

- アタッチメントを変えることで、撤去対象物に合わせて適切に対応できる。
- リーダーの高さを低くして施工できるので、高さ制限がある場合や転倒防止に対し、有利(図-7

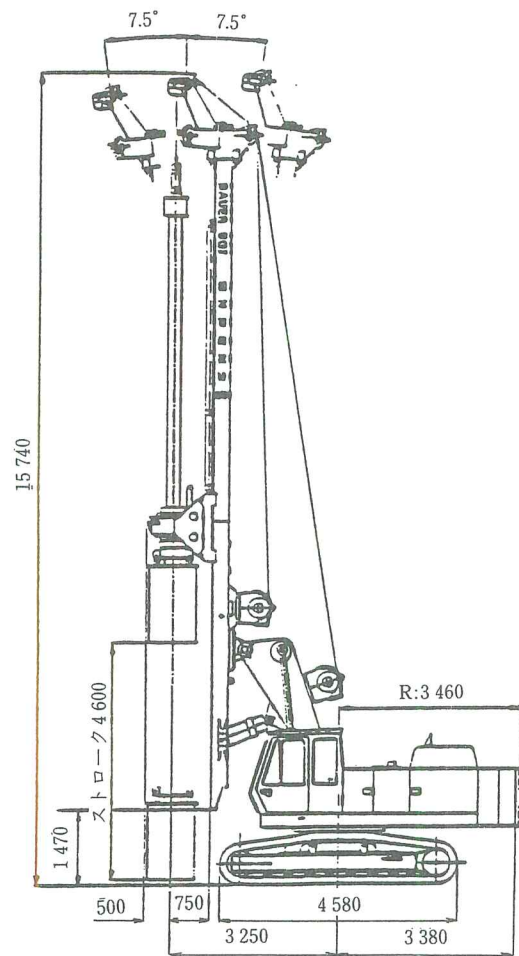


図-6 BG 7 姿図

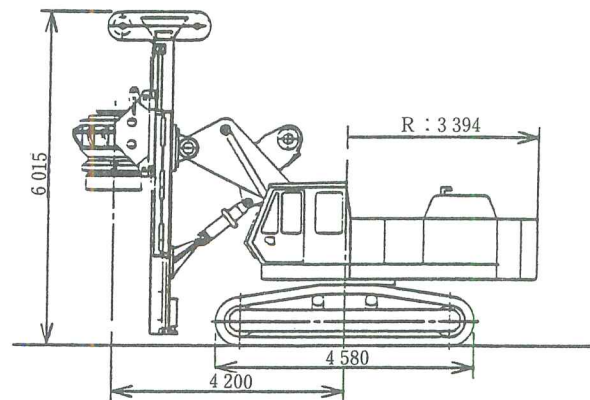


図-7 BG 7-5.5m ショートマスト姿図

参照)である。

- 隣地境界線からの離れが小さくてすむ。
- 掘削深さ、掘削径等を表-7に示す。
- クローラ式なので接地圧が比較的小さくてすむ。
- リーダーのセットには相番クレーンが必要。
- 撤去に引続き新設杭施工の場合は、コストの検討を要す。

3) ミニ・ロダム工法

(i) 概要

この工法は、基本的には既存杭の引抜き工法の一つであり、ベースマシンは小型のクローラ式で油圧ブームタイプを使用する。施工手順は、ベースマシンの油圧を利用したケーシングの全旋回により既存杭の縁切りをした後、ワイヤーにて引抜く。次に、ケーシング内を土などで埋戻すことにより、周辺地盤の沈下を防ぐものである。

(ii) 特徴・施工性

- ・敷地境界線からの離れは最小約900mm (図-8 参照), 仕様を表-8 に示す。
- ・ケーシングを継ぐことにより, 引抜き力を確保できれば杭長30m くらいまでは可能である。
- ・杭径は300~600mm くらい, 既製杭・RC 杭に適する。
- ・撤去に引続き新設杭を施工するのは, 杭芯と杭径との条件が合えば可能である。

3.2.2 市街地での太径既存杭撤去

1) ケーシング回転掘削

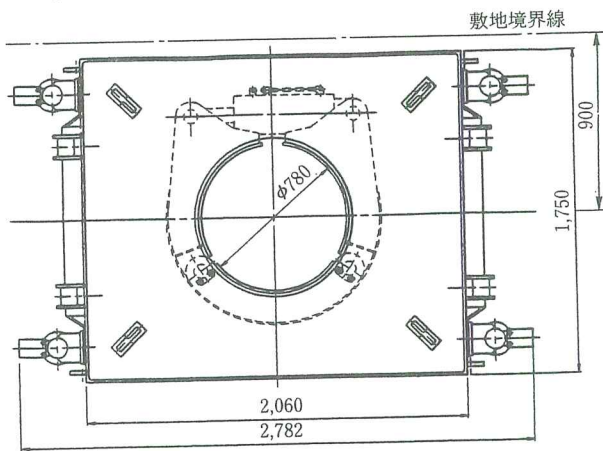


図-8 ミニ・ロダム工法回転式圧入機

表-8 ミニ・ロダム工法仕様

掘削口径	φ800
ケーシング回転トルク	max13t-m
ケーシング回転数	max5.4rpm
引抜き力	42t
引抜きストローク	0.5m
押込み力	25t
掘削装置重量	約6.5t
寸法	2,782L×1,750W×1,675H
重量	約6.5t

(i) 概要

この工法は、回転するケーシングの先端に取り付けた特殊刃先で既存杭を破碎し、ハンマングラブ等で地上に搬出するものである。CD工法、ソーマススーパードリル工法、スーパートップ工法、MTR工法など多くの種類がある。例として、ここではCD工法をあげる(図-9参照)。

(ii) 特徴・施工性 (CD工法)

- ・特殊径を除き, 一般的には径は2,000mm 以内。
- ・最近では, 同じ方向に回転させる全周回転が開発さ

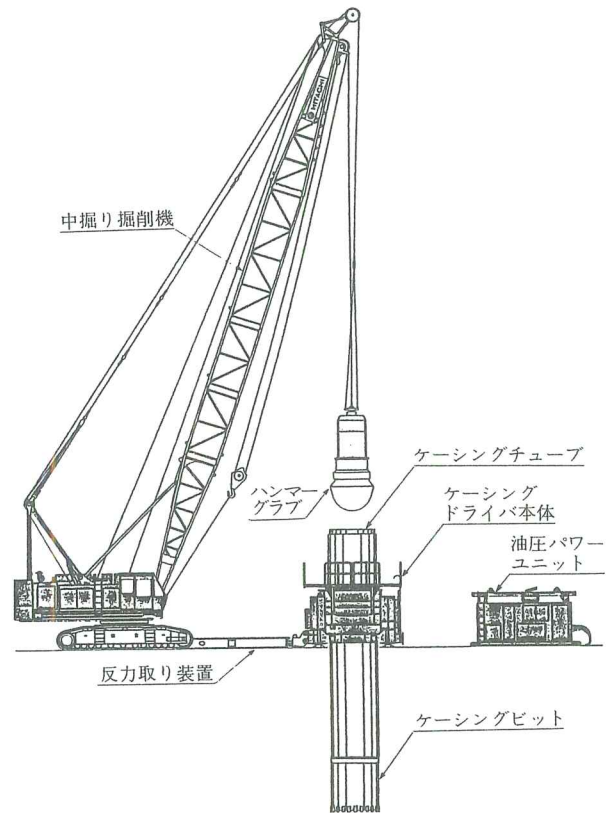


図-9 CD工法姿図

表-9 CD工法 ケーシングドライバ本体仕様

型 式		CD1500	CD2000
適用ケーシング型(mm)	スパーサなし	φ1,500	φ2,000
	スパーサ使用	最小 φ1,000	
ケーシングドライバ本体	押込み力 (t)	26.5	30.5
	引抜き力 (t)	166	217
ケーシング回転力 (tf・m)	正逆転とも 0~130	正逆転とも	低速 0~166 高速 0~83
ケーシング回転数 (rpm)	0~1.2	低速 0~1.0 高速 0~1.9	
押込みシリンダストローク (mm)		500	
ジャッキシリンダストローク (mm)		200	
重量 (スパーサ含まず) (t)		26.5	30.5

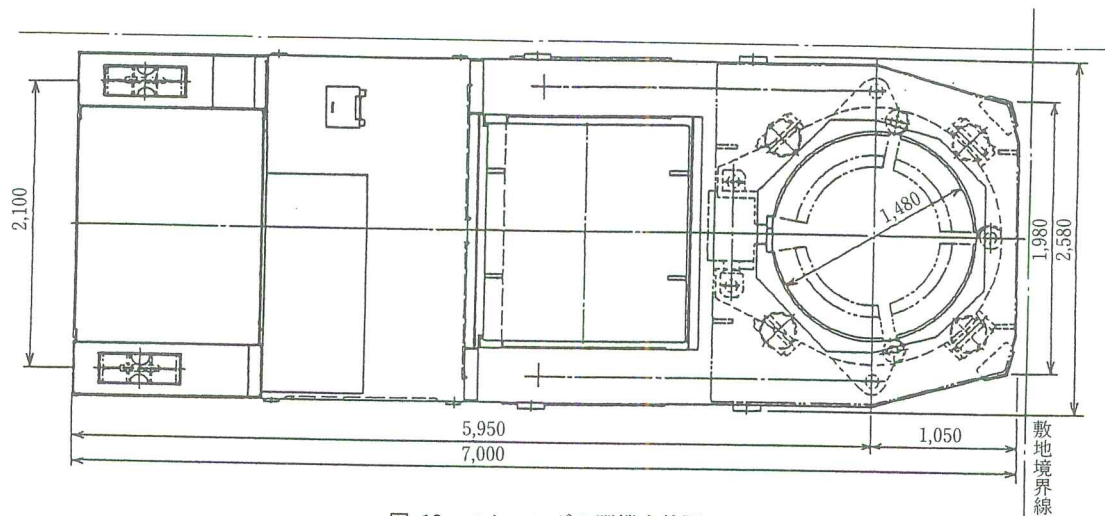


図-10 ストロング3型機本体図

れ、揺動式より破碎力が強力になっている。

- ・鉄骨を撤去できる。
- ・回転式圧入機と油圧パワーユニットとを切離し、定置式で反力取り装置をコンパクトにすることによって、分解・組立・輸送を容易にし作業効率を上げる。
- ・オペレーターの注意深い操作で、騒音に対してはかなりの低減を図れる。
- ・ケーシングビットに内歯カッターを取り付けることで、ハンマグラブの高い位置からの自由降下をなくし、振動の低減を図れる。
- ・敷地境界から掘削中心までは、機種にもよるが2,150mm程度必要である。
- ・仕様を表-9に示す。

## 2) ベント工法改良型 (ストロング)

### (i) 概要

この工法は、オールケーシング工法よりコーナーや壁際などの寄りつきが有利になるよう、掘削機本体の端部にケーシングをセットできるようにしたものである (図-10参照)。

### (ii) 特徴・施工性

- ・杭径1,500mmの場合、コーナーで1,200mm程度、境界から1,050mm程度を削孔芯にできる。
- ・既存杭撤去後、引続き新設杭の施工ができる。
- ・床付き後でも、山留め壁際や山留め支保工の下での施工が可能である。
- ・揺動式なので、CD工法などに比べ鉄骨の撤去は能力的に劣る。
- ・仕様を表-10に示す。

## 3.3 今後の既存杭撤去工法の課題

今後の技術開発や研究の対象として、次のような

表-10 ストロング3型機仕様

全	長	作業時	7,000mm
		輸送時	7,000mm
全	高	作業時	3,120mm
		輸送時	2,630mm
全	幅	作業時	2,580mm
		輸送時	2,580mm
重		量	約20t
ケーシング		締付け径	1,480mm(最大)
ケーシング		揺動角	16°
ケーシング		上下動ストローク	500mm
ケーシング	締付け力	常用	86t
		最大	108t
ケーシング	揺動モーメント	常用	160t-m
		最大	200t-m
ケーシング	引抜き力	常用	140t
		最大	175t
ケーシング	シリンダ力	常用	176t
		最大	220t
押込み力	50tウエイト使用時		50t

ものが望まれる。

- ・ケーシング回転掘削型で、揺動タイプではない同一方向旋回タイプで掘削機本体の削孔芯を偏芯させたもの。
- ・法規制などに適合した火薬・化学薬品による杭の補助的破壊方法。
- ・相反するが、撤去機械の小型化と削孔能力の向上。
- ・より低騒音・低振動型の機械。

## 4. まとめ

既存杭の撤去を伴う建築計画は、土地の有効利用

を意図した再開発、社会基盤施設の拡充および既存建物の質の向上を目指すことにより、今後ますます増えると考えられる。このような情勢から既存杭・地中障害物の撤去をどうしていくべきか、どうあるべきかを真剣に考える時期にきている。

解体工事は、

- ・コストの面から、解体はできるだけ少なくしたい。
  - ・騒音・振動等の環境面から、解体はできるだけ少なくしたい。
  - ・地球環境保護の面から、産業廃棄物はできるだけ出さない。
  - ・工期の面から、解体は余分な仕事なのでやらない。
- というとらえ方が多い。

さらに今後は、

- ・将来的視野から、後世に障害となるものは残さない。
- ・地中障害があることによる土地の資産価値の低減を防ぐ。

といった視点で見る必要があり、「将来の解体工事を想定した建築計画」を立てることが重要である。

したがって、

#### ①施工技術の向上

- ・撤去機械の小型化と削孔能力の向上

- ・同一機械による杭の撤去および杭の構築

#### ②設計思想の合理化

- ・既存杭の新築建物への利用（再使用）
  - 設計仕様、施工記録の整理・保存—情報共有化
  - 構造上の耐力の確認方法—被破壊試験
  - 既存杭の利用可能な、上部構築物の設計方法確立
- ・極力設計段階で既存杭と干渉しない構造設計
- ・杭仕様の制約（径2,000mm以内、直杭など）
- ・地下構造物に極力鉄骨を入れない

などを念頭におき、構築物のライフサイクル的見地に立って対応をしていくべきではないだろうか。

#### 〔参考文献〕

- 1) 建築業協会編：鉄筋コンクリート地下構造物の解体工法、鹿島出版会、昭和62年1月。
- 2) 上原功ほか：建築工事における地下外壁・杭地中障害物除去工法の現況、基礎工、Vol. 16, No. 11, 1988を加筆修正。
- 3) 若月政實ほか：既存杭・地中障害物の除去工法と問題点、基礎工、Vol. 16, No. 11, 1988を加筆修正。
- 4) 大口徑岩盤削孔技術研究会：大口徑岩盤削孔工法。
- 5) CD工法研究会：CD工法（回転式ケーシングドライバ工法）。
- 6) パワー工法研究会：BGシステム。

#### — 新刊紹介 —

## 羽田空港物語 — 極限に挑んだ技術者たち —

上之郷利昭・著

今年3月の新C滑走路供用により、羽田空港沖合展開事業は最終段階を迎えた。輸送能力の拡張と騒音問題の解消を目的とした本事業は、「おしるこ」と形容された超軟弱地盤上に短期間のうちに空港を建設するという難事業であった。関空のように世間のスポットライトを浴びることは無かったが、技術的には大変な困難を伴うものであり、地盤改良をはじめとして舗装、橋梁、地下構造物等について様々な新しい取組みがなされた。

本書は、この難事業に取組んだ技術者たちの奮闘を軽快なドキュメントタッチで描いたものである。また、技術的な記述についても、専門的な知識の無い方々にも分かり易く書かれている。

著者は、人間ドキュメントの第一人者として知られており、若者や社会の価値観が大きく変化してきている現代にあって、ヘドロと闘いながら社会基盤をしっかりと支えている当現場の技術者を描くことによって、人間の生き方に関する問いかけを行うために本書を執筆したという。

土木技術者の方にはもちろん、一般の方にも分かり易く面白い好著となっている。



発行：講談社  
 定価：1,600円(税別)  
 判型：四六判  
 256 ページ

#### 目次

- 第1部：超軟弱地盤に挑む男たち** ヘドロと建設残土の海／「羽田マヨネーズ層」の生い立ち／「沖展」はわれらの手で／沈み続ける空港／「空白」と「雨」の二か月間／過密空港の隣で工事する悩み／昼間の酒の真相／忙中閑あり／「637部隊」秘話／超軟弱地盤の怖さ、まざまざ／昭和63年7月2日
- 第2部：逆マラソン工事** 巨大な鳥の誕生／錯綜する第二期工事／先例主義を超えて／空港を彩る九つの橋梁／世界初の技術「PCリフトアップ工法」／「ニューハネダ927作戦」発動／新C滑走路にかかった虹
- 解説：羽田空港の戦後史と沖展計画** 羽田空港の戦後史／羽田空港の沖合展開事業／新空港造りの青写真

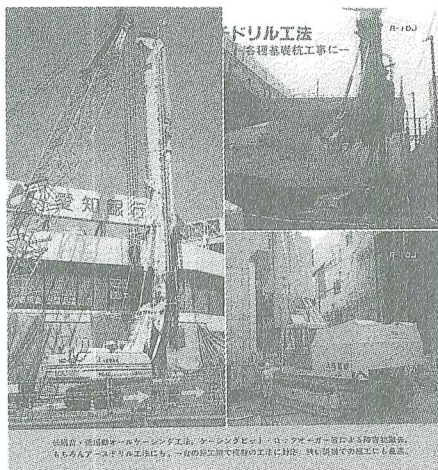
## 特集

# 場所打ち杭における最近の話題

総括編集 藤田 宏一 委員

巻頭言	設計と施工との兼ね合い	吉田 巖	1
総説	土木における場所打ち杭の現状	前田 良刀・福井 次郎・木村 嘉富	2
総説	建築における場所打ち杭の現状	富永 晃司	8
総説	海外における場所打ち杭の現状	気仙 哲夫	14
各論	施工機械の特徴と施工実績	荒川 秀一・藤川 長敏	25
各論	場所打ち杭工法における品質管理	林 隆浩	35
各論	最近の建設汚泥処理技術の動向	塚田 幸広・落合 良隆	42
各論	杭頭結合状態に関する設計施工上の評価	上之菌 隆志	48
報文	プレダックス耐震杭の施工事例		
	……………福嶋 孝之・谷 明・富岡 裕史・村松 普久夫		51
報文	マイクロパイルの施工事例	大谷 義則・妻鹿 誠・浜塚 政治	56
報文	大口径場所打ち杭の施工事例	宮本 和徹	62

### ◀ 今月の表紙 ▶



## マルチドリル工法

当協会では、イタリア・ソイルメック社の掘削機Rシリーズを導入し、マルチドリル工法を開発しました。一台のコンパクトな施工機で複数の工法に能率良く対応できますので、狭く困難な現場でも、経済的な施工ができます。

### —マルチドリル工法協会—

基礎工業株式会社	03 (3732) 5411
大洋基礎株式会社	03 (3663) 5561
菱建基礎株式会社	03 (5203) 8051
利根地下技術株式会社	03 (3737) 3751
新キャタピラー三菱株式会社	03 (5717) 1154
ソイルメックジャパン株式会社	03 (3273) 8476
株式会社平林製作所	0774 (22) 3770
マルカキカイ株式会社	03 (3274) 1662
三菱マテリアル株式会社	0584 (27) 4334
明和機械株式会社	0462 (85) 1276

事務局：ソイルメックジャパン(株)内

報 文	軟弱地盤上の免震構造物に用いた 特殊場所打ち杭の設計・施工 ……………伊藤 隆之・福村 尚登	67
報 文	SENTANパイル工法の施工事例 ……奥村 文直・菱沼 登・伊藤 達男 ・西垣 和弘・川島 真澄	74
報 文	ケーシング回転工法の現状と最近の施工例 ……………尾身 博明・小林 勉・山菅 正人・藤川 長敏	79
報 文	大口径場所打ち杭の先端載荷試験 —関東郵政局等庁舎新築工事での試験例— ……小椋 仁志・渋谷 孝男	84
報 文	場所打ち杭に用いたスタナミック試験 ……………続 誠・西村 真二	90
報 文	超音波を用いた場所打ち杭の非破壊調査 ……………小野 日出男・椿原 康則	96
報 文	低空頭での施工事例 ……………荻須 一致	100
報 文	場所打ち杭における残土処理と再利用 ……………細谷 芳巳	105
報 文	場所打ち杭の杭頭処理 ……………手塚 武仁	110
報 文	最近の海外における施工事例 ……………気仙 哲夫	116

◆新技術紹介 水に浮くコンクリートを開発／鹿島 24

◆新技術紹介 「SM-Jパイル」で土木研究センター評定を取得／住友金属 73

# 全天候型マルチテント

現場の〈環境改善〉と〈工期短縮〉を実現。



丸藤シートパイル株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町1-6-5(ツカモトビル) ☎03(3242)7641

## 総説 海外における場所打ち杭の現状

気仙 哲夫\*

### 1. はじめに

“海外における場所打ち杭の現状”といった非常に大きなテーマをいただいたが、仕事の関係上、ヨーロッパや東南アジアの現場や機械等を見るチャンスには恵まれているものの、その他の地域の現状はよく知らないのが実情である（全世界に展開しているパウアーグループの仲間から話を聞く程度）。

しかしながら、場所打ち杭工法の発展経緯を振り返ってみると、ヨーロッパ、アメリカ、日本の3地域が大きな足跡を残してきたように思われる。また、近年の東南アジア地域での経済発展に伴う建設ブームにおいては、ヨーロッパと日本のメーカーや施工会社が最新の技術を持ち込み、現地業者と入り交じり、場所打ち杭の分野でも競争を展開してきているのが実情である。したがって、本稿では上述した理由よりヨーロッパ（主にドイツとその周辺）を主に、そして若干、東南アジアの現状について述べさせてもらうこととする。

### 2. ヨーロッパにおける場所打ち杭の歴史

歴史の話に入る前に、若干、ヨーロッパの地盤と文化について触れておきたいと思う。なぜならば、基礎工事は直接に地盤を対象とし、この地盤の状況によって適用される工法、機械等が影響を受けるためである。また、基礎が受ける荷重は当然上部構造等からもたらされるが、この上部構造、特に建築物に対する考え方はその国の文化、国民性に根ざしているところが大きいためである。

ヨーロッパ、特にアルプスの北側に広がるヨーロッパ平原の特長は、氷河期に厚さ数千mに及ぶ

氷河に覆われていたことである。このため、氷河に締められた基盤の上に、氷河の移動に伴って削り取られた岩盤等が、運搬、破碎されて砂、砂礫あるいはシルトとなって堆積している（部分的に軟らかいシルト層を挟んでいる場合もある）。そして、一般的には、沿岸部を除けばGL-20~-25m程度削孔すれば、場所打ち杭の支持層として期待できるかなり固結した地層が得られることである。

次に建物に関していえば、自分達の歴史、文化を大事にするという考え方が強いといえる。そして、アメリカ的な高層建築を好まない傾向が非常に強い。例えば、改築するに際して、日本ならば古い建物をすべて取り壊してから新築するのに対し、ヨーロッパの古い街では、街並みの景観を保全する意味からも、古い外壁を残して内部をリニューアルする工事が盛んに行われている。したがって、今でも大部分の建物の階数は5~6階程度であり、アメリカ的超高層ビルが林立しているのは、ロンドンとフランクフルトの一面といっても過言ではない。

さて、日本の場所打ち杭の歴史は、昭和29年（1954年）のベント工法（仏）導入から始まったとのことであるが、ヨーロッパでも実情はほぼ同じであったようである。

ヨーロッパでも、1950年以前は打撃工法で木杭や鋼杭などが施工されてきたが、1950年以降に第二次世界大戦で破壊された地域で建築ブームが起き、打撃に伴う騒音や振動問題が発生し、これらの問題に対処するために基礎に関する研究が増えてきた。そして、大別すると「ケーシング+グラブ掘削工法」と「乾式回転掘削工法」の2分野にて主に研究開発が行われてきたとのことである。以下に、これら二

\* KESEN Tetsuo パウアー・ジャパン(株) レンタル営業部 部長 | 東京都港区南青山4-20-19 プレム南青山ビル2F



工法の発展状況の概要を述べる。

### 2.1 ケーシング+グラブ掘削工法

従来、この方法は自立しない地盤での井戸掘り（写真-1参照）などで用いられていた技術であるが、場所打ち杭の分野に応用して初めてコンパクトなマシンを世に出したのはベント社（フランス）であった。この最初のマシンはEDF55（図-1、写真-2参照）と呼ばれ、はじめてφ1,200mmのケーシングを深さ40mまで設置できた。そして、掘削能率はφ900mmのケーシング掘りで、密な砂礫層を4m/hrで施工できたとのことである。

このマシンはヨーロッパでもベストセラーとなったが、1960年代に入ると他のメーカー（ドイツのバーデ社、写真-3参照）がこの分野に進出し始め、また、機動性などの問題によりベントの時代は約10年で終わってしまったとのことである。

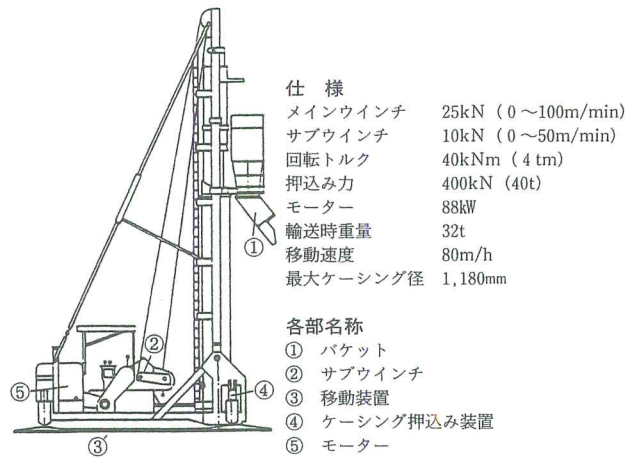


図-1 EDF55 (ベント社, 1955年)

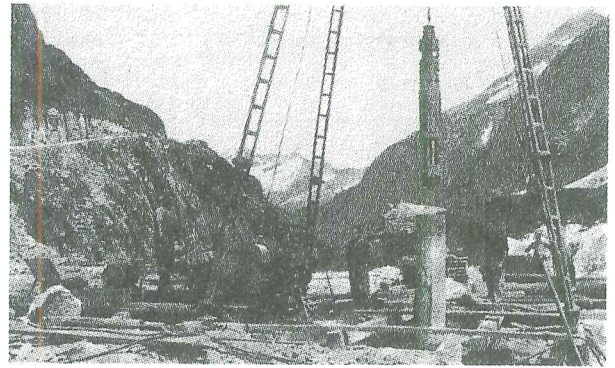


写真-1 グラブ掘削+ケーシング (1920年頃)



写真-2 EDF55(ベント社,1955年)

ベント工法は機動性や掘削土砂の排出方向等の面で問題はあったが、グラブ掘削自体は高く評価され、これが次のクレーン式アタッチメントの開発へとつながっていった。クレーンを使用したグラブ掘削では、強いブームと自由落下機能付きウインチが必要とされたことから、メンク（独）、デマーク（独）、

ピンクレー（仏）、NCK（英）などのベースマシンメーカーが争って開発を行い、これらのベースマシンを使用して、1960年代にバーデ社から写真-4に示すような2種類のマシンが発売された。このバーデ社のHVM6は、密な砂礫層での掘削能率はベント機の約50%であったが、移動式であることとベ-

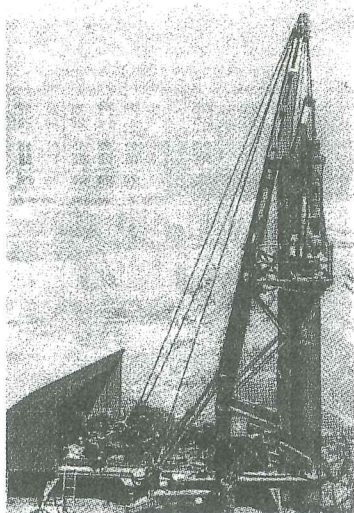
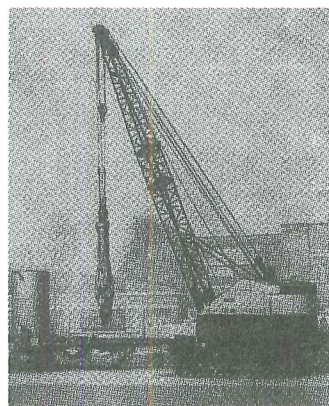
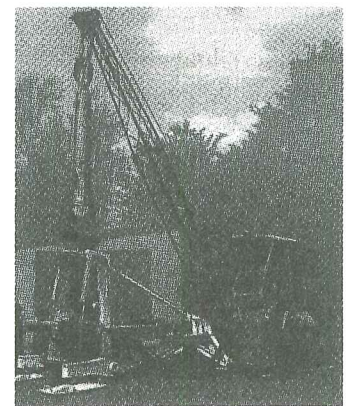


写真-3 DAG60(バーデ社,1960年)

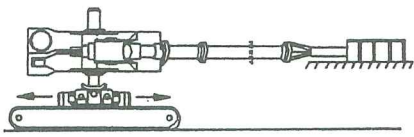


HVM6 最大直径 1,300mm  
 回転トルク 600Nm (60tm)  
 出力 60kW  
 グラブ重量 6t  
 引抜き力 1,500kN (150t)

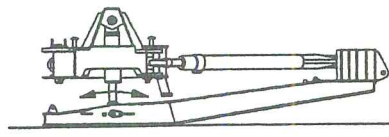


HVM3 最大直径 900mm  
 回転トルク 300kNm (30tm)  
 出力 37kW  
 グラブ重量 3t  
 引抜き力 300kN (30t)

写真-4 HVM6 & HVM3 (バーデ社, 1960~1965年)



固定型シリンダー (バーデ社)



スイング型シリンダー (キャサグランデ社)

図-2 オッシレータの構造の比較

スマシンを他の目的(クレーン作業)に使えたために、業界で高い評価を得たとのことである。

1970年代に入ると、イタリアのキャサグランデ社が、図-2に示すような新しいタイプのオッシレータ(揺動機)を開発した。

1980年代に入るとリープヘル、セネボーゲン、ビーザーヒュッテなどのドイツのクレーンメーカーにより、全油圧式のベースマシンが、また、ゾーラン(独)により20tの自由落下機能付きウィンチが開発された。そして、グラブ自体の改善はキャサグランデ(伊)、レファアー(独)、ハルトフース(独)などにより行われてきて、施工能率の改善がなされたとのことである(写真-5参照)。ちなみに、最近のリープヘルHS852(全油圧式クレーン)を使ったグラブ掘削では、密な砂礫層をφ900mmの場合、

6~8 m/hrで施工できるとのことである。

## 2.2 乾式回転掘削工法

この乾式回転掘削工法は、第二次世界大戦前に石油掘削の分野で開発された工法で、当初は回転駆動装置(ロータリードライブ)が上下にスライドしない固定式であった。メーカーとしてはカルウェルド(米)、ウィリアムズ(米)、ヒューズ(米)などで、トラックに搭載されたバケットリグとオーガリグ、それにクレーンアタッチメントリグの3機種であった(写真-6~8参照)。

この固定式の乾式回転掘削工法は、ソイルメック社(伊)がアメリカからトラック搭載型オーガリグと、クレーンアタッチメントリグを紹介したことから始まったが、自立しない地盤でのケーシング設置や削孔深度、それに硬質地盤での適用に難があった。

1960年代には、ドイツのビルト、ザルツギッター社がほぼ同時期に可動式のロータリードライブを装備した場所打ち杭施工機(ここでは以後“可動式ロータリーリグ”と呼ぶ)を開発した。図-3にザ

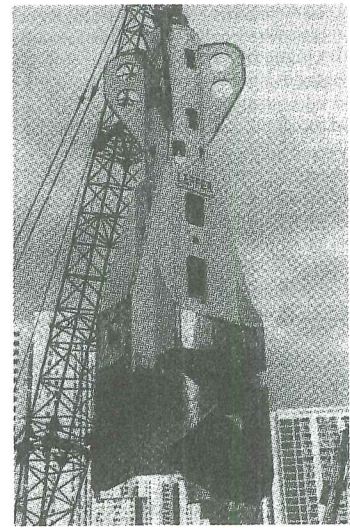


写真-5 機械式グラブ  
(レファアー社, 1980年~)



写真-6 トラックマウントバケットリグ

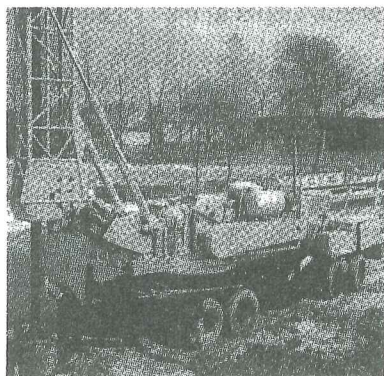
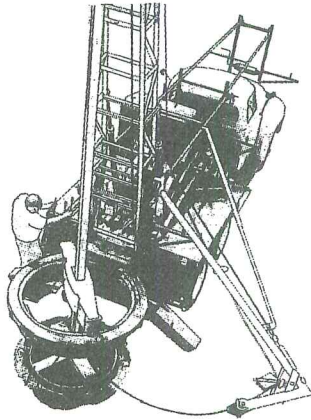


写真-7 トラックマウント  
オーガリグ

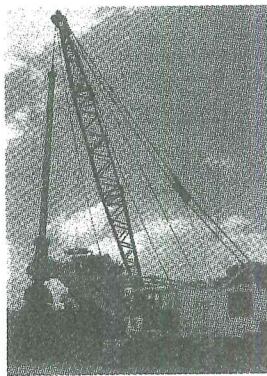


写真-8 クレーンアタ  
achmentリグ



図-3 BB10 (ザルツギッター社, 1960年)

仕様	
トルク	50kNm
クラウドシリンダー	
— 引き	150kN
— 押し	75kN
マスト高	21.4m
メインウィンチ	80kN
サブウィンチ	40kN
ベースマシン	0&K RH 120
出力	120KW
重量	50t

ルツギッター社が開発したBB10を示すが、このマシンがはじめて全長15mのケーシングを設置できた機種とのことである。前述したように、ヨーロッパの場所打ち杭が対象とする地盤は、主に締まった砂礫層であることから、いかに早くケーシングを設置し、内部掘削を行えるかが問題であった。機械式グラブでは、地下水位以下の締まった砂礫層での掘削に難点があったために、このようなタイプの掘削機の開発が行われてきた。

その後、デルマック社（独）もこの分野に進出し、1975年には施工業者であったパウアー社（独）がはじめてロックン式ケリーバーを装備したマシン（BG7、写真-9参照）を開発した。このBG7はオッシレータの取付けが容易にでき、かつ、そのパワーをベースマシンから供給できるなど、数々の新しい特長を有していた。また、ロックン式ケリーバーは締まった砂礫層や岩盤等の掘削にも威力を発揮したため、それ以後BGシリーズはこの分野をリードする機種となって今日に至っている。

### 3. ヨーロッパと東南アジアにおける 場所打ち杭の現状

#### 3.1 ヨーロッパ

##### 3.1.1 施工法

##### (1) オールケーシング工法

ヨーロッパで場所打ち杭といえば、フランスやイタリアなどを除き、その大部分は日本でいうオール



写真-10 BG42（パウアー社、1998年）



写真-11 トルクコンバータを装備したBG25

仕様	
トルク	74kNm
最大直径	1,300mm
クラウドシリンドラー	
ー 引き	150kN
ー 押し	150kN
メインウインチ	55kN
サブウインチ	55kN
重量	27t
ベースマシン	O&K RH 6LC
出力	66kW

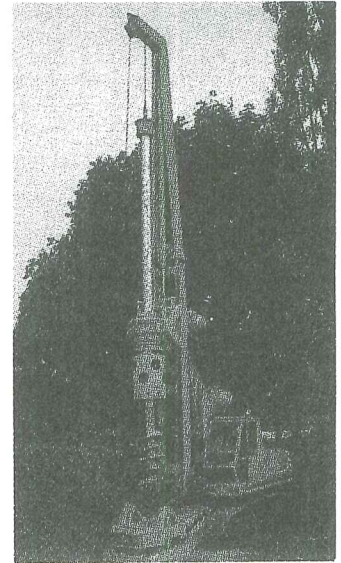


写真-9 BG7（パウアー社、1975年）

ケーシング工法で、杭径も  $\phi 800 \sim 1,200$ mmクラスがほとんどである。この理由は、先述したように地盤（支持地盤が比較的浅く、締まった砂質土）と杭1本当りが負担する荷重（高層ビルが少ない）の関係もあるように思われる。したがって、日本の建築分野で広く用いられている拡底杭はほとんど行われていないのが実情である。ヨーロッパでは、大きな支持力が必要であれば、杭長を長くして摩擦力を期待するような設計が行われている。

このオールケーシング分野で主体となっているマシンは、前章で述べたように、現状では可動式ロータリーリグ工法である。パウアー社の例をとると、BG7の開発以来、ヨーロッパのマーケットを対象としてBG7, 9, 11, 14, 26, 30などの機種が開発されてきたが、近年、東南アジアでの大深度、大口径掘削の需要に対応するためにBG36, 42などのマシンが開発されてきており、BG42は削孔トルク42t-m、最大削孔径  $\phi 3.0$ mで、メインウインチには40tの自由落下機能付きのものが装備されている（写真-10参照）。

また、これらのマシンによるケーシング設置深度の増大を図るために、トルクコンバータの開発が行われてきている。写真-11は可動式ロータリーリグにトルクコンバータを装備したものであるが、この装置の使用により通常の最大回転トルク25t-m

(34rpm) を50t-m (17rpm) に変換することができる。

このオールケーシング分野では、もちろんクレーングラブ+オッシレータも使われているが、現在のところは可動式ロータリーリグにトップを譲っているのが現状である。

しかしながら、最近、地中連続壁工法の分野で用いられている油圧式バケットの技術を利用して、油圧式のグラブマシンが開発されてきている。この油圧式グラブは、機械式グラブの欠点であった騒音や硬質地盤での掘削能力が著しく改善されてきていること、また、装置が可動式ロータリーリグに比べて安価で、玉石にも強いことから主役の座を奪い返す可能性を秘めている。一例として、写真-12に南ア

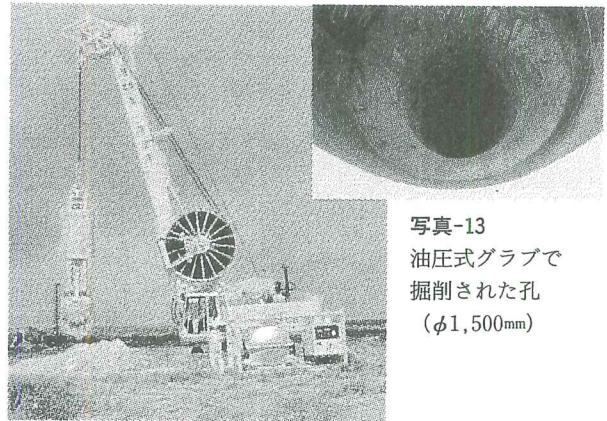


写真-12 油圧式グラブ (GB50)

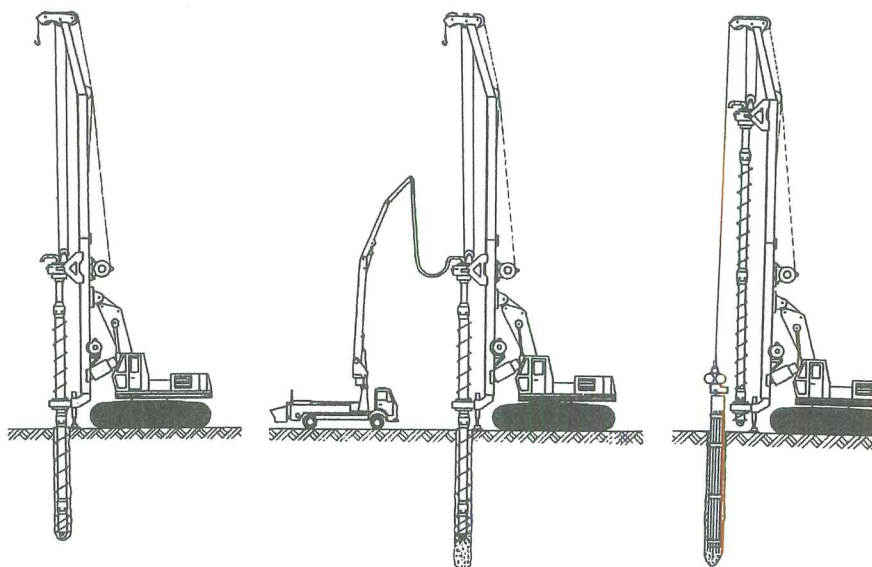
写真-13  
油圧式グラブで  
掘削された孔  
(φ1,500mm)

フリカのダイヤモンド鉋床調査に用いられた油圧式グラブを示すが、当調査工事ではφ1,500mmの径で

深度-80mまでの削孔が行われた(写真-13参照)。特筆すべきことは、掘削は表層ケーシングのみを用い、あとは油圧式グラブのみで-80mまでの固結地盤および風化した岩盤を円形に掘削したことである。

### (2) CFA (Continuous Flight Auger) 工法

ヨーロッパでオールケーシング工法の次に、一般的に行われている場所打ち杭工法はCFA工法と呼ばれるもので、フランス、イギリス、イタリアなどではドイツよりも盛んに用いられている。このため、先述し



1. CFAオーガーで、所定深度まで削孔。孔壁は、フライト間に掘削土が詰まったオーガーにより安定。
2. ポンプ車でコンクリートの打設を行いながら、CFAオーガーを引抜き。
3. 鉄筋かごの建て込み。

図-4 CFA工法の施工手順

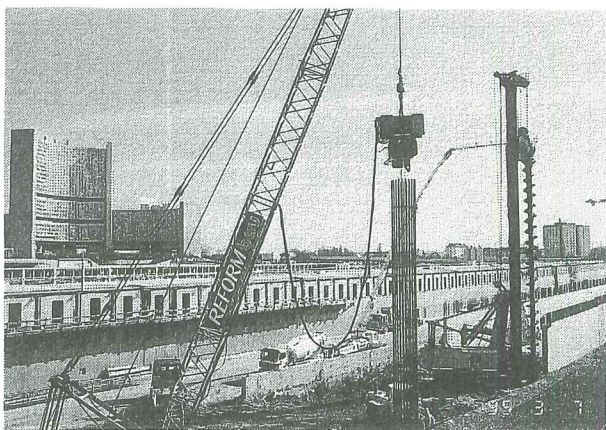


写真-14 CFA杭施工状況 (ウィーン、国連本部ビル前)

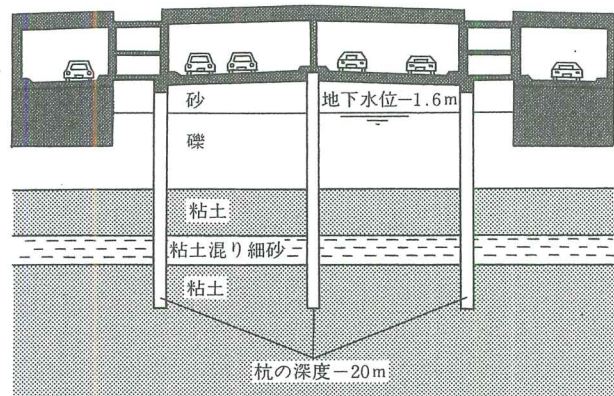


図-5 高速道路地下工事完成断面図

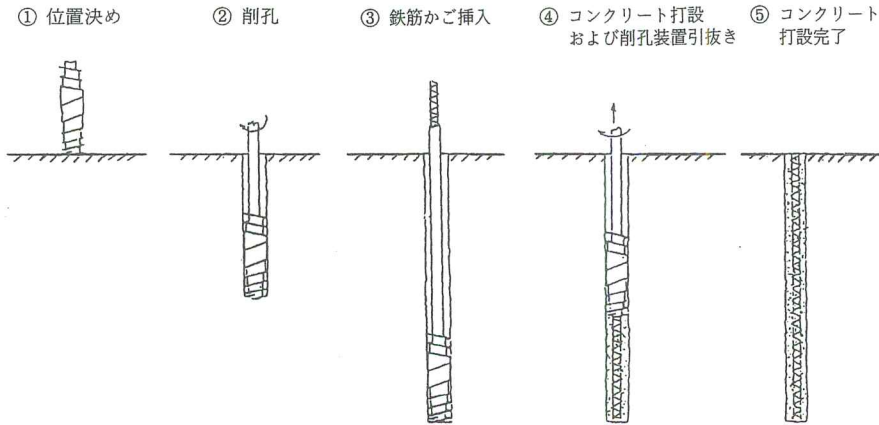


図-6 オメガパイル工法

た可動式ロータリーリグのほとんどは、このCFA工法も適用できるように設計されている。この工法の特長は、図-4に示すように、施工手順が至ってシンプルなために、適用地盤、深度などの条件が合えば150~200m/日と、オールケーシング工法の2~3倍の能率が可能なことである。なお、現在のところ径1,200mm、深度-20m前後が適用の限界となっている。

写真-14と図-5に、ウィーンの国連本部前の道路地下化工事で採用されたCFA工事の状況を示す。

(3) 非排土型場所打ち杭工法

場所打ち杭は一般的には排土杭と、また、既製杭は打撃等により地盤を側方に押しつけながら設置されることから非排土杭とも呼ばれているが、最近、ヨーロッパで新しく開発されてきた工法として、非排土型の場所打ち杭工法(“場所打ちスクレーパーパイル”と呼ぶべきかもしれない)がある。1例としてオメガパイル工法とVibex-III工法の概要を図-6、7と写真-15、16に示すが、いずれも残土を発生させず、かつ杭体積分の地盤を杭周辺に高压で押しつけることから地盤改良効果、すなわち摩擦力の増加が期待できる工法として注目を浴びている工法である。

これらの工法は開発されて間がないことから、まだ適用径や地盤、深度などに限界があるが、余分なものを現場から発生させないこと、大きい耐荷力と高速施工が期待できることから、将来性をもった工法と思われる。

(4) その他の工法

日本では、昭和29年から昭和40年頃にかけて、ベノト(仏)、アースドリル(米)、リバースサーキュレーション(独)などの場所打ち杭工法が海外から

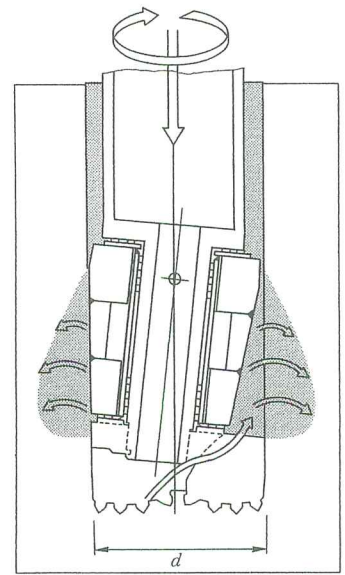


図-7 Vibex-III工法



写真-15 オメガパイル工法



写真-16 Vibex-III工法

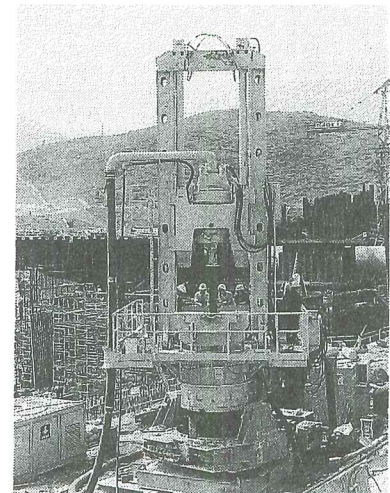


写真-17▶  
オールケーシング+  
グラブ掘削後に  
セットされたRCD

導入された。この中のリバースサーキュレーション工法(以後、RCD工法と呼ぶ)はドイツのザルツギッター社から導入されたにもかかわらず、現在、

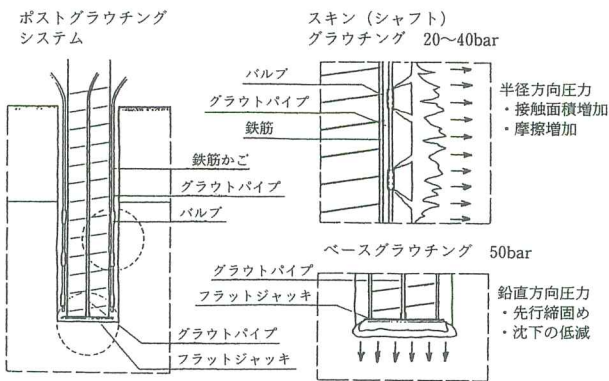
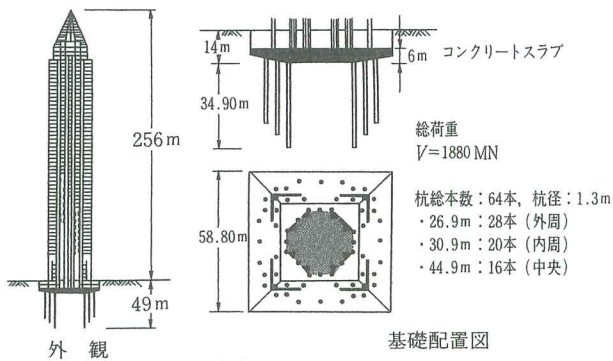
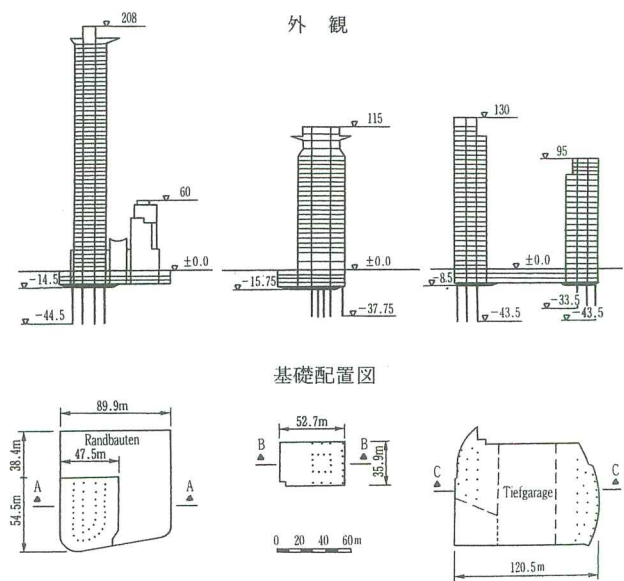


図-8 ポストグラウチング

ヨーロッパの都市部の場所打ち杭工事において見かけることはほとんどない。おそらく、他の2工法と比較し仮設備の規模が大きくなること、機動性が悪いこと、さらにはRCD工法のメリットを発揮できるような大口径、大深度の場所打ち杭の需要がヨーロッパには少なかったためと考えられる。しかしながら、この分野ではビルト社(独)が硬岩掘削用の



(a)MESSETURM



(b)WESTEND 1 (c)FORUM (d)JAPAN-CENTER

図-9 パイルド・ラフトで建設された超高層ビルの概要

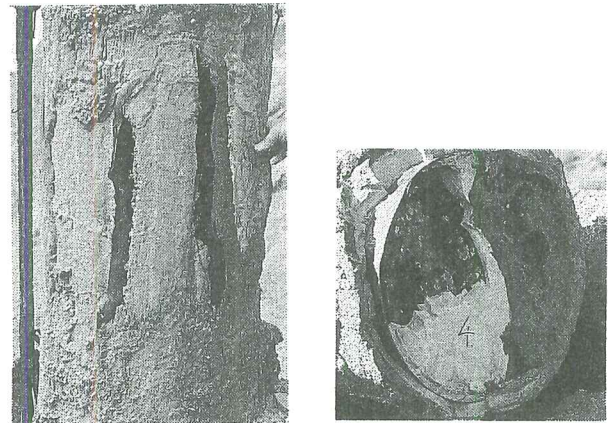


写真-18 ポストグラウチングが施工された杭の掘り出し状況  
 スキン(シャフト)グラウチング杭 (注入セメント=黒色)      ベースグラウチング (注入セメント=白色)

ローラービットを装備したRCDを現在も作り続けており、また、パウアー社も近年、アフリカ、東南アジアでの需要から硬岩掘削用RCDマシンの製作を始めている。当初、RCD工法は自立性の乏しい地盤での大深度掘削を対象として開発されたと思われるが、現在の使われ方は地表面付近の堆積地盤はグラブや可動式ロータリーリグで除去し、その下部の岩盤を深く削孔する必要がある場合に用いられているようである(写真-17参照)。なお、余談になるが、ドイツではRCDマシンは一般の地盤におけるφ3.0m以上の立坑掘削用には用いられているとのことである。

連続地中壁掘削機を用いたバレット(壁)杭はフランスにおいて適用例が多いが、その他のヨーロッパの国々においてはあまり適用例は多くないようである。

次にご紹介するポストグラウチングとパイルド・ラフトは、場所打ち杭工法そのものではないが、場所打ち杭を使った基礎を経済的に構築するための手段として、ヨーロッパで実施されている工法である。

ポストグラウチングは、図-8および写真-18に示されるようにベースグラウチングとスキングラウチングの二つに分かれ、それぞれ杭先端沈下の防止、杭周面摩擦力の増加を目的としている。

このベースグラウチングにより結果的に杭頭の沈下量が抑制されるため、同一沈下量では2倍近い杭先端荷重が得られ、また、スキングラウチングでは砂質土の場合には100%近く、粘性土の場合には20~50%の摩擦力の改善がなされるとのことである。日本では、打設された永久構造物にクラックを入れる、といった考え方を嫌う傾向があるために普及していないと思われるが、一考する余地はあるのでは

表-1 ヨーロッパの場所打ち杭機械メーカー

メーカー名	国籍	可動式ロータリーリグ	アースドリル	グラブ + オッシレーター	RCD	CFA	全旋回
ソイルメック	イタリア	○	○	○		○	
キャサグランデ	〃	○	○	○		○	
I M T	〃	○					
M A I T	〃	○				○	
C M V	〃	○	○			○	
バウアー	ドイツ	○	○	○	○	○	○
デルマック	〃	○					
クレム	〃	○					
レファー	〃			○			○
ビルト	〃	○			○	○	
リープヘル	〃	○	○			○	

(注) ○印は製作しているマシンを示す。

ないかと思われる。

パイルド・ラフトは日本でも加倉井・山下らにより研究開発、実用化がなされているが、ドイツのフランクフルトでも長年、当手法に対する研究開発と実際の超高層ビルへの適用、フィードバックが行われている。1例としてパイルド・ラフトで建設された MESSETURM (256m), WESTEND 1 (208m), FORUM (130m) および JAPAN-CENTER (125m) の外観と基礎の配置を図-9 に示すが、いずれの場合も杭径は  $\phi 1,200 \sim 1,300\text{mm}$ 、深度は -45 ~ -50m 程度、本数はビルの全荷重を杭のみで支持させるとした場合の約50~60%となっている。おそらく、当手法が開発された背景には、その当時、大口径、大深度の場所打ち杭を、経済的に施工できる機械がなかったことが影響しているのではないかと考えられる。

### 3.1.2 メーカーと施工業者

現在、ヨーロッパで主流となっている場所打ち杭施工機械は、前述したように可動式ロータリーリグである。このタイプのマシンを製作しているメーカーには表-1 に示されるような会社があり、ドイツとイタリアの会社が競争を行っていることが理解されると思う。なお、今年、ミュンヘンで開催された BAUMA (建設機械・資材関係の総合展示会で3年に1度開催) では、表-1 に示した以外のフィンランド、イギリス、ドイツ、イタリアなどのメーカーが、やはりこのタイプのマシンを展示していて競争の激しさが感じられた。

ケーシング+グラブ掘削の分野では、レファー

表-2 ヨーロッパの場所打ち杭施工業者

施工業者名	国籍
①Bachy/Soletanche	フランス
②BAUER	ドイツ
③Rodio	イタリア
④Cementation	イギリス
⑤Fondedile	イタリア
⑥Bilfinger Berger	ドイツ
⑦Keller	〃
⑧Spit Batinol	フランス
⑨Terra Test	スペイン
⑩Balast Nedum	オランダ

(独)、キャサグランデ (伊)、ソイルメック (伊)、バウアー (独) の四社がしのぎを削っている。

RCD の分野ではドイツのビルト、バウアーの2社がマシンを製作しているが、この分野ではビルトが圧倒的に強く、年間数十台の RCD マシンを製作している。ちなみに、香港で岩盤掘削に用いられている RCD マシンのほとんどは、ビルト社か現地業者がライセンス生産しているものとのことである。

次に、話を場所打ち杭施工業者に移すと、ヨーロッパを代表する業者としては表-2 に示すようなものがある。特に最初にあげたバシー・ソレタンシュ、バウアー、ロディオの3社は場所打ち杭のみならず、世界中の大きな基礎工事では必ず名前が上がってくるほど有名な会社である。

### 3.1.3 基準

ヨーロッパの EU 加盟11カ国の通貨統合が、1999年1月から始まることはよく知られているところであるが、すでにこの EU 内では1992年に調印されたマーストリヒト条約により市場統合がなされているため、人や物の往来、ビジネス等に関する域内での制約はほとんどないといってよい。また、場所打ち杭に関する基準に関しても、以前はその国々で個別の基準 (BS, DIN 等) を保有し、それに基づいて設計がなされていた。しかしながら、現在はヨーロッパスタンダード一つに統合する作業が行われている。そして、その最終案 (prEN 1536 : Execution of special geotechnical work-Bored piles) が1997年1月に CEN (基準作成委員会) に提出されているので、その中で興味を引く点を以下に簡単に記し

たい（なお、当基準は近々、正式に承認、施行されると聞いている）。

まず、基準作成委員会がオーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイスランド、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノールウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリスの18カ国のメンバーから構成され、基準が一本化されることである。そして、その公式言語として英語、ドイツ語、フランス語の3カ国語が採用されることから、今まで以上にこの基準が世界的に力をもつてくる可能性があると考えられる。

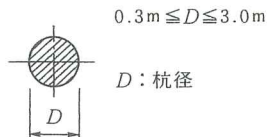


図-10 円形場所打ち杭の平面形状

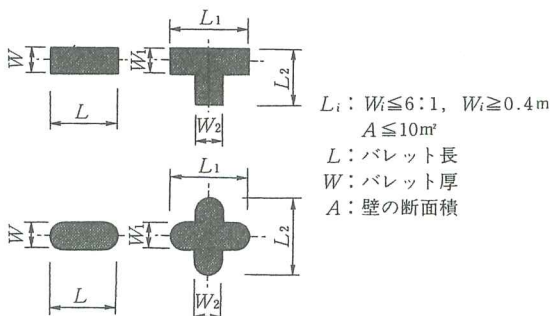


図-11 パレット杭の平面形状（例と寸法）

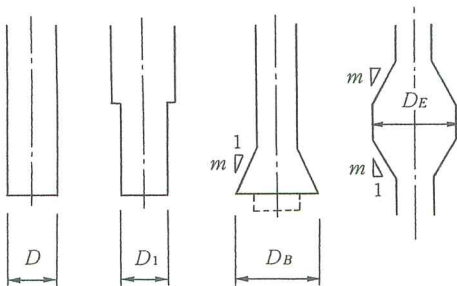


図-12 直杭およびシャフト部とベース部に拡大部をもった杭の例

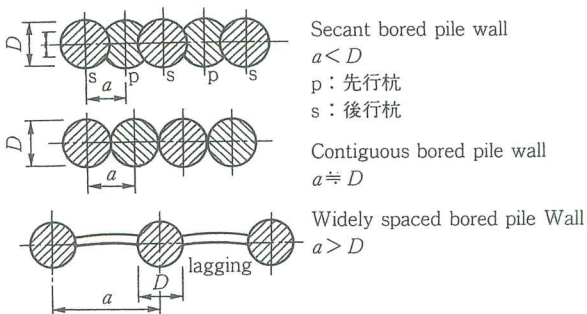


図-13 場所打ち杭壁（1例）

この基準（案）では、場所打ち杭の範囲として、“掘削により形成され、荷重を伝達、あるいは変形を制限する構造部材を含む杭”と規定している。

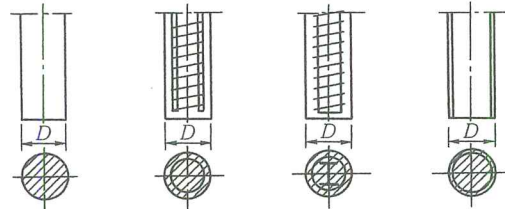
そして、平面形状としては図-10と図-11に示されるような円形な場所打ち杭とパレット杭が、また、円形杭の場合の縦断面形状として図-12に示されるものが規定されている。

また、基準（案）は単杭、群杭のほか、図-13に示されるような場所打ち杭壁、あるいは図-14に示されるような構造をもつ円形杭に対して適用されることをうたっている。

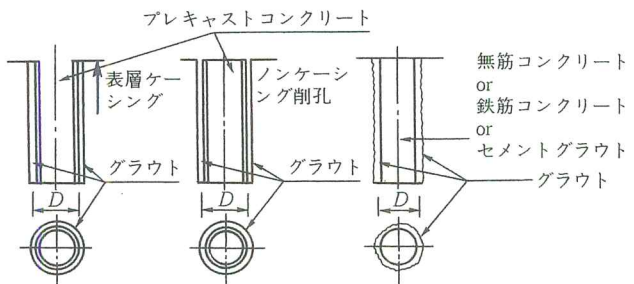
削孔時に孔壁崩壊などの恐れがある場合にはケーシング、安定液、あるいは土砂で満たされたオーガフライト（CFAを意味する）などの手段を講じることが述べられ、かつ、CFAの施工に関して明確に規定されている。

ポストグラウチング工法として、ベースグラウチングとシャフトグラウチングの2種類が図-15、16に示されるように規定されている。

以上、簡単に基準（案）の中で興味を引かれた点を記したが、全体的な印象は非常にわかりやすく、また、できる限り可能性を広くとり、エンジニアの裁量でいろいろな場所打ち杭を採用できるような余地を残したような印象を受けた。



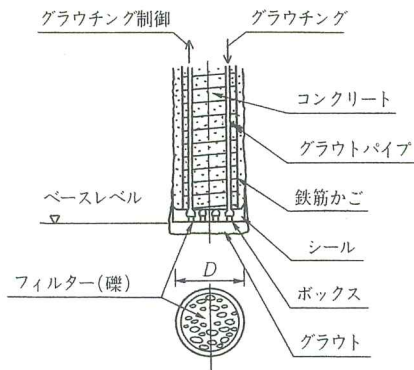
D: 杭径  
 プレキャストコンクリート使用  
 鉄筋コンクリート使用  
 特殊補強材使用(型钢や鋼管等)



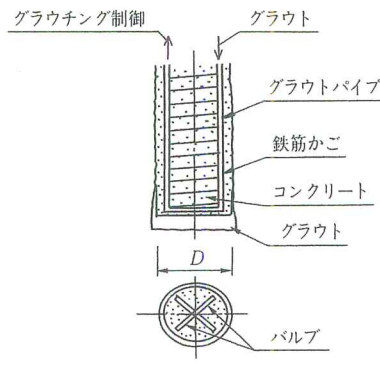
D: 杭径  
 主構造または補強構造部材としてプレキャストコンクリート使用  
 主構造または補強構造部材として鋼管使用

図-14 円形杭（1例）





a)フレキシブルボックス構造方式



b)グラウチングパイプ方式

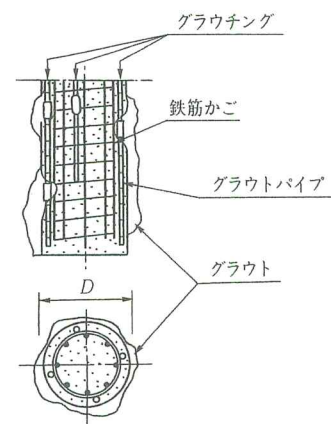


図-16 シャフトグラウチング (1例)

図-15 ベースグラウチング (1例)

表-3 場所打ち杭の現状 (パウアグループ会議でのアンケート調査結果)

項目 国名	適用深度	標準的杭径	導入時期	導入された主な 場所打ち杭工法	現在主流となっている 場所打ち杭工法	前項で①となっている 工法のメーカー	将来動向
シンガポール	$H \geq 30m$	$600mm \leq D$	1975~1980	①アースドリル ②可動式ロータリーリグ	①アースドリル ②可動式ロータリーリグ	①ソイルメック ②IMT ③パウア	①大口径 ( $\phi 3,000mm$ ) ②大深度 ( $H=40\sim 60m$ ) ③大口径柱列壁 ( $\phi 1,000\sim 1,500mm$ )
マレーシア	$H=20\sim 30m$ (時には $H \geq 40m$ )	$1,000mm \leq D$	1975~1980	①アースドリル ②可動式ロータリーリグ ③RCD	①可動式ロータリーリグ ②アースドリル	①パウア ②ソイルメック ③IMT	①大口径 ②大深度
香港	$H \geq 30m$	$1,200mm \leq D$	1970~1975	①RCD ②グラブ+オールケーシング	①グラブ+オールケーシング+RCD ②その他	①ビルト ②レファ ③リーパヘル	①大口径 ( $\phi 3,000mm$ ) ②オールケーシング
中国	$H \geq 40m$	$1,200mm \leq D$	1985~1990	①チゼリング&コアリング (ロシア式工法) ②RCD ③可動式ロータリーリグ	①RCD ②可動式ロータリーリグ	①現地メーカー	① $\phi 2.0m$ , $H \geq 60m$ で岩盤に根入れできる可動式ロータリーリグ
台湾	$H \geq 30m$	$600mm \leq D$	1965~1970	①RCD ②可動式ロータリーリグ ③オールケーシング (オッシレーター+クレーングラブ) ④オールケーシング (全旋回+クレーングラブ)	①RCD ②オールケーシング	①現地メーカー	①大口径 ②オールケーシング
韓国	$H \geq 20m$	$1,200mm \leq D$	1985~1990	①アースドリル ②ペノト ③RCD ④全旋回 ⑤可動式ロータリーリグ	①グラブ+オールケーシング ②RCD	①現地メーカー ②レファ ③ソイルメック	①大口径 ②オールケーシング
ドイツ	$H=15\sim 20m$	$600 \leq D \leq 1,200$ mm	1965以前	—	①可動式ロータリーリグ ②オッシレーター+グラブ	①パウア ②デルマック ③ビルト	①大口径 ②大深度

### 3.2 東南アジア

近年、東南アジアでは急速な経済発展に伴いインフラストラクチャー整備やビルの建設が行われてきた。そして、ヨーロッパ、アジア、アメリカのメーカーや施工業者は、これらのパイをめぐって熾烈な競争を行ってきた。この東南アジアの国々における場所打ち杭も、その導入時期や地盤条件などに大きく影響を受けている。

紙面の都合もあり簡単に現状を比較したものを表

-3 に示すが、これを見てもご理解いただけると思うが、比較的早期に発展した香港、台湾、韓国（特にソウル）等では、地盤条件や導入時期、さらには工法の設計資料等が整備されている関係から、RCD工法が現在でも一般的に用いられている。それ以外の地域ではアースドリル工法が主流となっているところが多いが、超高層ビルの需要の高まりで、より深い支持層への杭の根入れが必要となってきたことから、アースドリルマシンより削孔トルクが大

きく、ツールに鉛直方向力を作用させることができるロッキング式ケーバーを装備した可動式ロータリーリグが主流となってきている。これらの地域での場所打ち杭の将来の方向性に関して、興味深いのはほとんどの地域が大深度・大口径化を予測していることである。

なお、当資料は毎年パウアグループ内で開催されている会議でのアンケート調査結果に基づいているため、客観性に欠ける面はご容赦願いたい。

#### 4. おわりに

以上、ヨーロッパにおける場所打ち杭の歴史と現状を主体に述べさせてもらったが、最近のヨーロッパの傾向を簡単に述べるならば、冷戦終結からEU統合、それを反映したボーダーレス化の流れにより大競争時代に突入し、低コスト化が進行していることである。また一方、環境に対する意識の高まりから、環境に配慮したやさしい工法が求められているとともに、先述したように基準が一本化されようとしていることから、同一ルール下での競争がダイナミックに進展しているといえる。

これに対して日本の基礎分野での問題点としては、独自性の欠如、(機械を熟知した)人材の欠如、専業者意識の希薄さをあげることができる。背景には新しい機械や工法を開発しても、それを採用してもらうのに多大な費用と時間がかかることが一因であろう。また、新しい技術、特にマシンの開発には現場の事象の注意深い観察とそれをフィードバックできる人材の確保が必要であるが、この点で日本の現

状はメーカーまかせになっている観がある。

今後、日本や東南アジアの地域において、海外のメーカーや業者との競争が一段と厳しくなると考えられるが、これらの会社と競争し、時には協力し合って仕事を進めていくためには、今までのやり方からの大きな変換が求められているのではないかと考える。本稿がその一助にでもなれば幸いである。

#### [参考文献]

- 1) E. Stötzer: Entwicklung der Geräte zur Herstellung von Bohrpfählen und Schlitzwänden, 40 Jahre Spezialtiefbau Technische und rechtliche Entwicklungen, Werner-Verlag GmbH, pp. 337~374, 1993.
- 2) M. Bottiau & G. Cortvrundt: Recent Experience with the OMEGA-PILE, Fifth International Conference and Exhibition on Piling and Deep Foundations, Westrade Fairs Ltd., pp. 3.11.1~3.11.6, June 1994.
- 3) S. Schwank: Minipiles and Postgrouted Bored piles—Two Techniques for Special Site conditions, DEEP FOUNDATION INSTITUTED DFI 16th Annual Members Conference 1991 Chicago, pp.311~322,1991.
- 4) 加倉井正昭・山下清:直接基礎と摩擦杭の併用基礎, 建築技術, 1989年9月.
- 5) H. Sommer, R. Katzenbach and others: Last-Verformungsverhalten des Messeturmes Frankfurt/Main, Vorträge der Baugrundtagung 1990 in Karlsruhe, pp. 371~380, 1990.
- 6) B. Lutz, P. Wittmann and others: Die Anwendung von Pfahl-Plattengründungen-Entwurfspraxis, Dimensionierung und Erfahrungen mit Gründungen in überkonsolidierten Tonen auf der Grundlage von Messungen, Vorträge der Baugrundtagung in Berlin, Otto Ritterbach GmbH, pp. 153~164, 1996.

#### 新技術紹介

### 水に浮くコンクリートを開発

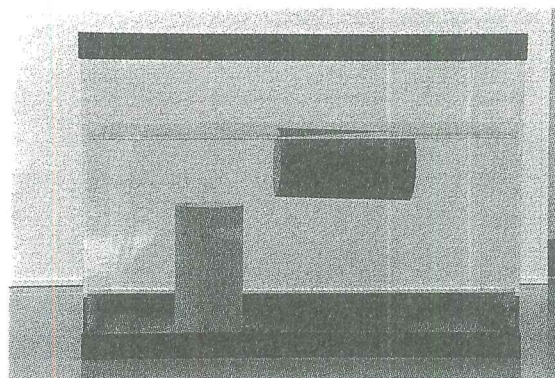
#### 鹿島 建築構造物の重量軽減へ

鹿島は、水に浮くほど軽く、さらに構造部材としての圧縮強度を併せ持つ「構造用超軽量コンクリート」を開発した。

空気を混入したセメントペーストと比重1を切る超軽量骨材を混合したもので、凍結融解、中性化、乾燥収縮、アルカリ骨材反応など各種の耐久性についても同じ強度レベルの普通コンクリートなどと同等以上の性能があることを確認している。

この「構造用超軽量コンクリート」は、微細な独立気泡と比重1を切る超軽量骨材を使用し、それらの混合

水に浮く「構造用超軽量コンクリート」(左側は普通コンクリート) ▶



率を最適な値にすることで圧縮強度200kgf/cm<sup>2</sup>を実現、配合を変えれば比重1.2で圧縮強度300kgf/cm<sup>2</sup>のコンクリート製造も可能である。

鹿島では今後、この構造用超軽量コンクリートを構造物の重量軽減に

役立てるため、ビル外装材や床部材への適用や、既存建物躯体への負担軽減に繋がる耐震補強用PCa壁などへの積極的な適用を図っていく方針である。

## 各論 施工機械の特徴と施工実績

荒川 秀一\* 藤川 長敏\*\*

### 1. はじめに

最近の基礎工事における傾向は、構造物の大型化に伴って、支持強度の大きい岩盤での大口径・大深度削孔などの必要性が生じてきている。また、山岳部における工事では岩盤を対象とした基礎となることが多く、さらに転石・玉石層や既往の構造物のコンクリート残骸などの、地中障害物を対象とした準岩盤に据えられる基礎の必要性も増加している。

このような情勢の中で、施工機械も急速な発展をとげてきており、場所打ち杭などでは杭径が4 mに達する大口径のものまで出現してきている。

一方、人力掘削における深礎工法は、支持層を人間が確認するところから、機械化施工や省力化の近代的な風潮に逆行しながら盛んに利用されてきたが、最近では狭い孔底における人力作業の苦渋性と危険性の高さから敬遠され、人員確保が困難になってきている。このため、本来は施工の機械化が困難であることから生まれた深礎工ではあったが、最近では大深度・大口径が可能であるという深礎工の形態を残して、施工機械の開発とともに施工実績も増えつつある。

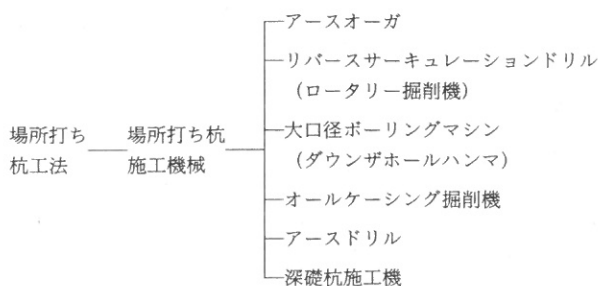


図-1 場所打ち杭施工機械の分類

場所打ち杭工法を分類すると図-1のようになり、岩盤削孔技術協会がまとめているオーガ掘削工法、ロータリー掘削工法、パーカッション掘削工法、ケーシング回転掘削工法と、建築で多用されているアースドリル工法、および深礎工法の種類と特徴等について次に述べる。

### 2. 掘削工法の種類と特徴

#### 2.1 オーガ掘削工法

オーガ先端に取付けた特殊刃先により岩盤を掘削する単軸式オーガ、もしくはお互いに逆転する外側ケーシングの先端、および内側オーガの先端に取付

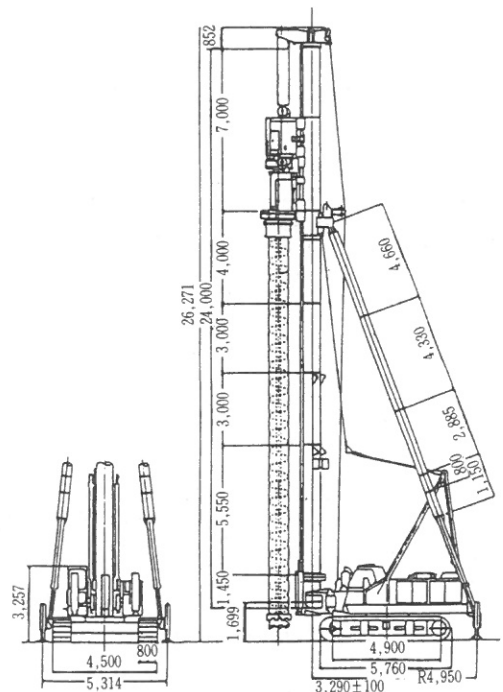


図-2 二軸同軸式オーガの概要図

\* ARAKAWA Shūichi (株)日本建設機械化協会 建設機械化研究所 研究第一部 専門課長 富士市大淵3154  
 \*\* FUJIKAWA Nagatoshi 日本基礎技術(株) 重機事業本部 技術部 副部長 東京都渋谷区桜丘町15-17

表-1 単軸式オーガ・二軸同軸式オーガの主要仕様

名称	型式	最大掘削径 (m)	トルク (tf・m)
三和機工機 アースオーガ工法	SKC-150VA	1.2	9.4
	SKC-200VA	1.6	12.5
	SKC-240VA	1.8	17.5
三和機工機 ダブルオーガ工法	SKC-150VW-II	1.2	スクリュー10.3 ケーシング25.2
	SKC-200VW-II	1.5	スクリュー14.1 ケーシング34.2
	SKC-240VW-II	1.8	スクリュー16.9 ケーシング41.1
三和機材機 ロックオーガ工法	D-80KP	1.0	4.5
	D-120HP	1.2	6.5
	D-150HP	1.5	13.2
	D-240HP	1.8	13.2
	D-360HP	2.0	26.0
	SDA-240HWP	0.9	スクリュー 6.5 ケーシング15.0
SDA-270HWP	1.3	スクリュー13.5 ケーシング22.5	
SDA-300HWP	1.5	スクリュー13.5 ケーシング31.0	
SDA-390HWP	1.5	スクリュー13.5 ケーシング31.0	
三和機材機 ドーナツオーガ工法	SMD-80KP	0.6	スクリュー 4.5 ケーシング11.7
	SMD-120HP	0.8	スクリュー 6.5 ケーシング16.8
	SMD-150HP	1.2	スクリュー11.0 ケーシング29.6
	SMD-200HP	1.4	スクリュー11.2 ケーシング30.2
	SMD-240HP	1.6	スクリュー13.5 ケーシング36.3
	日本車輛製造機 NASオーガ工法	NAS80-30	1.0
NAS120-35		1.2	6.0
NAS150-20		1.5	11.9
NAS200-30		1.5	11.6
日本車輛製造機 NADオーガ工法	NAD80-30	0.6	スクリュー 4.4 ケーシング12.5
	NAD120-35	0.8	スクリュー 6.0 ケーシング16.9
	NAD150-35	1.2	スクリュー 7.8 ケーシング21.9

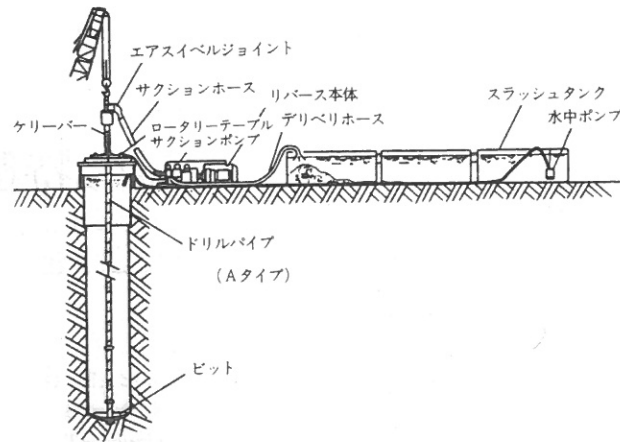


図-3 ロータリー掘削機の概要図

表-2 ロータリー掘削機の主要仕様

名称	型式	最大掘削径 (m)	トルク (tf・m)
東邦地下工機機 Jシリーズ工法	J-1	1.0	2.5
	J-2	2.0	4.5
利根/利根地下技術機 TRC工法	TRC-10	1.0	2.1
	TRC-15	1.5	4.8
	TRC-20	2.0	8.6
	TRC-30	3.0	20.6
日立建機機 Sシリーズ工法	S320	1.5	4.2
	S400H	1.8	6.0
	S450	2.0	8.0
	S480H	2.2	10.0
	S500R	2.3	12.0
	S600	2.7	17.0
三菱重工業機 シャフトボーリングマシン MD工法	MD-150	3.0	5.5
	MD-250	4.0	17.5
	MD-350	5.0	35.0
	MD-450	6.0	40.0
MC-500	2.2	10.0	

-2, 主要仕様を表-1 に示す。

2.2 ロータリー掘削工法

ローラビットにドリルカラーで荷重をかけ、ロータリーテーブルまたはパワースイベルでビットを回転して岩盤を掘削する。掘削ずりはポンプサクシオン方式またはエアリフト方式により地上に搬出する。全断面掘削方式で大口径・大深度の掘削が可能で、適用地質も岩質に応じて互換性のあるカット型式の選定ができるため、一般土質から岩盤掘削まで幅広く対応できる。水上施工も可能で、作業時の騒音・振動発生が少ないなどの特徴がある。

ロータリー掘削機の概要を図-3, 主要仕様を表-2 に示す。

2.3 パーカッション掘削工法

重錘またはダウンザホールハンマの2工法があり、掘削ずりの排出は、重錘ではエアリフト、ダウンザ

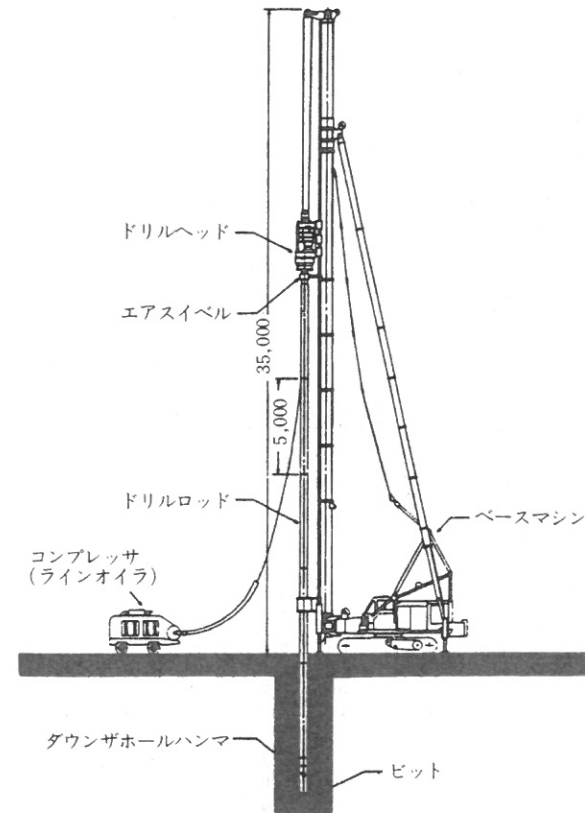


図-4 乾式型ダウンザホールハンマの概要図

表-3 パーカッション掘削機の主要仕様

名称	型式	最大掘削径 (m)
利根地下技術機 重錘工法	KPC-1200 中掘り併用	2.5
	打込み方式	2.5
利根/利根地下技術機 ダウンザホールハンマ工法	NDH-400	0.660
	NDH-500	0.838
利根/利根地下技術機/ 菱建基礎機 拡孔ハンマ工法	SUPER JAWS EX-24B~34B	0.632~0.866
	SUPER MAXBIT 560~600	0.630~0.685
利根/利根地下技術機 MACH工法	MACH-80M	0.8
	MACH-137M	1.37
	MACH-145M MACH-183M	1.45 1.83
日特建設機 スーパードリル工法	DHD-124	0.610
	DHD-130	0.762
利根山基礎工事 PRD-ROSE工法	DHD-124	0.66
	DHD-130A	1.04
	CD-40	1.016
	CD-42	1.060
	CD-54	1.360
	CD-65 SD-18	1.650 0.72
利建調神戸 ノバル工法	NV-55	0.630
	NV-65	0.830

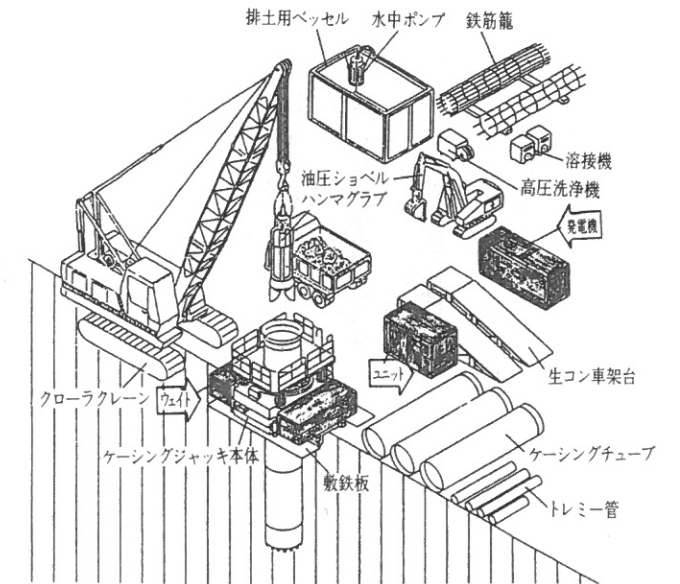


図-5 ケーシング回転掘削機の概要図

表-4 ケーシング回転掘削機の主要仕様

名称	型式	最大掘削径 (m)	トルク (tf・m)
三和機工機 SRD工法	SRD-1500H-II	1.5	120
	SRD-2000H-II	2.0	220
	SRD-3000H	3.0	370
三和機材機 ログダム工法	RS-150H	1.5	104
	RS-200H	2.0	180
	RB-150A RB-200H	1.5 2.0	135 180
ソイルメックジャパン機 マルチドリル工法	R-10J	1.5	10
	R-13J	1.5	13
	R-20J	2.0	20
パワーージャパン機 BG工法	BG-7	1.0	7
	BG-14	1.5	14
	BG-22 BG-30	2.4 2.4	22 32
日本車輛製造機 スーパートップ工法	RT-100	1.0	66
	RT-150A	1.5	115
	RT-200AII RT-300	2.0 3.0	207 367
日立建機機 CD工法	CD-1500	1.5	130
	CD-2000	2.0	166
	CD-3000	3.0	440
利根林製作所 HCR工法	HCR200T	1.2	80
	HCR200T HCR240T	1.5 2.0	100 150
	HCR360T	3.0	290
住友建機機/IMT/丸五 基礎工業機 SSD工法	SD-515	2.0	120
	SD-620	2.0	166
	AF30J	2.0	280
	AF50	2.5	50
	MT150RN MT200RN	1.5 2.0	160 210
三菱重工業機 MTR工法	MT150RBN	1.5	160
	MT200RBN	2.0	210
	MT150RS	1.5	160
	MT200RS	2.0	210
	MT300RS	3.0	448

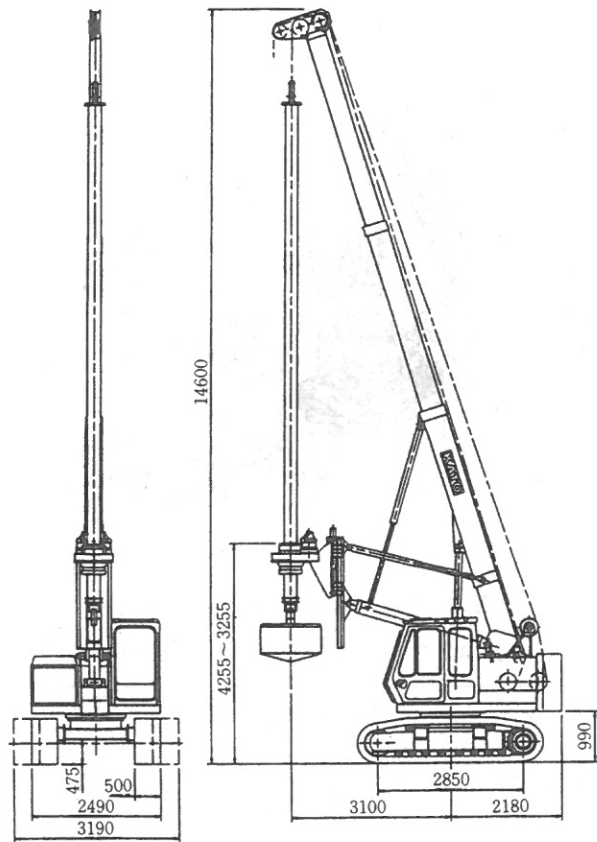


図-6 アースドリルの概要図

ホールハンマでは打撃後の排出エアの流速により行う。重錘、ダウンザホールハンマとも全断面掘削方式のため、重錘は中硬岩、ダウンザホールハンマは硬岩まで確実に掘削できる。ダウンザホールハンマは小口径、重錘は大口径の施工に適し、重錘は水上施工の実績も多い。

機械組立例として、ダウンザホールハンマの概要を図-4、主要仕様を表-3に示す。

2.4 ケーシング回転掘削工法

ペノト機と呼ばれている機械の揺動・圧入装置を、回転・圧入装置に替えた工法がケーシング回転掘削工法であり、回転するケーシングの先端に取付けた特殊刃先で岩盤を掘削する。掘削はリングカット方式で、内部掘削はハンマグラブのため、特に岩塊・玉石・転石の掘削に適している。ハンマグラブでつかめない硬岩掘削では、チゼルまたはダウンザホールハンマの併用が必要である。強力な回転力を有しており、特に障害物除去工事に適している。

ケーシング回転掘削機の概要を図-5、主要仕様を表-4に示す。

2.5 アースドリル工法

ケーシングの先端に取付けたドリリングバケットを

表-5 アースドリルの主要仕様

製作会社	形式 (呼称)	掘削 口径	トルク	原 動 機		②低騒音型 指定	質 量	
				①形式	定格出力			
		m	tf・m		kW		t	
加藤製作所	KE-1200	1.2	3.9	DE	74	○	21	
	KE-1500	1.5	4.1	〃	92	○	22.8	
	SD 205-2	2.0	5.2	DE	114.0	○	41.5	
	SD 307	2.0	6.2	〃	110.3	○	44.5	
	SD 407	2.2	6.2	〃	110.3	○	52.7	
	SD 407(拡底)	軸2.2 拡3.0	6.2	〃	110.3	○	56.8	
	SD 507	2.2	6.2	〃	110.3	○	62.8	
	SD 507(拡底)	軸2.2 拡3.6	6.2	〃	110.3	○	64.8	
	SD 510	3.0	6.2 9.3	〃	110.3		63.9	
	SD 510(拡底)	軸3.0 拡3.6	6.2 9.3	〃	110.3		67.5	
住友建機	SD 610	3.0	6.2 9.3	〃	147.1		78.0	
	SD 610(拡底)	軸3.0 拡4.1	6.2 9.3	〃	147.1		81.6	
	SD 415	2.0	6.2 9.3 15.0	〃	169		61.1	
	SD 515	2.5	6.2 9.3 15.0	〃	191.2		90.3	
	SD 515(拡底)	軸2.5 拡3.5	6.2 9.3 15.0	〃	220.7		94.5	
	日本車輛製造	DH 300ⅢED	1.5	4.1	DE	92	○	41.7
		DH 350ⅢED	1.5	4.1	〃	92	○	48.9
DH 400ⅢED		1.5	4.1	〃	114	○	51.3	
TE 4000		1.8	6.0	〃	118		48.1	
ED 4000		1.5	4.4	〃	114	○	43.6	
ED 5500		1.8	6.0	〃	114	○	57.8	
ED 6500		3	5.3 10.7	〃	147	○	116.6	
日立建機	TH 55-2	1.7	4.1	DE	92	○	38.2	
	KH 100 D	1.7	4.1	〃	110	○	43	
	KH 125-3	1.7	4.1	〃	110	○	47	
	KH 125-3(拡底)	軸1.7 拡2.7	4.1	〃	110	○	59.5	
	KH 180-3	2.2	6.2	〃	147	○	64.1	
	KH 180-3(拡底)	軸2.2 拡4.1	6.2	〃	147	○	81.2	
	HE 6010	3.0	10.0	〃	147	○	90.6	
HE 6010B(拡底)	軸3.0 拡4.1	10.0	〃	147	○	104		
平林製作所	HGE-100	1.0	-	EM	15		1.1	
	HGE-120	1.2	-	〃	15		1.3	
	HGE-150	1.5	-	〃	18.5		2.2	
	HGE-180	1.8	-	〃	18.5		2.7	
	HGE-200	2.0	-	〃	30		4.0	

(注) ①EM…電動機、DE…ディーゼルエンジン。  
②○印は建設省の低騒音型の指定を受けたもの。

表-6 深礎杭機械化施工の既存工法概要

(注) 民間開発建設技術の技術審査・証明事業取得工法を示す。

名 称	SH-SHINSO工法		弁慶 250		
	SH-SHINSO工法		弁慶 250		
施 工 概 略 図					
	掘削径φ×掘削深h	φ2.5~4.0m×h10~25mまで(目標)	φ2.5~4.0m×h35mまで(目標)		
	施工方法	掘 削	土砂層：バックホウ、軟岩層：プレカ 硬岩層：人力削孔による発破	テレスコ式クラムシェル+ツインヘッド(遠隔操作)が標準である。 硬岩層は遠隔操作穿孔+発破を併用。	
		集 排 土	バックホウにて集土し、グラブバケットにて排土。	ツインヘッド(遠隔操作)にて集土し、テレスコ式クラムシェルにて排土。	
土 留 め		スライディングフォームを用いた直打ちコンクリートライニング。	コンクリート(モルタル)吹付け(遠隔操作)。		
実績ほか (平成7年2月時)	東京電力、道路公団で7件、15本の実績あり。 対象地盤は軟岩(q <sub>u</sub> =100kgf/cm <sup>2</sup> 程度)まで。		道路公団、東京電力等で3件、16本の実績あり。 軟岩(q <sub>u</sub> =200kgf/cm <sup>2</sup> 程度)まで無発破施工可能。		
名 称	大口径深礎杭全自動化工法(スーパーRD)		深礎工事ロボット		
施 工 概 略 図					
	掘削径φ×掘削深h	φ3.0~10.0m×h50mまで(目標)	φ3.0~6.0m×h20mまで(目標)		
	施工方法	掘 削	ケーシング回転掘削機および拡径装置(孔外遠隔操作)。	坑内掘削機(ミニバックホウ改造型)で硬質土(q <sub>u</sub> =50kgf/cm <sup>2</sup> 程度)まで。	
		集 排 土	リングビットにより土砂取込み口まで掻き寄せ、ハンマグラブまたはバケットで排土。	坑内掘削機(ミニバックホウ改造型)のほかに、土砂搬出機(バケット式)、またはバキューム式排土機。	
土 留 め		場所打ちライニング、または新型ライナープレート(自動取付け)。	ライナープレート(従来方式：人力)。		
実績ほか (平成7年2月時)	北陸電力、本州四国連絡橋公団の2件、4本の実績あり。		京浜急行、神戸市ほかで計4件、42本の実績あり。 2本の杭を交互に掘削して作業効率を向上させる。		

回転させて地盤を掘削し、バケット内部に収納された土砂を地上に排出する。一般には孔口の崩壊防止のために表層ケーシングを使用し、以深は孔内水と地下水の水頭差を確保すること、および安定液を使用することにより孔壁の安定を図る。

地質条件が適合すれば能率よく場所打ち杭が施工でき、建築基礎では場所打ち杭施工機械の主力機種となっている。

アースドリルの概要を図-6に、主要仕様を表-5に示す。

2.6 深礎工法

深礎杭の掘削は人力施工が主であり、機械としてはリフトやクレーン程度であったが、近年は普通土の掘削・排土にテレスコ式の油圧コラムシェルを使用したり、超小型のバックホウを孔内に入れて掘削

する工法など、若干の機械が導入されている。最近では、掘削・排土を自動化したシステムの開発も行われている。

深礎杭機械化施工の概要を表-6に示す。

3. 施工実績

3.1 オーガ掘削～ケーシング回転掘削工法

岩盤削孔技術協会では、毎年会員会社の施工実績調査を行っており、前述した2.1～2.4節の4工法についてとりまとめている。

表-7に平成6年度～平成8年度の3年間の施工実績、図-7に掘削径・掘削深度の分析結果を示し、最近の実績である平成8年度の傾向を以下に述べる(施工実績は場所打ち杭のほか、置換杭も含む)。

① 平成8年度の総施工件数1,479件に対する割合

表-7 最近の施工実績

工 法 名	平成6年度	平成7年度	平成8年度
オーガ掘削方式	193件	202件	239件
ロータリー掘削方式	2	2	3
パーカッション掘削方式	47	59	60
ケーシング回転掘削方式	958	906	1,177
計	1,200	1,169	1,479

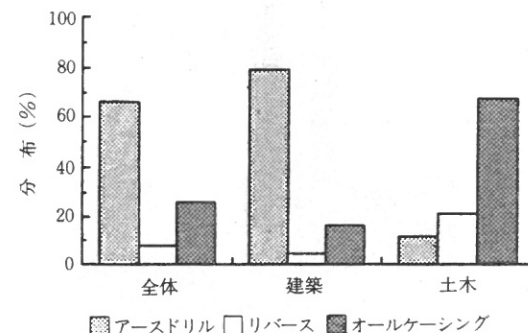


図-8 工法別の区分

は、ケーシング回転約80%、オーガ約16%、パーカッション約4%であった。

② 掘削径の傾向は、オーガ、パーカッション(ダウンザホールハンマ)掘削工法のφ1.0m未満の占める割合が80～90%に対し、ケーシング回転掘削工法はφ1.0～2.0mが約87%である。ロータリー掘削工法は件数が少ないが、φ1.5m以上の占める割合が多い(最大径:オーガφ1.6m, ダウンザホールハンマφ1.1m, ロータリーφ2.3m, ケーシング回転φ3.0m)。

③ 掘削長の傾向は、15m未満がオーガ、ケーシング回転の約50%に対し、ダウンザホールハンマが90%を占めている。ロータリーは25m以上が100%である(最大掘削長:オーガ59m, ダウンザホールハンマ31.5m, ロータリー45m, ケーシング回転51.5m)。

3.2 アースドリル工法

(社)日本基礎建設協会では、平成5年度に1年間アンケート調査を実施している。アンケート調査の集計結果は、回答社数31社、物件数3,012件、杭本数100,922本で、その分析結果は以下のとおりである。

① 建築工事においては、図-8に示すようにアースドリル工法が80%近くの施工実績を占めているのに対し、土木工事では16%程度である。

② 掘削径1.0～1.4mの本数は、図-9に示すように全体の50%近くを占めている。

③ 図-10によると、アースドリル工法は70mを含

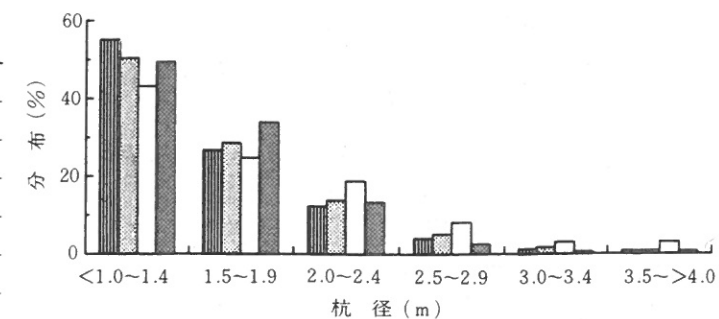


図-9 工法別・掘削径の分布

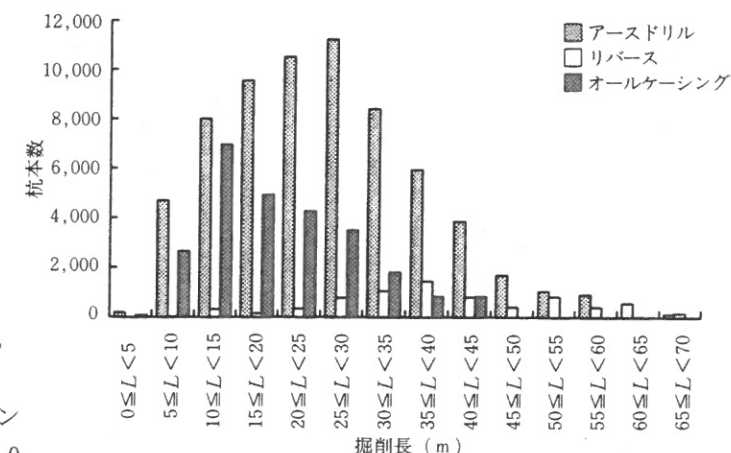


図-10 工法別掘削長の分布

むあらゆる長さに対して採用されている。

3.3 深礎工法

前掲表-6に4工法の施工実績を示す。施工規模は掘削径φ2.5～5.2m, 掘削深さは10～21mである(平成7年2月時点)。

4. 最近の施工機械

場所打ち杭工法においては、多様化するニーズや広範・多岐にわたる施工条件に適用できるよう、施工機械の開発が行われている。ここにその一部を紹介する。

4.1 掘削口径1.8m 二軸同軸式オーガ (SDA-440HWP)

4.1.1 概要

最近の基礎工事におけるオーガ掘削の動向は、前掲図-7のオーガ掘削分析結果に示すごとく、平成6年度以降で掘削径範囲φ1.0～2.0mの工事件数が増加している。また、掘削深度も60mの実績が出現している。これらの市場動向に適合するため、従来の二軸同軸式オーガ機では掘削径φ1.5mまでの施工が限度であったため、掘削径φ1.8mまでの施工が可能なSDA-440HWPオーガ機が開発され

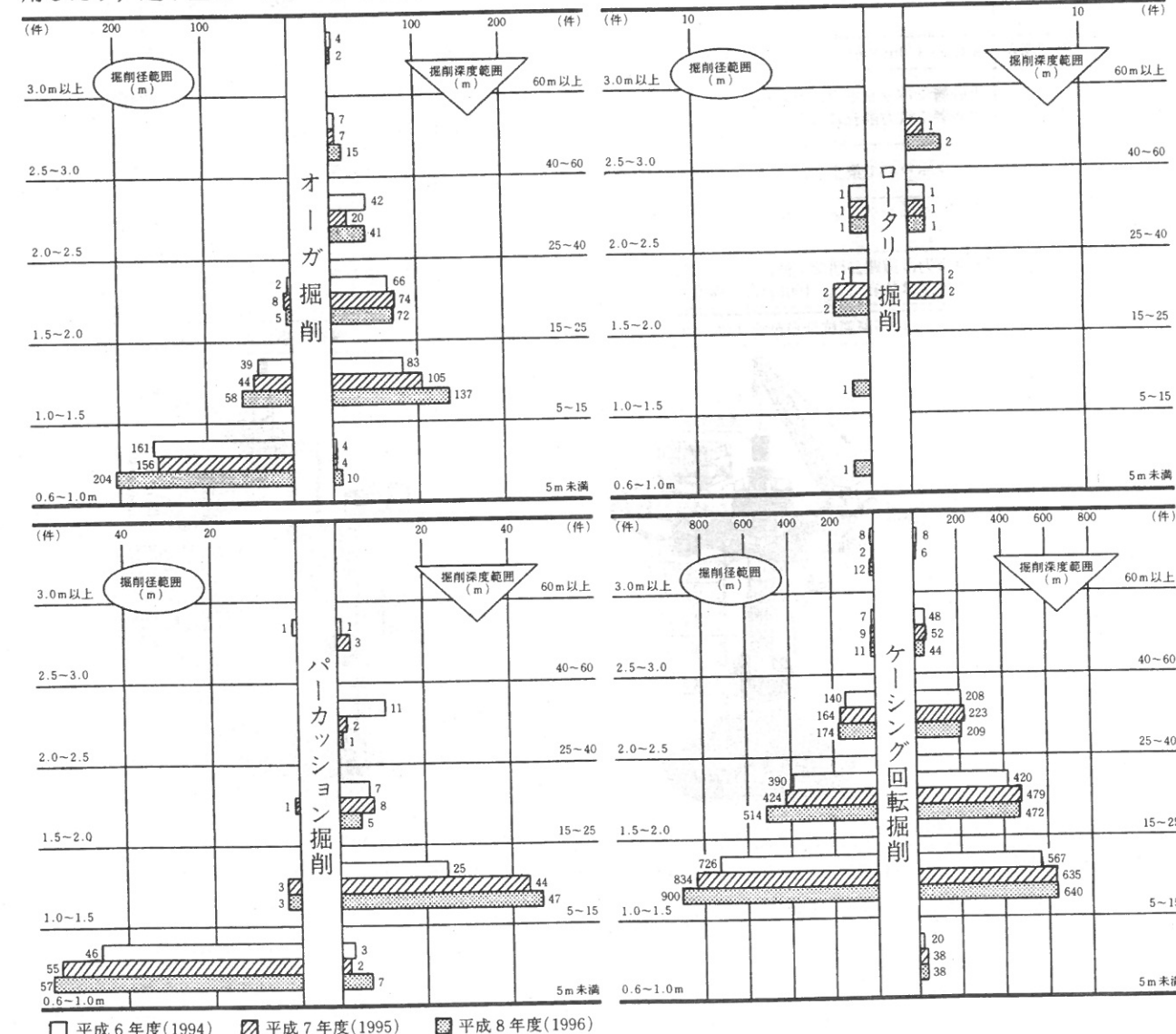


図-7 掘削径・掘削深度の分析結果(平成6年度～平成8年度)

表-8 SDA-440HWPの主要仕様

全体仕様	内側掘進機構型式	D-240H・P
	外側掘進機構型式	D-200W・P
	全体重量	約32.4t (チャック装置含む, 反力受け台含まず)
内側掘進機構	モータ	90kW×4/6P×2台
	スクリー回転数	50Hz 4P……19.5rpm 6P……13.0rpm
	掘削トルク(定格)	50Hz 4P……8.99tf・m 6P……13.48tf・m
	耐引抜き力	90t
外側掘進機構	モータ	75kW×4/8P×2台
	ケーシング回転数	50Hz 4P……6.6rpm 8P……3.3rpm
	掘削トルク(定格)	50Hz 4P……21.89tf・m 8P……43.76tf・m
	耐引抜き力	167t(引抜きシリング使用時) 120t(吊りシーブブロック使用時)
チャック装置	適用ケーシング径	φ1,780, φ1,480, φ1,280
	最大伝達トルク	130tf・m
	耐引抜き力	167t

表-9 MT410RSの主要仕様

項目		仕様	
ボーリングマシン本体	主要寸法	全長(mm) 6,300(反力受け台除く) 全幅(mm) 5,700 全高(mm) 4,355(手摺り除く)	
	掘削性能	掘削口径(mm)	φ4,100
		旋回トルク(tf・m)	標準 640(低速)/320(高速) トルクアップ時 1,280(低速)/640(高速)
回転数(rpm)		標準 ~0.6(低速)/~1.2(高速) トルクアップ時 ~0.3(低速)/~1.6(高速)	
押込み/引抜き力(tf)		150/700	
エンジン	型式	三菱6D22CT×2台	
	出力/回転数(PS/rpm)	最大245/2,000・常用220/1,600	
機械総重量(t)		174	

た。

4.1.2 特徴

- ① 最大ケーシング径φ1.8mのほかに、φ1.5m・φ1.3mの施工も可能である。
- ② 引抜き力の最大は167tfで、押込みも可能である。
- ③ 排土速度が速く、施工が迅速である。
- ④ ケーシング着脱作業が容易に行える。

4.1.3 掘削機の仕様等

SDA-440HWP オーガ機の主要仕様を表-8、機械全景を写真-1に示す。

4.2 掘削径4.0m 全回転式オールケーシング掘削機 (MT410RS)

4.2.1 概要

地盤に基礎杭を構築したり、地下工事のための立



写真-1 二軸同軸式オーガ機SDA-440HWP全景



写真-2 全回転式オールケーシング機MT410RSおよび3m³ハンマグラブ全景

坑を構築するニーズは多い。本機は、都市部におけるシールドマシンの発達や到達などの、立坑用掘削機として開発された超大型全回転式オールケーシング掘削機である。

4.2.2 特徴

- ① 軟弱粘土から岩盤まで、広範囲地盤に適用可能である。
- ② 周辺地盤の崩壊や沈下防止、騒音・振動の少ない低公害施工が可能である。
- ③ 大口径・大深度(φ4.1m×40m)掘削を可能

にした高トルク/大押し引き力機である。

- ④ 大容量(3m³×φ3.6m)ハンマグラブによる高能率中掘り掘削が可能である。
- ⑤ 急速施工による大幅工期短縮、工費の低減が図れる。

4.2.3 掘削機の仕様等

MT410RS機の主要仕様を表-9、施工時の機械全景を写真-2に示す。

4.3 軸掘り口径3m・最大拡底径4.1m

アースドリル (ED6500)

4.3.1 概要

建築物の基礎工事に、アースドリル機による拡底杭の施工が、経済的かつ低振動・低騒音工法として普及している。本機は大口径・大深度拡底場所打ち杭施工用機械として開発されたものである。

4.3.2 特徴

- ① 最大掘削径3m、最大掘削深さ71mの施工が可能である。
- ② 拡底アースドリル工法への対応が可能である。
- ③ バケット回転トルクは、低/高/超高トルクの

表-10 ED6500の機械仕様

本体仕様	ブームの長さ(m)	26	
	旋回半径(mm)	前部(バケットを除く)	6,725~9,031
		後部	4,800
	作業半径(mm)	5,425~7,731	
仕様	バケットダンプ高さ(mm)	約1,940~約5,170	
	カウンターウェイト(t)	30	
	全装備質量(t)	116.6	
掘削能力および装置	最大掘削径(m)	軸掘りバケットによる最大掘削径	3.0
		拡底バケットによる最大拡底径	4.1
	最大掘削深度(m)	71	
	バケット回転トルク(tf・m)	高トルク	10.7
		低トルク	5.3
		超高トルク	13.4(注1)
	バケット回転数(rpm)	高トルク(2速/1速)	※18/10
		低トルク(2速/1速)	※33/20
		超高トルク(2速/1速)	※18/10
	ケリーバ押し下げストローク(mm)	1,000	
ケリーバ(m)	5段丸形テレスコピック式	16.5	
駆動方式	直動油圧式		
原動機	日野ディーゼルエンジン	EP100-T	
	定格出力(ps/rpm)	200/2,000	
	最大トルク(kgf・m/rpm)	77/1,600	
	燃料消費率(g/ps)	170	

(※印は負荷により変化する。)

(注1) 超高トルクは、BK23バケット施工時のみ仕様できる。

3段階切替えを採用、最大13.4tf・mの超高トルクでの使用が可能である。

- ④ ブーム角度の調整により、作業半径が任意に調整できる。
- ⑤ 特殊消音材を取付け、施工時の衝撃音を下げることができる。

4.3.3 掘削機の仕様等

ED6500の主要仕様を表-10、機械全景を写真-3に示す。

4.4 拡径ビット装着ダウンザホールハンマ (SUPER JAWS, SUPER MAXBIT)

4.4.1 概要

岩盤掘削は、特に $q_u=1,000\text{kgf/cm}^2$ を超えるような硬岩については、ダウンザホールハンマのように岩盤に衝撃力を加え、局所的な圧潰とせん断破壊による方法が、オーガ掘削やケーシング回転掘削のような、回転引掻き機構による方法よりも有効であることはよく知られている。しかし、ダウンザホールハンマによる掘削は、ノーケーシングで行うため、玉石・転石混りの砂礫層など崩壊性の高い地盤では適用がむずかしい。だが、最近では拡径型のビットが開発されている。拡径ビットは、ビットの拡大後も通常の掘削径に縮小できることから、ケーシングパイプを接続でき、前述の崩壊性の高い地層でも容易に掘削することが可能である。

4.4.2 特徴

- ① ビット荷重が均等に配分され孔曲がりが少ない。
- ② ビットの拡大・縮小により確実な掘削径が得られる。

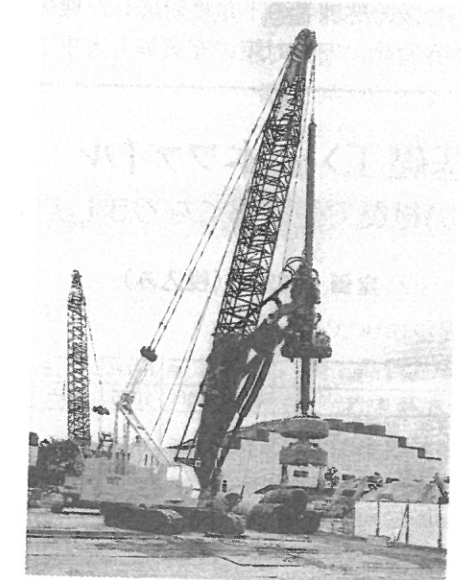


写真-3 アースドリルDE6500全景

③ 軟弱地盤・玉石・転石層から硬岩層まで、地質を選ばず幅広く対応できる。

#### 4.4.3 機械の仕様等

現在開発されている拡張ビットによる拡大・縮小の方法は、

①ビットの正逆回転による方法

②ビットを上下する方法

の二つの方法がある。図-11に、②によるビットの拡張方法を示す。

上記方法により、①においては適用ケーシングパイプ外径φ660.4mmに対し、ビット外径φ600mmが最大拡孔径φ685mm、②においては同様にφ863.6mm、φ809mm、φ886mmとなる。

### 5. おわりに

以上、場所打ち杭施工機械の工法ごとの特徴、施工実績、最近の施工機械などについて紹介した。

場所打ち杭工法は、基礎杭工法の中でも作業時の騒音・振動が比較的小さい工法であるため、公害規制が強化される今後において需要の増大が予想される。建設省は、平成10年度から直轄事業で使用される基礎工事機械の油圧ユニットについて、排出ガス対策型を原則化するなど、より一層環境に配慮した政策を行う。

そのためにも、施工機械における環境への対応、すなわち騒音・振動・排出ガスなどの公害対策の充実、水処理や泥土処理、機械における廃棄物の減量、掘削残土の有効利用などをさらに進めていく必要がある。

また、今後の熟練者の不足に対応した機械操作の容易化や省力化、安全対策の充実等も大事であり、

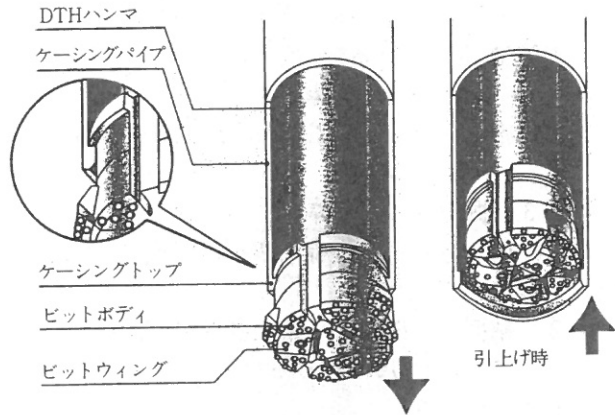


図-11 ビットの拡張方法 (②ビットを上下する方法)

これからの機械の改善・開発に当っては、より一層取組みを強くすべきであると考えられる。

最後に、本稿執筆に当り関係資料提供などのご協力をいただいた各位に厚く感謝する次第である。紙面の都合上、最近の機械について広範囲に触れられなかったことについてお詫びします。

#### [参考文献]

- 1) (株)日本建設機械化協会：日本建設機械要覧，1998。
- 2) 特集・大口径杭岩盤削孔工法の現状，基礎工，1995年3月。
- 3) 安達経治：岩盤と基礎杭，建設の機械化，1995年9月。
- 4) 相原正之：基礎工事用機械の現状と展望，基礎工，1993年2月。
- 5) (株)日本建設機械化協会：大口径岩盤削孔工法の積算，平成8年度版。
- 6) 森康治：大口径場所打ち杭の需要動向，月刊建築技術，1996年6月。
- 7) 八木ほか：超大型（口径4m）全旋回ボーリングマシンの開発，建設の機械化，1995年5月。
- 8) 岩盤削孔技術協会：工法・機械調査報告書，1997年2月。

## <基礎工> 合本ファイル

厚い材質で使い易くなりました

定価 1,325円(税込み)

送料

地域別	1冊	2~3冊	4~6冊	7~11冊	12冊以上
東京23区内	390円	510円	510円	630円	750円
23区以外の東京、関東甲信越、東海、北陸の各県、滋賀、三重、宮城、山形、福島	390円	610円	610円	770円	930円
青森、秋田、岩手、三重と滋賀を除く近畿の各府県、中国全県、四国全県	390円	700円	820円	980円	1,140円
九州全県と沖縄、北海道	390円	700円	950円	1,180円	1,340円

背中が見える  
特集のタイトルが一目瞭然!

- ・1年分12冊が綴じ込めます。
- ・クリップ式で、取扱いが簡単です。
- ・バックナンバーの保存に便利です。

### 総合土木研究所

東京都文京区湯島4-6-12 湯島ハイタウンB-1310 〒113-0034  
☎ 03-3816-3091(代) FAX 03-3816-3077





## 報 文 最近の海外における施工事例

気仙 哲夫\*

### 1. はじめに

日本における最近の場所打ち杭工法は、大まかにいって建築分野ではアースドリルの拡底工法、土木分野では全回転マシンを使用したオールケーシング工法に収束してきているように思われる。これに対して、海外では当たり前であるが地域、地盤、文化、経済発展状況などの違いにより、種々の工法がその特徴を生かしつつ適用されてきている。そして、技術者としての観点からいえば、クアラルンプール、香港、ソウル、台中（台湾）などの都市での大型建設工事の基礎工は、その地盤条件等のきびしさから非常に高い技術力が必要とされている。

一方、山留め壁の分野では、日本ではSMW工法が地盤条件等とマッチして広く行われ、場所打ち杭工法の利用はほとんど見られない。これに対して海外では、地盤等の関係もあると思うがオールケーシング工法等を利用した柱列壁が頻繁に用いられている。

本稿では、上述したようなむずかしい地盤や、日本であまり馴染みのない施工例をできるかぎり多く取り上げることに主眼をおいた。このため、紙面の都合もあり、個々の内容が希薄になった点をあらかじめお断りしておく。

### 2. マレーシアにおける場所打ち杭工事

マレーシア、特に首都クアラルンプール（以後、KLと呼ぶ）は、地盤が複雑に入り組んでいること、かつ基礎となる石灰岩層中に亀裂や空洞が多数存在することで有名であり、場所打ち杭の施工に当たっては細心の注意が必要である。ここでは、図-1に

示されるように、KL市内の中心部に数百m離れて施工された二つの建築基礎工事例を取り上げるが、その地盤のむずかしさを理解していただければと思う。

#### 2.1 ベルジャヤ・スターシティプロジェクト

##### 2.1.1 プロジェクト概要

当プロジェクトは、マレーシアで最も大きなショッピングセンターとレクリエーションセンターを含む複合ビルの建設工事であり、図-2に示されるように、地下5階の駐車場部と44階建のツインタワー部、それとそれをつなぐ低層棟部から構成される。建物の総床面積は約52,000m<sup>2</sup>であり、基礎工事の数量は表-1に示すとおりである。

現場では、場所打ち杭の施工に先立って連続地中

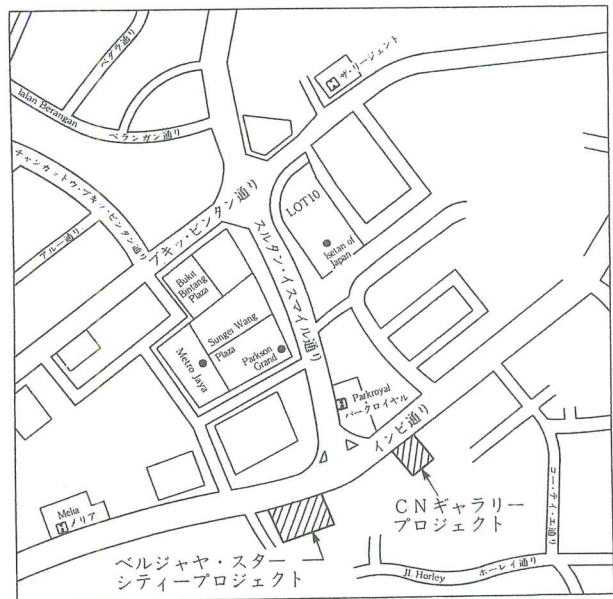


図-1 現場位置図

\* KESEN Tetsuo パウアー・ジャパン(株) レンタル営業部 部長 | 東京都港区南青山4-20-19 プレム南青山ビル2F

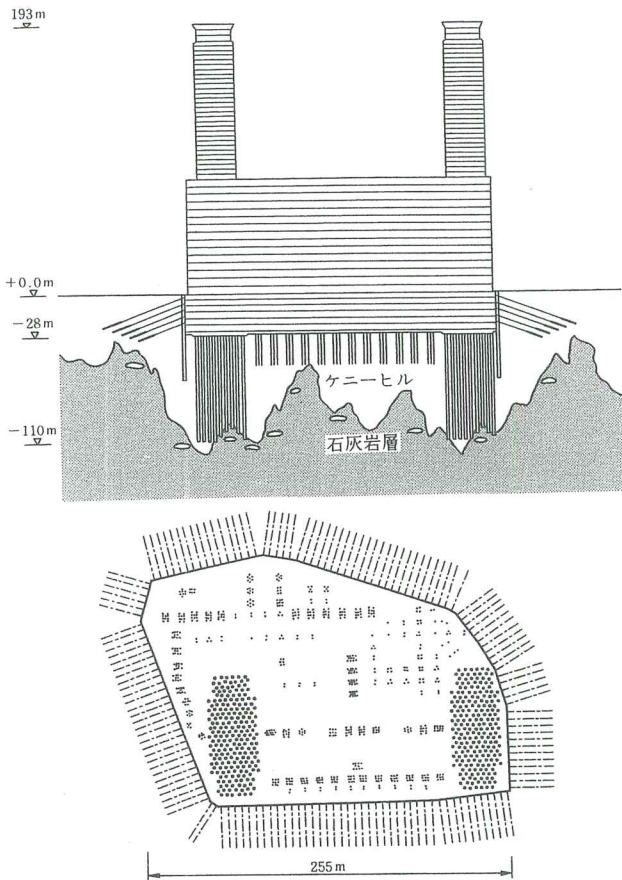


図-2 ベルジャヤ・スターシティプロジェクト概要

壁工事が行われ、事前に地表面より-28mの深さまで根切りされた。その後、ビルの高層部にはφ1,500mm、長さ約80mの場所打ち杭が418本、低層部にはミニパイルが施工された。なお、石灰岩層中に入る杭は、2~4m根入れされたとのことである。

場所打ち杭は1996年5月から施工開始され、昼夜2交代作業で同年11月に完了した。平均すると約3本/日の能率であった。

### 2.1.2 地盤状況

KLの地盤を構成する地質はケニーヒルと呼ばれ

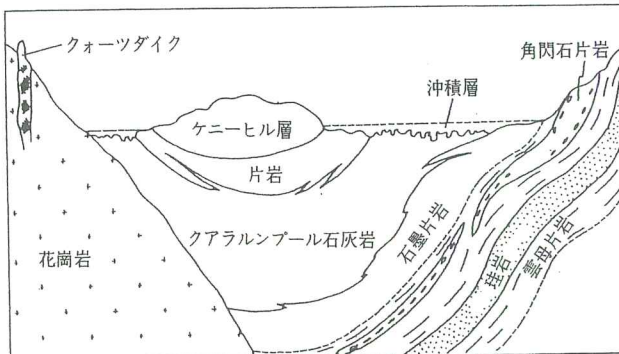


図-3 KL地域の地質断面図

表-1 基礎工事の数量と施工業者

工種	数量	施工業者
連続地中壁	面積	25,000m <sup>2</sup>
	壁厚	1,200mm
	深度	60m
アンカー	本数	4,000本
	最大耐荷力	125t/本
	最大削孔長	60m
場所打ち杭	本数	418本
	最大耐荷力	1,150t/本
	削孔長	φ1,500mm
	最大削孔長	80m
マイクロパイル	本数	600本
	削孔径	φ250mm
	最大削孔長	40m
掘削土量	約1,050,000m <sup>3</sup>	

る堆積岩と石灰岩であり、さらにそれらを取り囲むように、花崗岩の貫入岩体が分布している (図-3 参照)。

このケニーヒル層は古生層の雲母片岩、石墨片岩、角閃石片岩などの片岩類、頁岩、千枚岩、珪岩などが主な構成岩石であり、これらの層が相互に入り組んでおり、地質構造的には複雑である。強度的には土被りが浅いこと、高温多湿といった気象条件、さらには花崗岩の貫入による熱変成の影響により、一般に著しく強度低下を起こしていて、一軸圧縮強度は数十kg/cm<sup>2</sup>~数百kg/cm<sup>2</sup>といったところである。しかしながら、片岩類とは逆に、砂岩の石英分が熱変成により再結晶した珪岩は、一軸圧縮強度で500~2,500kg/cm<sup>2</sup>を示し、数mから十数mの幅で層状に分布している。

石灰岩層は、図-4に示すように複雑な地層である。このような石灰岩地帯では、①岩盤上面の凸凹、②空洞、③崖、④オーバーハング、⑤シンクホール、⑥塔状の突起 (ピナクル) などの特徴的地形が見られる。これらの地形は地中に埋没しているケースもあり、また、地表に露出しているケースもある。

なお、地質図でケニーヒル層とされる地域でも、

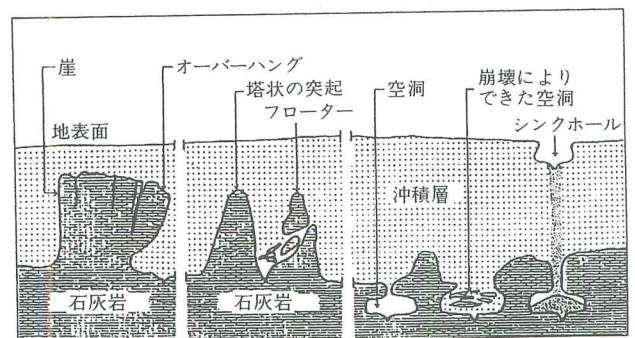


図-4 石灰岩地帯に見られる種々の特徴

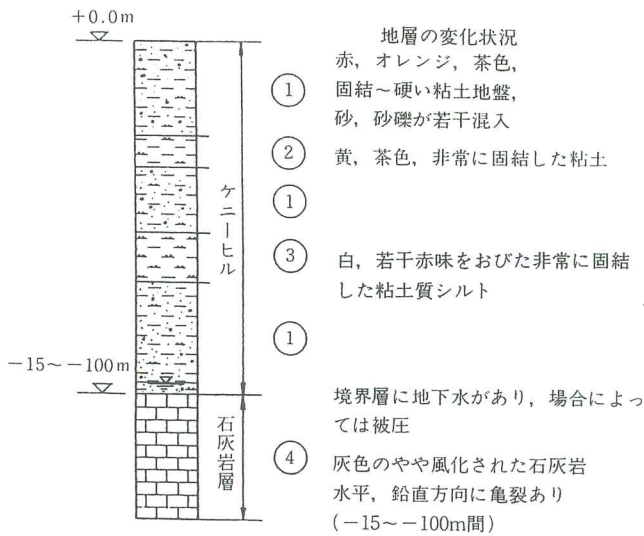


図-5 当地点における地盤状況

石灰岩が下位に存在することが多くあり, 当工事もそのケースに当たる。図-5 に当地点の地盤状況を示す。

### 2.1.3 場所打ち杭の施工

#### (1) 使用機械

当工事では総数418本, 総延長約30,000mの場所打ち杭を24週間で施工しなくてはならなかったため, BG30とBG40の2台が使用された。特にBG40は深度80mの施工と, 長さ9mの表層ケーシングを一気に押し込み/引抜きするために設計されたもので, 30tのラインプルを有する自由落下機能付きウィンチを搭載している。ロッキング式ケーラーは4段式の新設計のもので, 30t-mのフルトルクに耐えられる構造となっている。

図-6 に使用したマシンの概要を, また, 写真-1 に施工中の状況を示す。

#### (2) 削孔ツールズ

ケニーヒル層の削孔は, 図-7 に示す

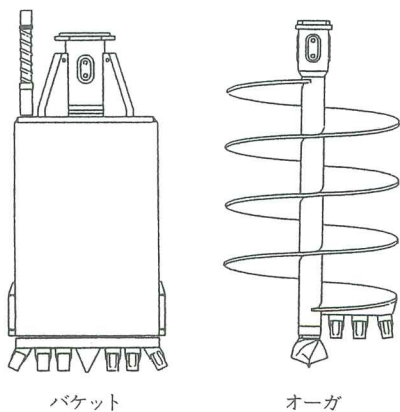


図-7 バケットとオーガ

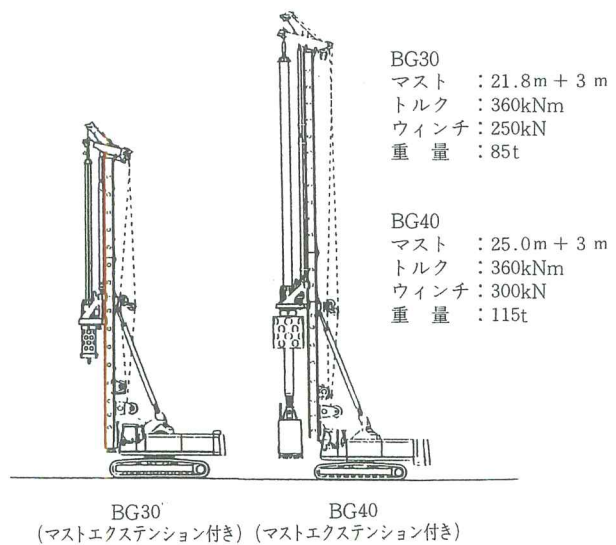


図-6 使用したマシンの概要

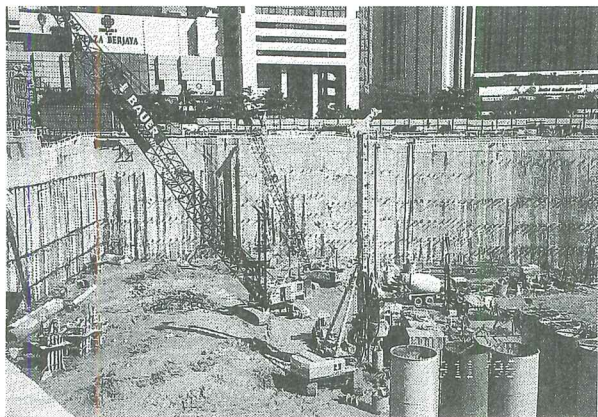


写真-1 場所打ち杭施工状況

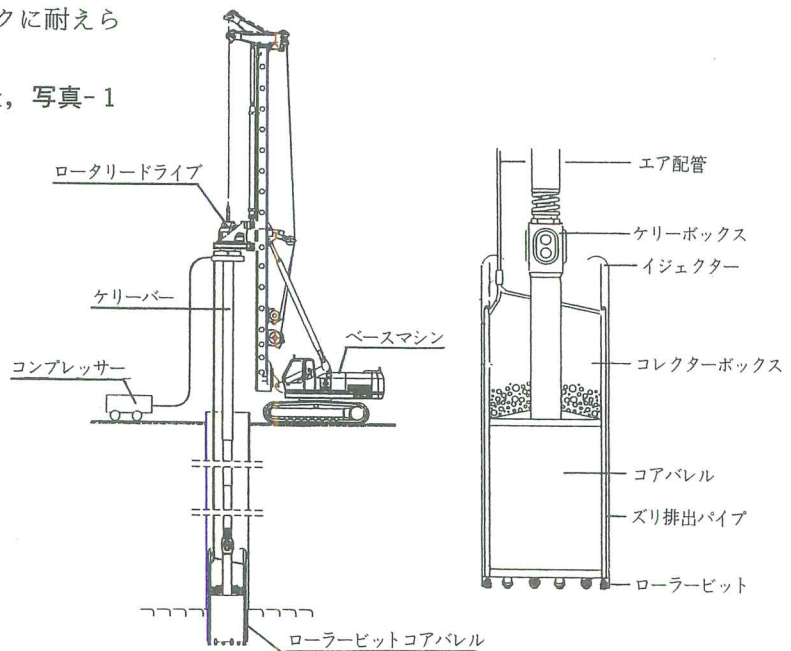


図-8 ローラービットコアバレル

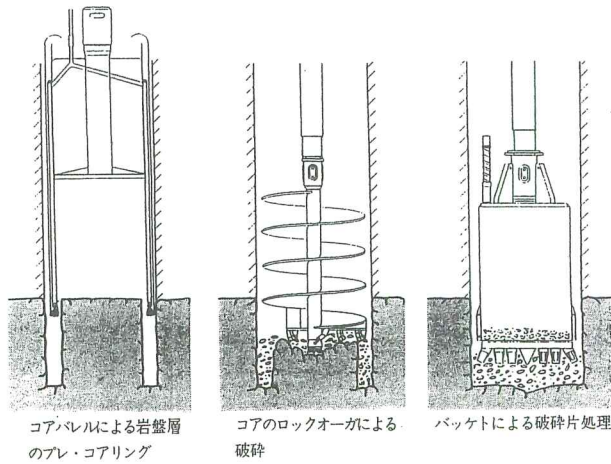


図-9 石灰岩層の削孔手順

表-2 基礎工事の数量

区 分	延削孔長 (m)	延削孔長 (m)		
		土砂	岩盤	計
柱列壁 シーカント パイルウォール	φ880mm 先行	513	392	905
		508	420	928
	φ1,180mm 先行	1,094	1,241	2,335
		1,069	1,276	2,345
	小 計	3,184	3,329	6,513
コンティギュラス パイルウォール	φ1,500mm	120	135	255
	φ1,800mm	364	193	557
	小 計	484	328	812
場所打ち杭	φ1,200mm	145	113	257
	φ1,500mm	476	791	1,267
	φ1,800mm	373	769	1,142
	φ2,200mm	175	239	415
	小 計	1,169	1,912	3,081
合 計		4,837	5,568	10,405

ようなバケットとオーガを、また、岩盤の削孔は図-8に示すようなローラービットコアバレルを用いて、図-9に示す手順で行われた。

(3) 石灰岩中の空洞処理

KLの石灰岩層中には、前述したように亀裂や空洞が多数存在するため、事前に石灰岩層の表面より10m下までφ250mmで削孔し調査が行われた。そして、空洞が存在する場合には4週強度が約200kg/cm<sup>2</sup>のモルタルが注入された。

2.2 CN ギャラリープロジェクト

2.2.1 プロジェクト概要

当プロジェクトはオフィスタワー、ホテル、アパート、ショッピングモールから構成される複合商業ビルの建設工事であり、図-1中に示されるように、前述したプロジェクトとは数百mしか離れていない。建物は地上27階、地下6階の構造で、グラウンドアンカーによる山留めができないため、逆巻き工法で計画されている。主な基礎工事の数量を表-2に、また、柱列壁と場所打ち杭の平面配置を図-10に示す。

2.2.2 地盤状況

当地点の対象地盤も、前節のプロジェクトと同様にケニーヒル層と石灰岩層である。しかしながら、わずか数百mしか離れていないにもかかわらず、石灰層の出現深度の変化が激しいことから総数約

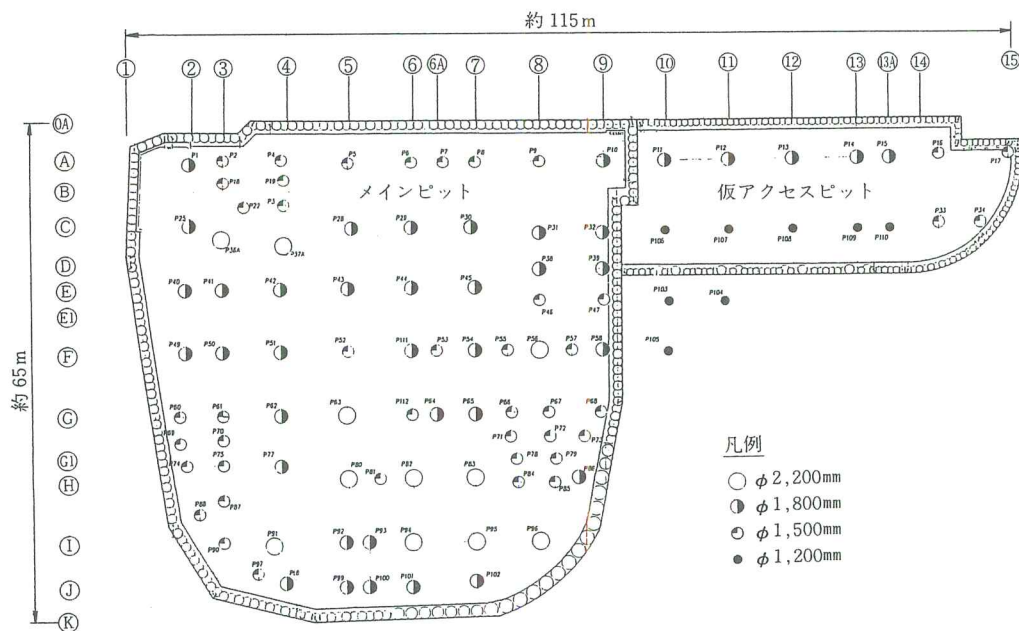


図-10 柱列壁と場所打ち杭の平面配置

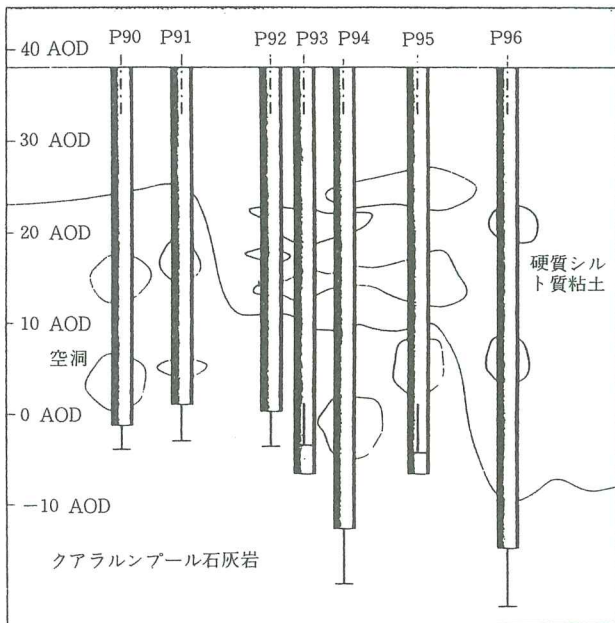


図-11 当工事での地盤状況 (I-I断面)

150本の調査ボーリングが実施された。その結果、敷地の南東コーナーでは石灰岩層が深く落ち込み、GL-44mの位置にあることが判明した。図-11にI-I断面での地盤状況を示す。

なお、杭の削孔中に得られた石灰岩のコア (写真-2参照) の圧縮強度は、約 $1,200\text{kg}/\text{cm}^2$ を示していた。また、事前に岩盤や亀裂に対してCBモルタル注入が行われていたにもかかわらず、杭削孔中にかなりの逸泥がたびたび発生した。削孔で採取されたコアには指大から数百mmサイズの亀裂が見られ、地盤中で複雑に亀裂がつながっていることが想定された。

### 2.2.3 柱列壁の施工

#### (1) 概要

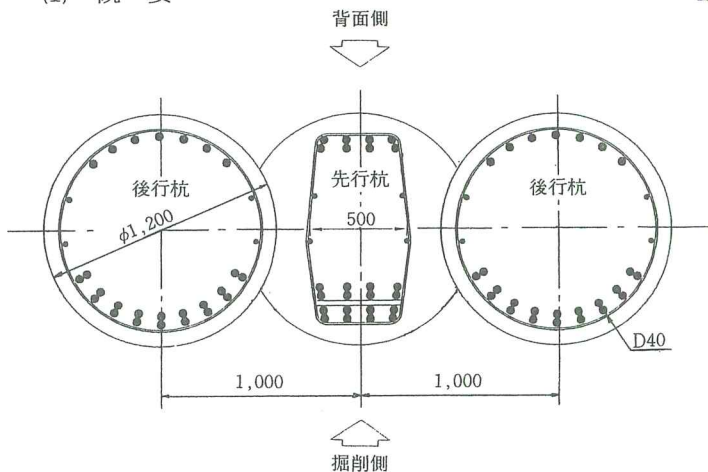


図-12 柱列壁 (シーカントパイルウォール) の構造

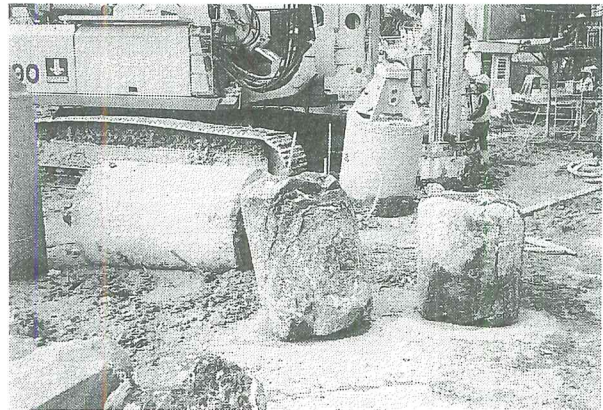


写真-2 杭削孔中に得られた石灰岩のコア

柱列壁には、基本的に $\phi 880\text{mm}$ と $\phi 1,200\text{mm}$ のシーカントパイルウォール (先行杭を後行杭施工時にカッティング) が採用されたが、敷地の南東部の岩盤線が深い部分では、必要とされる剛性の関係上、 $\phi 1,500\text{mm}$ と $\phi 1,800\text{mm}$ のコンティギュアスパイルウォール (先行と後行杭が接した構造) が採用された。そして、これらの柱列壁には、内部掘削の関係で2フロアごとに床版で支保されるため、大きな曲げモーメントが作用する。このため、先行および後行杭の両方に鉄筋籠が挿入された。

1例として、柱列壁 (シーカントパイルウォール) の構造を図-12に示す。

なお、柱列壁施工の初期の段階で、かなりのコンクリートロスが石灰岩層中で発生したため、前述したように柱列壁施工ラインに沿って空洞や亀裂を対象としたCB注入が事前に実施された。そして、この注入によりそれ以後のコンクリートロスを劇的に改善することができた。

#### (2) 使用機械

当工事では全柱列壁を19週間で施工しなくてはならなかったため、BG22×1台、BG30×3台の計4台のマシンで施工を行った。

表-3 使用したマシンの仕様

機種	BG 22	BG 30
トルク	220kNm	367kNm
クラウドシリンダー 一引き	350kN	400kN
一押し	250kN	250kN
マスト高	24m	23m
メインウィンチ	150kN	250kN
サブウィンチ	75kN	75kN
重量	84t	90t

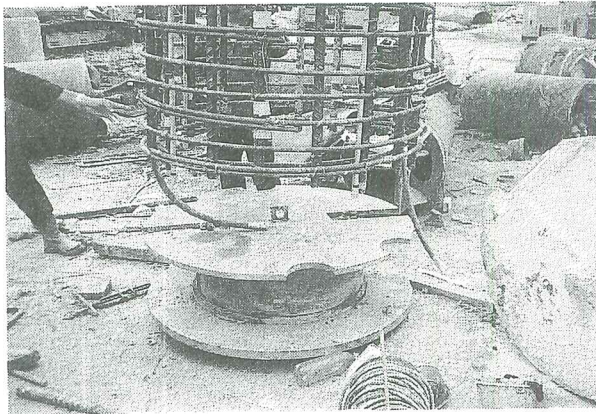


写真-3 ベースグラウチング用装置の取付け

これらのマシンの仕様を表-3に示す。

(3) 削孔ツールズ

柱列壁施工時に用いた標準的なツールズは、コアバレル、ロックオーガ、ロックバケット、それにローラービットコアバレルの4種類である。そして、下記の手順にて岩盤削孔は実施された。

- ①コアバレルまたはローラービットコアバレルによるプレ・コアリング。
- ②クロスカッターによる残ったコアの破碎。
- ③破砕片のロックバケットまたはクリーニングバケットによる処理。

2.2.4 場所打ち杭の施工

(1) 概要

場所打ち杭は、仮アクセスピット（根切り深度約8.0m）用にはφ1,200, 1,800mmのものが、メインピット（根切り深度約21.0m）用にはφ1,500, 1,800, 2,200mmのものが、総計107本施工された（図-10参照）。φ2,200mmの場所打ち杭はこの時点でマレーシアでの最大径であり、設計荷重は3,000tとなっている。場所打ち杭中に建込まれる鋼芯柱は、最大長さ25mで重量は最大約22tである。

なお、すべての柱は各々1本の杭で支持されるため、下部の地盤の調査と杭体コンクリートの超音波測定、さらにはベースグラウチング（写真-3参照）が実施された。もちろん、事前の地盤調査で空洞や亀裂が発見された場合には、前述したようにCBモルタル注入が実施された。

(2) 使用機械と削孔方法

場所打ち杭は、基本的に表層ケーシングをパイプロハンマー（PTC 50 HF）でGL-12mまで打込み、その後、内部をBG30×3台にて削孔した（写真-4参照）。

なお、ケニーヒル層の掘削は何ら問題がなかった



写真-4 場所打ち杭の施工状況

が、この石灰岩層をBG30でフルフェースで削孔することは、最初のφ2,200mmの掘削（深度51m中、約30mの石灰岩掘削）においてマシンの削孔能力を超えている（削孔に時間がかかり、かつ過剰な消耗がツールズやケーリーバーに生じた）ことが判明したため、まずφ1,180mmで先行削孔する2段掘りに変更した。これにより、ツールズに取付けられているビットなどの消耗をかなり低減することができた。

(3) 削孔ツールズ

当現場では、地盤に合った最適のツールズを選定するために種々のトライアルが行われた。その結果、通常の岩盤削孔で使用されるコアバレルとクロスビットやロックオーガの組合わせより、ローラービットコアバレルの方がビットの消耗やマシン本体に与える影響が小さいことから有利であることが判明した。また、このローラービットコアバレルの中心に、センタースプリットコーンを取り付けたもの（写真-5参照）は、リングカットされたコアがそのまま取り出されるケースが多々あり、コストや時間の節約の面で効果的であることがわかった。

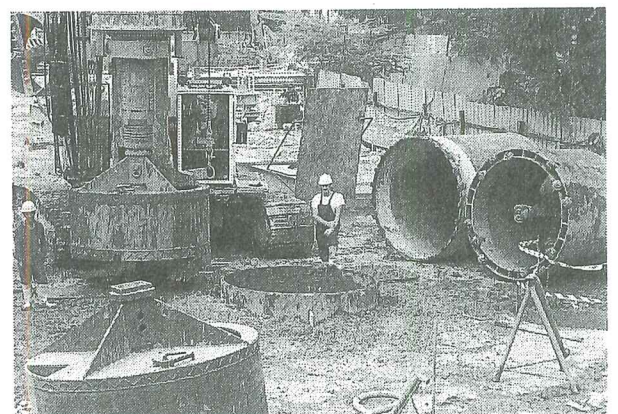


写真-5 BG30と削孔ツールズ（右端：スプリットコーン付きローラービットコアバレル）

また、当初問題となった点として、石灰岩層表面が急傾斜している場合での杭の芯ずれがあった。しかしながら、長さ3mのロングコアバレルの採用と、高速回転、最小押し付け力を与えることにより、状況を劇的に改善することができた。

### 2.2.5 注入工

当工事では、柱列壁や場所打ち杭施工時の逸泥やコンクリートロスを防ぐために、すべての杭位置に対して調査ボーリングが実施され、必要に応じてCBモルタルの注入が行われた。その数量は表-4に示されるとおりであり、いかに膨大な量のグラウト材が、亀裂や空洞に注入されたかが理解されると思う。

## 3. ドイツにおけるCFA柱列壁工事

### 3.1 プロジェクト概要

当プロジェクトはミュンヘン市内での保険会社本社ビル建設工事であり、景観上の問題から既存ビルの通りに面した正面部を残して後方部を解体し、そこに新たに本社ビルを新築する計画となっている。新築されるビルは地上5階、地下3～4階建の構造で、図-13中に示されるようにビル自体は直接基礎構造となっている。山留め壁には隣接する建物からある程度離れたところでは鋼矢板工法が、近接したところでは根切りによる悪影響を避けるために柱列

表-4 グラウト工実績

グラウト注入工	直径 (mm)	延削孔長(m)			グラウト材 注入量(m <sup>3</sup> )
		土 砂	岩	土砂+岩	
柱 列 壁	152	1,334	868	2,202	1,565
場 所 打 ち 杭	152	1,281	2,225	3,506	1,556
合 計		2,615	3,093	5,708	3,121

壁（シーカントパイルウォール）工法が採用された。

また、この柱列壁の施工には、一般的に行われているオールケーシング+ロータリー削孔とCFA削孔の2種類の方法が採用され、使い分けは比較的低い建物が近接している部分にCFA工法を適用しているとのことであった。

### 3.2 地盤状況

当地点の地盤はミュンヘン市内では一般的な地盤であり、図-13中に示されるようにN値30程度の砂、砂礫層から構成される。地下水位はGL-4m前後にある。

### 3.3 柱列壁の施工

#### 3.3.1 概要

シーカントパイルウォールは、先行打設されたコンクリートを後行杭施工時にカッティングすることにより築造され、一般的にはオールケーシング工法で施工されることが多い。

CFA工法は、ヨーロッパでは一般的に行われている場所打ち杭築造工法の一つで、図-14に示す手順で杭が造成される。特長は、手順がシンプルなために、地盤条件と適用深度が合致すれば、可動式ロータリーリグを用いたオールケーシング工法の2～3倍の施工能率が得られる点である。

当工事ではφ750mmの径が採用され、ピッチ600mm、カッティング長150mmで計画された。

#### 3.3.2 使用機械と実績

当工事では、CFA削孔にはBG40が、オールケーシング削孔にはBG30が用いられた。表-5にそれらのマシンの概要を、また、現場での稼働状況を写真-6、7に示す。なお、BG40（CFA仕様）は適用深度の関係で約-3m下がり盤から施工を行った。

CFAとオールケーシングの実績は

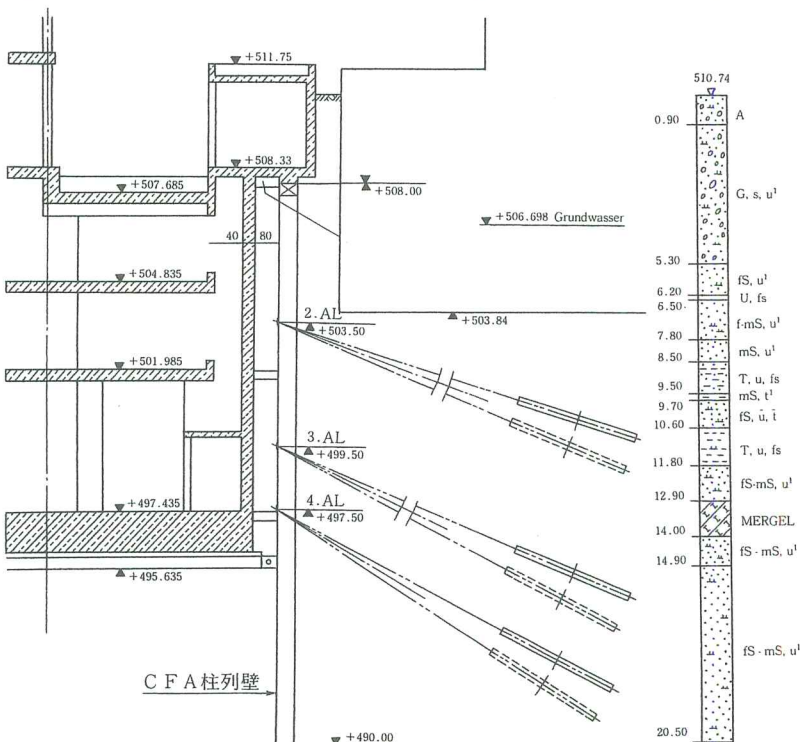
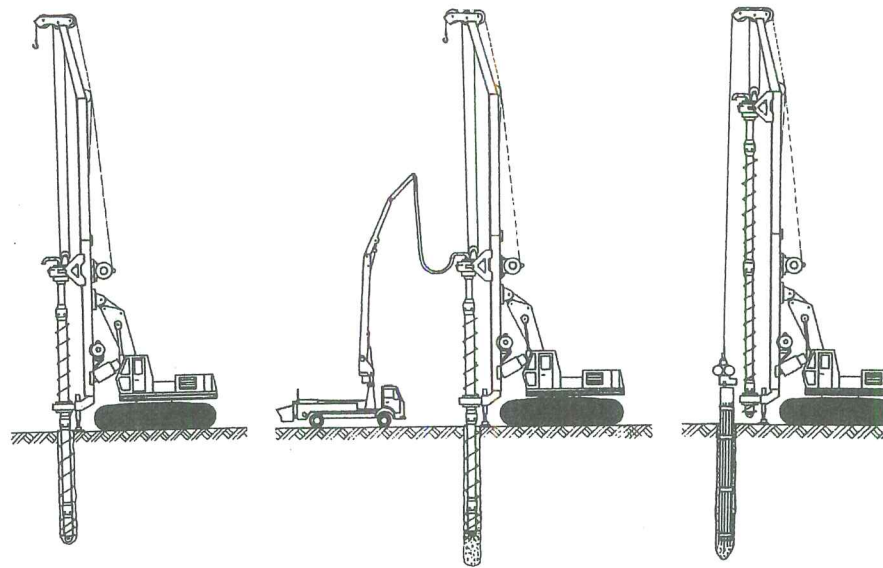


図-13 CFA柱列壁断面図



1. CFAオーガで所定深度まで削孔。孔壁はフライト間に掘削土が詰まったオーガにより安定。
2. ポンプ車でコンクリートの打設を行いながら、CFAオーガを引き抜き。
3. 鉄筋籠の建込み。

図-14 CFA工法の施工手順

表-5 使用したマシンの仕様

機 種	BG30	BG40 (マストエクステンション)
トルク	367 kNm	367 kNm
クラウドシリンダー		
—押し	350 kN	400 kN
—引き	250 kN	250 kN
マスト高	23 m	28 m
メインウィンチ	250 kN	30 kN
サブウィンチ	75 kN	75 kN
重量	90 t	90 t
備 考		CFA仕様



写真-6 BG40によるCFAF柱列壁施工状況



写真-7 BG30によるオールケーシング柱列壁施工状況

表-6 施工実績

施 工 法	実 績
CFA工法 (BG40)	1 = 18.6 m/本 7~10 本/日
オールケーシング工法 (BG30)	1 = 22~23 m/本 4 本/日

表-6 に示すとおりであり、CFA の方が約 2 倍の施工能率となっている。

#### 4. ドイツにおける Vibex-III 工事

##### 4.1 プロジェクト概要

当プロジェクトは、図-15に示されるドイツ、ブ



図-15 現場位置図



ラウンシュバイクにおける5階建オフィスビル建設工事である。当ビルは、歴史的価値のあるビルに隣接している。このため、当初ディープバイブレーター（サウンドコンパクション工法的一种）による地盤の振動締固め（密度増加）が計画されていたが、振動による隣接構造物への悪影響が懸念されたためVibex-III工法に変更された。

#### 4.2 Vibex-III工法とは

Vibex-III工法は、非排土型の場所打ち杭（場所打ちスクリーパイル）工法的一种であり、図-16および写真-8に示されるように、先端の削孔装置（ドリルヘッド）に偏心回転体を備えている。そして、このドリルヘッドに回転力と下向きの押し付け力を与えることにより、ドリルヘッド下部の地盤は削孔され、すぐ上部の偏心回転体により掘削された土砂は、側方の乱されない地山に排除され締固められる機構となっている。

この締固めにより周囲の地盤の空隙は減少し、結果的に相対密度の増加が図られる。そして、設計深度に到達したならば、偏心回転体を引き上げながら、コンクリートあるいは砂礫といった材料が中空シャフトを通して削孔された空隙に打設される。なお、コンクリートが打設された場合には、必要に応じて

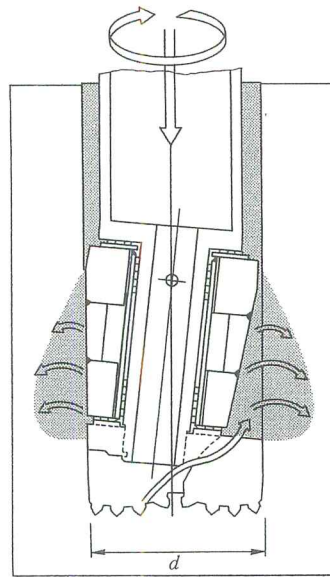


図-16 Vibex-IIIの構造



写真-8 Vibex-IIIのドリルヘッド

鉄筋や鋼材の挿入を後から行うことができる。

このため、当工法は地盤改良、場所打ち杭、さらにはそれらの効果が複合した基礎に対して適用することが可能である。なお、当工法はそのプロセスから、締まった地盤や粘着性のある地盤での貫入による改良効果は期待できないが、相対密度の比較的低い地盤に対して適用できる。

当工法の特長は下記に示すとおりである。

- ①締固め効果が高い。
- ②無排土工法である。
- ③廃棄物を発生させない。
- ④杭周辺地盤の締固めによる支持力の増加が期待できる。
- ⑤固結した地盤での貫入も可能（削孔速度は減少）。

なお、現在のところVibex-III工法は、 $\phi 410\text{mm}$ 、 $\phi 510\text{mm}$ の2種類の削孔径が適用可能である。

#### 4.3 地盤状況

当地点の地盤状況は、図-17に示されるように埋土、細砂、中砂、細砂と中砂の互層から構成されている。そして、GL-4~8m間に存在する埋土と中砂の弾性係数は $E_s=200\sim 300\text{kg/cm}^2$ であり、その下部に出現する細砂と中砂の互層の弾性係数は $E_s\geq 700\text{kg/cm}^2$ であった。なお、地下水位は

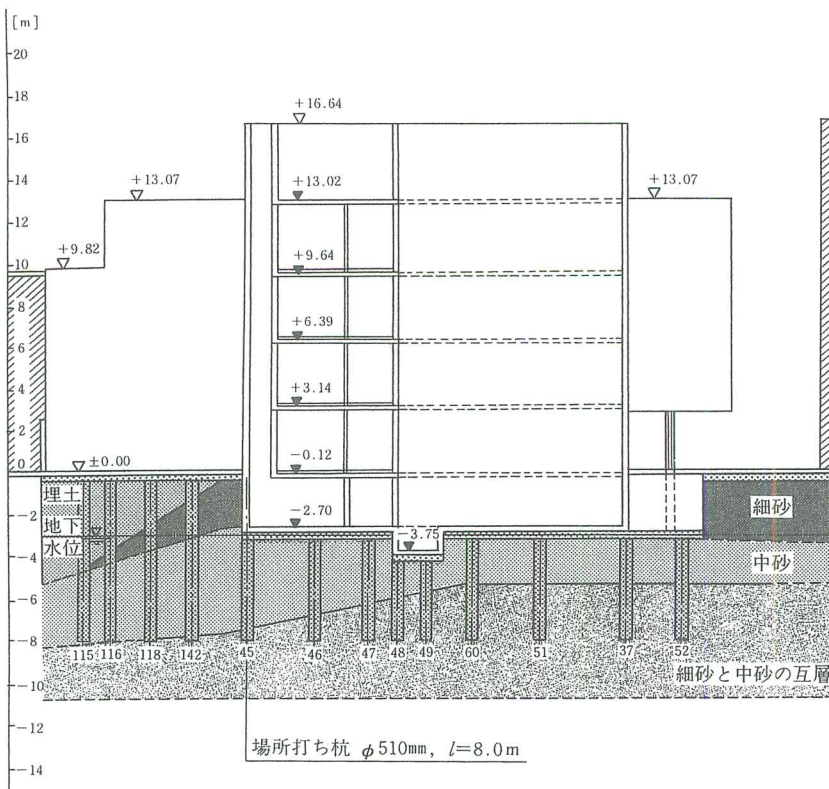


図-17 地盤および構造物の状況

表-7 BG10の仕様

項目	仕様
トルク	108 kNm
クラウドシリンダー 一押し	150 kN
一引き	150 kN
マスト高	16.9 m
メインウィンチ	75 kN
サブウィンチ	40 kN
重量	約40 t

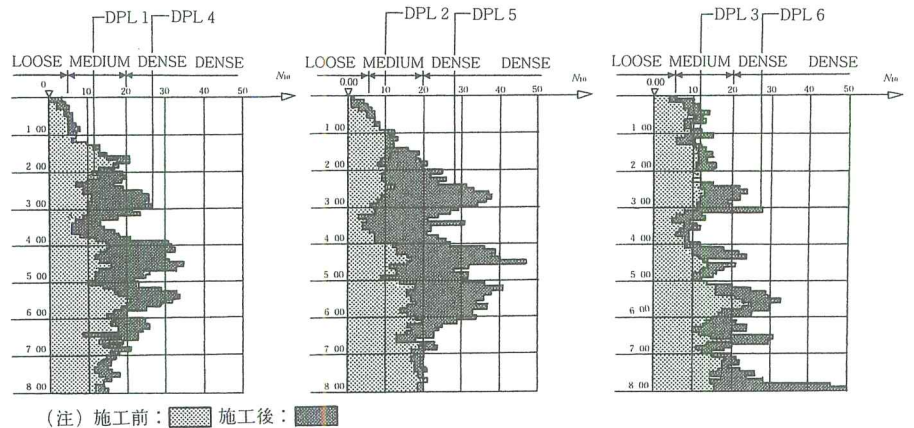


図-18 杭間の地盤調査結果

GL-3.0m 付近に存在する。

4.4 Vibex-IIIの施工

施工はBG10(表-7参照)を用い、以下の仕様で実施された。

- 場所打ち杭の直径 : 510mm
- 削孔深度 : 8m
- グリッドスペース(当初) : 2×2m
- グリッドスペース(変更後) : 3×3m
- 総杭本数 : 140本

施工は7日で終了し、1日当たりの最大施工本数は25本であった。施工の前後に実施された杭間でのダイナミックペネトロメーターテスト(DIN 4094-DPL)によると、明らかに相対密度の増加が確認された。その試験結果の1例を図-18に、また、施工時の状況を写真-9、10に示す。

なお、ダイナミックペネトロメーターの値( $N_{10}$ )と標準貫入試験の $N$ 値( $N_{30}$ )の間には、図-19に示す相関があるとのことである。

5. おわりに

いくつかの海外での施工例を簡単にご紹介したが、今後、情報、経済の面で一層国境がなくなってくると予想されることから、基礎の分野においても生き残っていくためには、海外との技術、情報の交換や協力が必要ではないかと考えている。そして、日本にも優れた基礎工法があることから、できればそれらを積極的に海外に紹介し、普及していくことも必要ではないかと考えている。

本稿が、そのような観点から読者の一助になれば幸いである。

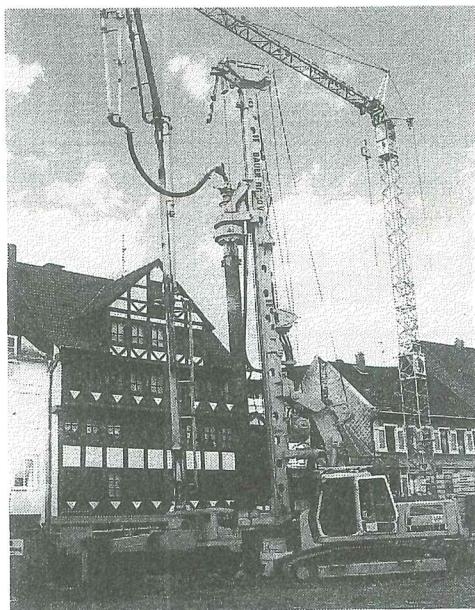


写真-9 Vibex-III施工中のBG10

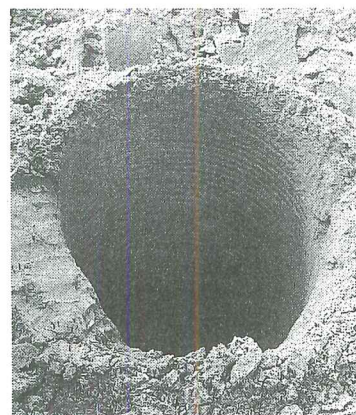


写真-10 Vibex-IIIにより削孔された孔

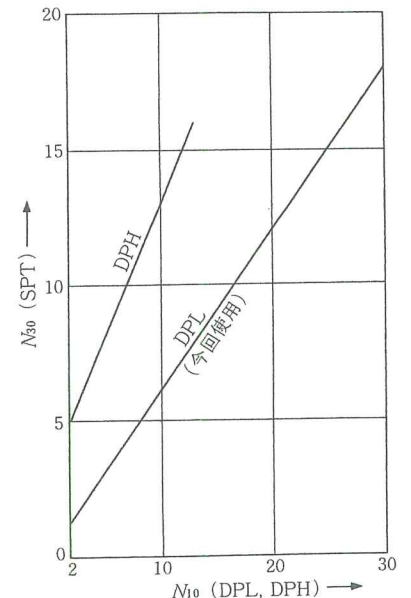


図-19 ダイナミックペネトロメーターの値( $N_{10}$ )と標準貫入試験の $N$ 値( $N_{30}$ )との関係

## 各 論 近接工事に用いる山留め壁の各種施工機械

渡辺 俊雄\* 東 洋二\*\*

### 1. はじめに

都市では、限られた空間を有効に利用するために建物は立体化し、地上には電柱、ケーブル、道路・鉄道高架橋、歩道橋などが道路上に覆いかぶさっている。さらに道路下には、都市の機能を維持させるための地下鉄、共同溝、洞道、通信・電力ケーブル、上下水道、ガスなどの、種々のライフラインが立体的に収まっている。

したがって、都市部で何らかの建設工事を行えば、地下埋設物、高架・橋梁構造物、河川港湾構造物、沿道建築物などの、既設構造物に接近して施工することとなる。また、このような都市部の建設工事だけではなく、地方においても既設の鉄道・道路・河川構造物を横断したり、わきに増設構造物を建造したりするケースも多い。

このように、既設構造物の近傍に新たに構造物を構築しようとするとき、特に「近接施工」という言葉が使われる。「近接」という言葉をつけて他の工事と区別するのは、施工中・完成後も含めて、既設構造物に対して新設構造物工事の及ぼす影響を常に考え、計画・設計・施工を行っていく必要があるからである。

近接施工の計画段階においては、どのような構造形式を選択し、どのような工法で施工すべきかをまず判断することが重要である。

一方、既設構造物の所有者・管理者はさまざまであり、近年鉄道・道路等の重要構造物の所有者は近接工事に対する基準を明示している。

本稿においては、近接工事で求められる機能・制約条件を前提にした「山留め壁の各種施工機械」について以下に述べることにする。

### 2. 近接施工において求められる事項

近接施工において、新設構造物工事が既設構造物の機能・安全性・耐久性などに影響を与える程度やその可能性は、既設構造物と新設構造物の位置関係、掘削深度、地質（地下水位）などの施工条件に大きく左右される。

特に考慮しなければならない事項は、周辺地盤の変状をできるだけ抑えることであり、そのための山留め壁の構造仕様およびそれを実現できる施工方法を選定すべき

である。

以上のことから、大規模（大深度）開削工事における山留め壁構造には、鉄筋コンクリート、鋼管矢板、H型鋼、H型鋼矢板などの高剛性仕様の山留め壁が一般的に採用されている。

施工方法においても、山留め壁施工中の周辺地盤への影響（地山の緩み、地下水位の低下）が少ない工法、例えば圧入工法、プレボーリング工法、中掘り工法が、掘削段階では自立状態期間（支保工架設までの期間）を短く、もしくは不要にする施工方法（水中掘削、水中での底盤コンクリート打設など）が採用されている。

一方、近接施工となる工事は、既設構造物との隔離・作業スペース・空頭制限など、きびしい施工条件下での施工が要求される場合が多々あり、施工環境条件に見合った機械を選定していく必要がある。

### 3. 山留め壁の種類と施工方法

山留め壁を壁体材料の観点より分類し、それぞれの工法・機械を示したものが図-1である。

#### 3.1 山留め壁の種類

##### 3.1.1 コンクリート系山留め壁

壁式と柱列式とがあり、山留め壁の中で最も剛性が高い。

壁式は、泥水で地山を安定させながら溝孔を掘削し、鉄筋籠または形鋼建込み後、溝孔をコンクリートで置換して、地中に直接RC山留め壁を構築する泥水置換工法である。

柱列式は、いわゆる場所打ち杭系の地下連続壁工法で、場所打ち杭を連続して壁状に打設し山留め壁を構築する。掘削方法・地山安定方法により、オールケーシング工法、ロータリー掘削工法、アースオーガー工法に分類される。

##### 3.1.2 ソイルセメント系山留め壁

コンクリート系と同じく壁式と柱列式があり、セメントミルクと原位置土砂を混合攪拌して造成した改良体、H形鋼・I形鋼などの芯材を挿入して山留め壁を構築する。山留め壁にかかる土水圧は芯材のみで抵抗させ、改良体により遮水性を確保するのが特徴である。

壁式（等厚）は掘削方法により、エレメントに分割し

\* WATANABE Toshio 清水建設(株) 土木本部 技術開発部長  
\*\* AZUMA Yoji 同上 土木東京支店 技術部 工事長

東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館

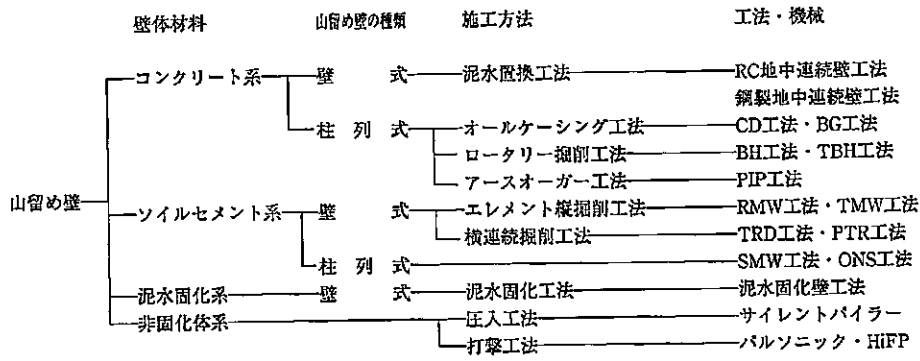


図-1 山留め壁の種類と施工方法

表-1 適用地盤・必要離隔一覧表

工 法	施 工 機 械	適 用 地 盤	近接構造物との 離隔 (mm)	機 械 寸 法 (m)			備 考
				全長	全幅	全高	
地中連続壁工法	バケット式掘削機 (低空頭型)	岩以外適用可	1,000	7.5	4.5	5.0	壁厚500~1,200まで。
	BW: BW5580 (低空頭型)	中硬岩・玉石以外適用可	1,000	3.5	3.8	5.0	壁厚600~1,000まで。
	EM: BMX-120 (低空頭型)	硬岩・玉石以外適用可	1,000	4.8	5.8	4.7	壁厚650~1,200まで。
CD工法	ケーシングドライバー本体 中掘り掘削機	硬岩まですべての地盤で適用可	2,100	3.7	3.0	3.0	杭径φ500~3,000まで。 機械寸法はCD1, 500
BG工法	BG7, 9, 14, 22, 30, 50	すべての地盤で適用可	1,000(BG7)	7.6	3.2	15.8	杭径φ550~2,400まで。 機械寸法はBG7
BH工法	TBM-LH	砂質土, 粘性土, 砂礫, 軟岩まで適用可	500	2.8	1.1	1.8	杭径φ300~1,500まで。
TBH工法	TBH-92A (クローラクタイプ)	砂質土, 粘性土, 砂礫, 軟岩まで適用可	750	3.7	2.0	2.7	杭径φ600~2,200まで。
RMW工法	三点杭打ち機式RMW機 450P・600P	土丹, 砂礫, 砂質土, 粘性土, 腐植土	450(壁厚800)	9.6	5.7		壁厚500~800まで。
TMW工法	三点杭打ち機式TMW機 TMW-350, TMW-520, TMW-600	土丹, 砂礫, 砂質土, 粘性土, 腐植土	500(壁厚900)	9.6	5.7		壁厚400~900まで。
PTR工法	PTR工法機 CX650PTR-30, PD135-PTR30M, PTR-25A	礫質土, 砂質土, 粘性土	545	9.0	7.3	4.5	壁厚550~650まで。機械寸法はCX650PTR30
TRD工法	TRD工法機 TRD-1, TRD-II, TRD-III	礫質土, 砂質土, 粘性土	450 (I) 650 (II) 750 (III)	7.4	6.7	10.0	壁厚450~850まで。機械寸法はI型
SMW工法	SMW工法機 (低頭式) SMW5000	砂質土, 粘性土, 軟岩適用可 最大粒径10cm程度まで適用可	500	9.5	4.1	5.0	杭径φ550~900まで。
ONS工法	三点杭打ち機式ONS工法機	砂礫, 砂質土, 粘性土, 岩	775(杭径φ1,000) 525(φ500)	9.6	5.8		杭径φ500~1,000まで。 機械寸法は杭打機DH608-120M
	ゼロクリアランス工法機	砂質土, 粘性土, (オーガ併用で礫層可)	100	2.1	1.0	3.1	ゼロ対応鋼矢板使用。
サイレントバイラー工法	上部障害クリア工法機	砂質土, 粘性土, (礫層は困難)	600	2.5	1.5	2.0	水ジェット併用で適用範囲拡大。
HIFP工法	HIFPオーガー	締まった砂質土, 硬い粘性土	350(鋼矢板) 250(H型鋼)	8.3	3.0	15.6	折反式ブームにより空中障害を容易にかわすことができる。
バルソニック工法	ベースマシン: クローラクレーン: PAL-20	締まった砂質土, 中位の粘性土	700	10.0	4.7	26.0	水ジェット併用で適用範囲拡大。

\*地下連続掘削機の機械長さは壁厚を1.0mと想定し算出した。

\*近接構造物との離隔は、特記なきものは山留め壁芯からの距離を示す。ただし、壁式地下連続掘削機においては掘削幅 (1.0m)/2 + 0.5mとした。

て造成を行うエレメント縦掘削工法と、横方向に連続して掘削する横方向連続掘削工法がある。どちらも改良体が等厚に造成されるので芯材ピッチが自在にでき、柱列式に比べ壁体厚を薄くできるなどの長所がある。

柱列式は、柱状の改良体を壁状に連続造成して山留め壁を構築する。掘削はアースオーガ等にて行うが、杭径・杭位置などの施工条件に合わせて単軸・多軸を選定する。

### 3.1.3 泥水固化系山留め壁

地下連続壁工法などにおいて、掘削に使用する安定液に固化材を混合して固結させ、山留め壁体を造成する工法。固結前に鋼材やプレキャスト版を挿入して土水圧に抵抗させ、固化体により透水性を確保している。

### 3.1.4 非固化体系山留め壁

主として鋼製の山留め壁材を打撃または圧入により地盤に押し込む工法である。最も一般的なものとして鋼矢板山留め壁がある。

### 3.2 各種山留め工法と施工機械

図-1の山留め壁の種類と施工方法より、近接施工に適した工法を一部選定し、適用地盤・施工のために必要な離隔について表-1に示す。

表示した値は標準的なものであり、施工条件 (埋設物・補助工法・布掘り覆工・定規・その他防護施設) によって、詳細に検討する必要がある。

各種山留め工法と施工機械の概要について以下に述べる。

3.2.1 地中連続壁工法

コンクリート系壁式山留め壁の代表的な工法である。近年都市部において、狭径で空頭制限のある箇所での施工が増加し、そのため、小型の掘削機械が開発実用化されている。図-2に示すBMX-120は、2対のドラムカッターが水平に回転し土砂を切削するBMX掘削機の低空頭型である。機械高5m以下で深さ70mの掘削が可能である。

3.2.2 CD工法

CD工法は、いわゆる全旋回型場所打ち杭工法であり、単杭を連続して打設して地中連続壁を築造する。CD工法は、施工基盤上に据え付けたケーシングドライバ本体により、鋼製ケーシングを回転・圧入させると同時に、ケーシング内の土砂をクラムバケット等で排土掘削する。圧入したケーシングで、杭周辺の土砂崩壊を防止しながら所定の深さまで掘削し、その後、鉄筋籠・形鋼を建込み、コンクリートを打設して山留め壁を築造する。貫入させたケーシングは、コンクリート打設時にコンクリー

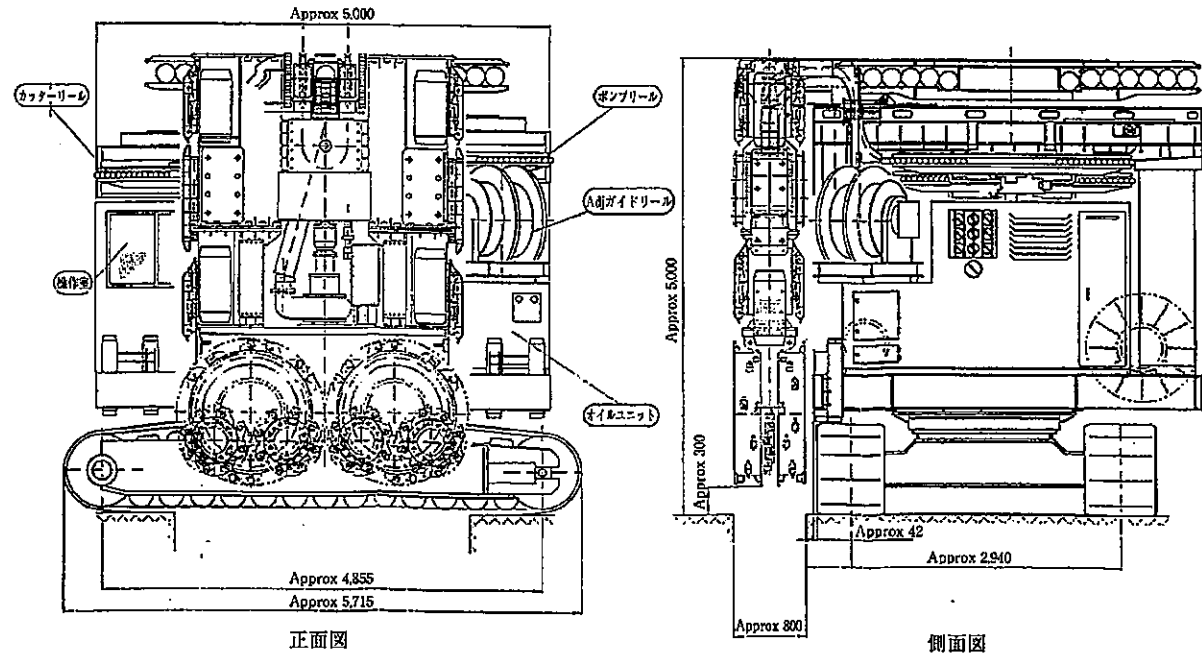
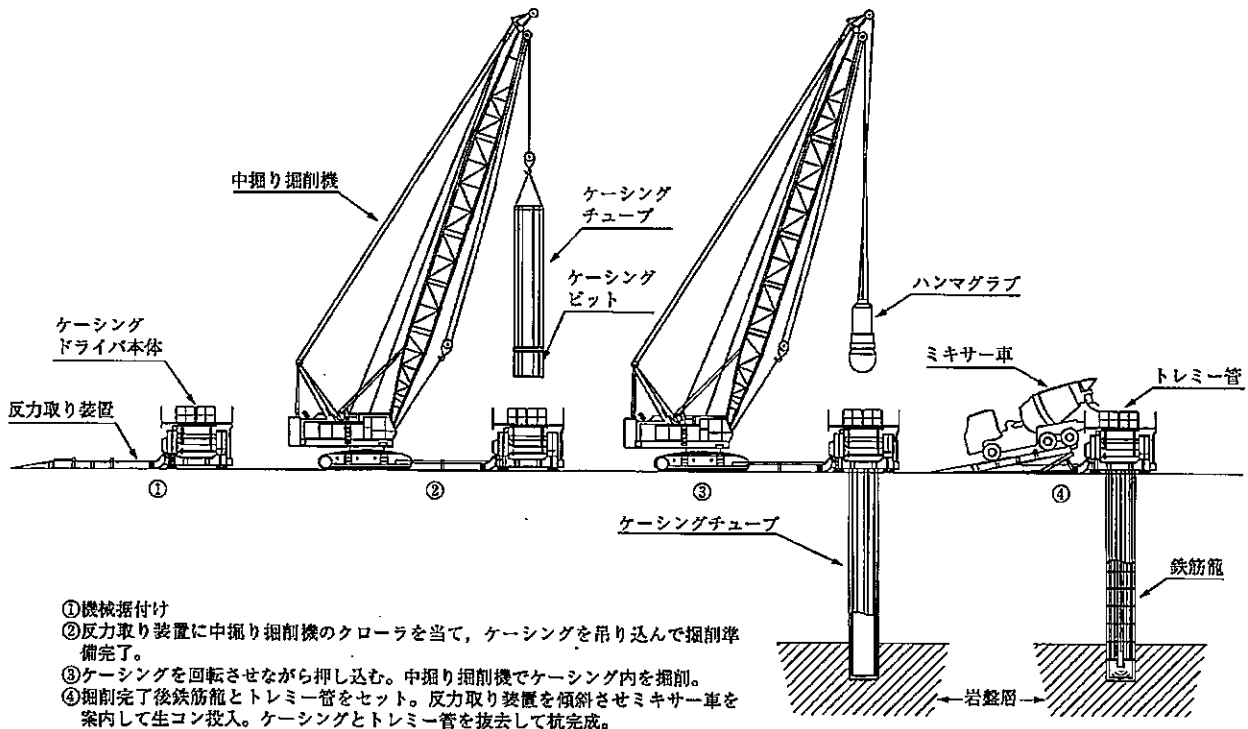


図-2 BMX-120掘削機



- ①機械据付け
- ②反力取り装置に中掘り掘削機のクローラを当て、ケーシングを吊り込んで掘削準備完了。
- ③ケーシングを回転させながら押し込む。中掘り掘削機でケーシング内を掘削。
- ④掘削完了後鉄筋籠とトレミー管をセット。反力取り装置を傾斜させミキサー車を案内して生コン投入。ケーシングとトレミー管を抜去して杭完成。

図-3 CD工法施工手順図



写真-1 BG工法施工状況



写真-2 BH工法地下鉄工事施工例

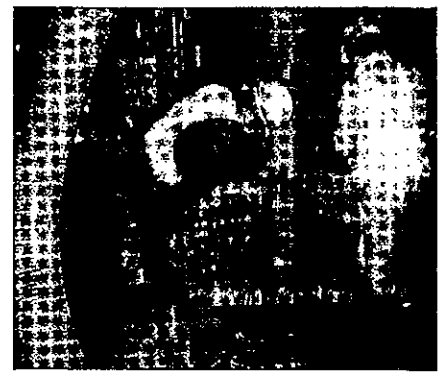


写真-3 TBH工法地下鉄工事施工例

トの打上がりとともに引抜く。

全旋回型の特徴は、ケーシングの刃先に特殊ビットを取付け、ケーシング本体による軟岩・玉石等の切削を可能にした点にある。このため、全旋回型のオールケーシング工法は、玉石・軟岩を対象にした地盤の場合に採用実績が高い。また、玉石を含む地盤や既設構造物が支障となる場所で、鋼(管)矢板山留め壁を施工する際の砂置換工法としても、しばしば採用されている。図-3に施工手順図を示す。

### 3.2.3 B G 工 法

BG工法は、独パワー社より導入した油圧式大口径多目的削孔機(BG)による削孔工法である。

削孔孔内に鉄筋籠あるいは形鋼を建込み、コンクリートを打設して単杭を築造し、単杭を連続打設して山留め壁とする。BG機は地質その他の条件に応じて、各種アクセサリやアタッチメントを替えることにより、粘性土・砂質土・礫質土・岩盤に対して、オールケーシング方式・アースドリル方式・オーガー方式・パークッション方式の削孔を行うことができる。

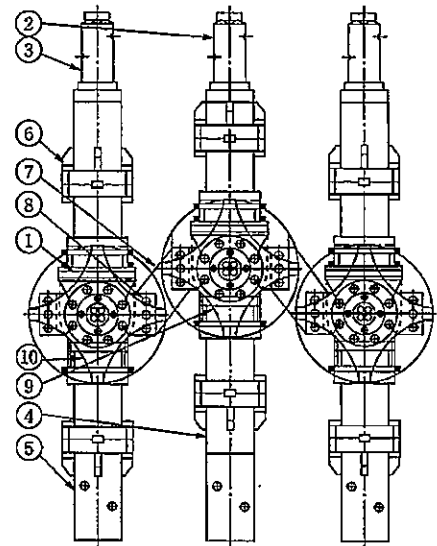
また、専用ロッドを装着させることにより、リバースサーキュレーション方式をとることも可能である。写真-1に施工状況を示す。

### 3.2.4 B H 工 法

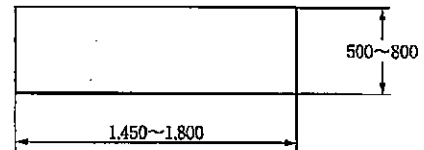
ロータリー式ボーリングマシンを用い、ビットの回転とそのドリル軸を通して送られるベントナイト安定液により、地中に100~1,500mmの孔を削孔し、削孔内部をモルタル等で置換え、H鋼等を建込んで単杭を築造する。単杭を連続して打設することにより、連続した地中壁を造成できる。施工機械が小型であるため、狭隘な場所・家屋に近接しての施工が可能である。機械の移動や設置が容易であり、N値が高い土質でも施工できる。写真-2に地下鉄工事施工例を示す。

### 3.2.5 T B H 工 法

TBH機は、トップドライブによる小型のリバース



3軸矩形攪拌装置姿図



標準横断面 (1エレメント)

3軸矩形攪拌装置仕様

タ イ プ	450P	600P
壁厚 mm	500~650	600~800
駆動電動機出力 kW/3軸	90	120
垂直攪拌翼トルク kg-m	1,345/673	2,000/1,000
水平攪拌翼トルク kg-m	288/144	350/175
装置重量 kg	3,000	3,000

図-4 RMW工法縦攪拌装置

サーキュレーションドリルである。空頭に制限のある場所や狭隘な場所、地質では砂礫層・固結層・軟岩まで適用できる。写真-3に地下鉄工事施工例を示す。

### 3.2.6 R M W 工 法

柱列式等厚ソイルセメント地中連続壁工法である。工法に使用する掘削機は、柱列式三軸オーガーヘッドのすぐ上部に、オーガーヘッドラップ部の掘り残し部分を攪拌する縦攪拌装置を取付けており、柱列式施工機械で等厚なソイルセメント地中連続壁を築造することができる。

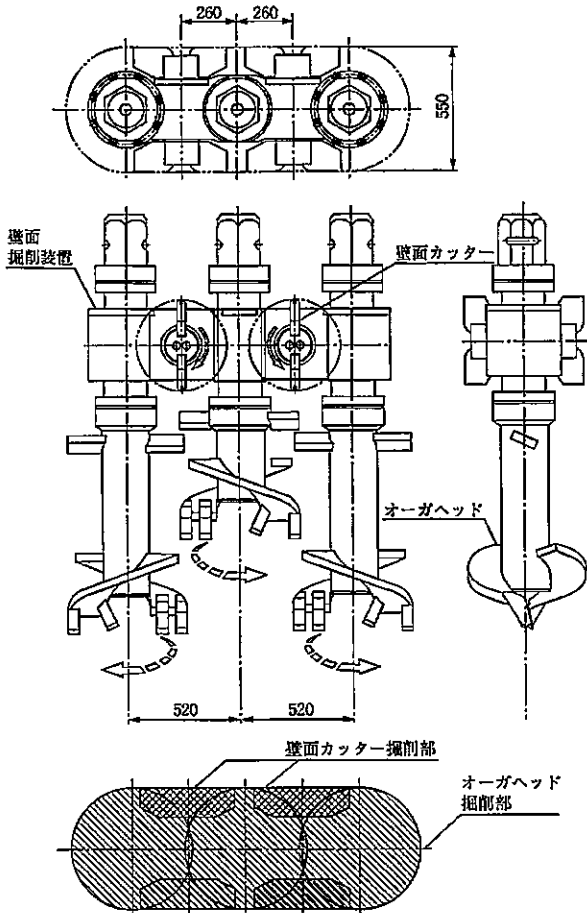


図-5 TMW-520型壁面カッター図

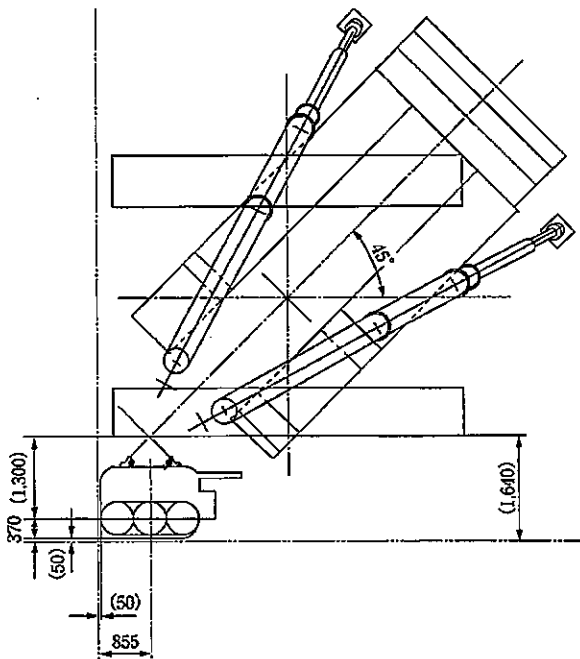


図-6 TMW工法近接施工平面図

方形に掘削できるので、エレメントのラップ長を短くできる長所がある。図-4に縦撈拌装置を示す。

### 3.2.7 TMW工法

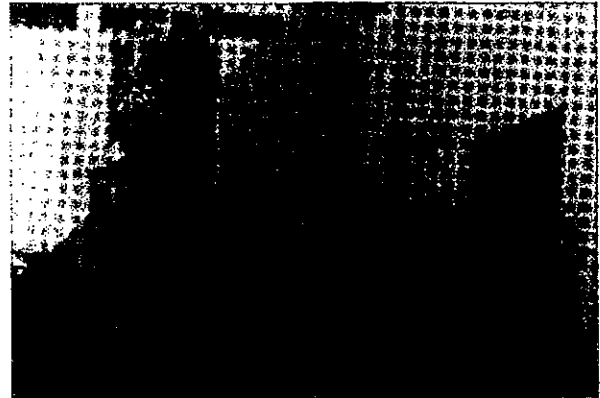


写真-4 PTR工法機械外観

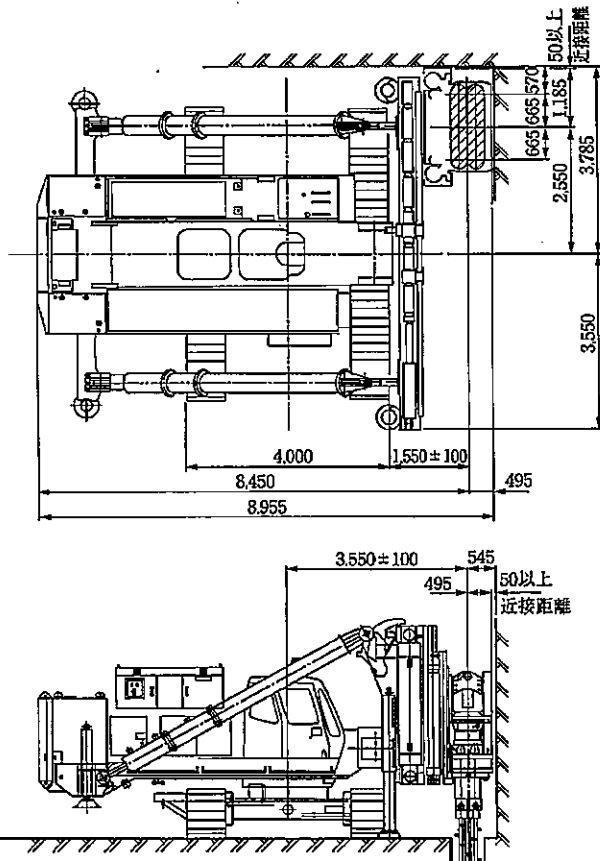


図-7 PTR工法近接施工平面図

柱列式等厚ソイルセメント地中連続壁工法である。工法に使用する掘削機は、RMW工法機と同様に、オーガヘッドラップ部の掘り残し部分を掘削する壁面カッターを取付けており、柱列式施工機械で等厚なソイルセメント地中連続壁を築造することができる。図-5に壁面カッター図、図-6に近接施工平面図を示す。

### 3.2.8 PTR工法

柱列式等厚ソイルセメント地中連続壁工法である。工法に使用する掘削機は、4本の垂直軸が回転するカッターロッドを1組とするカッターブロックで地盤を縦掘削した後、水平方向に連続して横掘削を行い、同時に土とセメント系懸濁液を原位置で攪拌・混合して、均質な

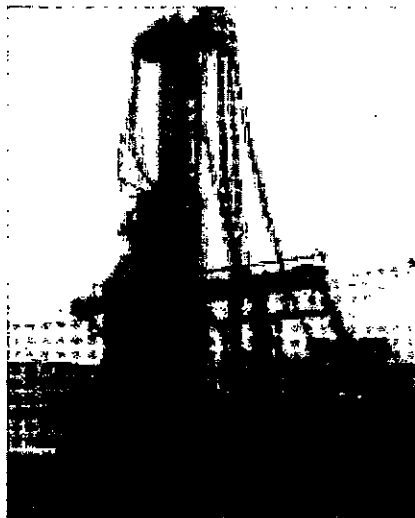


写真-5 TRD工法機械外観

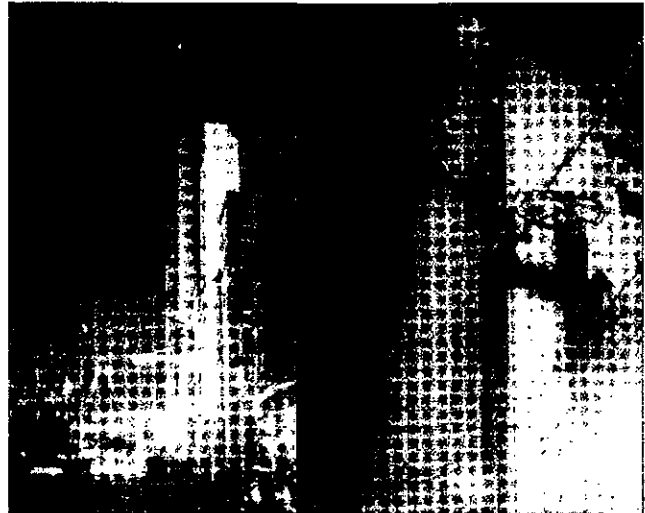


写真-6 ONS工法地下鉄工事での施工状況

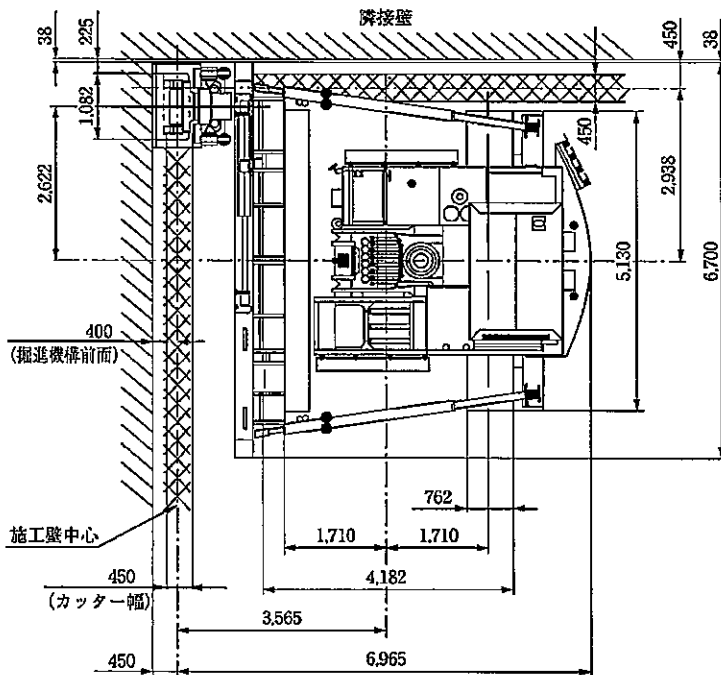


図-8 TRD工法近接施工平面図



写真-7 ゼロバイラー

等厚ソイルセメント地中連続壁を造成する。写真-4に機械外観、図-7に近接施工平面図を示す。

### 3.2.9 TRD工法

柱列式等厚ソイルセメント地中連続壁工法である。掘削機構に、チェーンソー型カッター（カッターポスト）を備え、地盤に横方向から押し付けた状態で、カッターチェーンを周回させることにより地盤を切削、その切削ずりに固化液を添加しソイルセメント壁を造成する。写真-5に機械外観、図-8に近接施工平面図を示す。

### 3.2.10 ONS工法

ONS工法は、芯材に鋼管を用いることを特徴とした柱列式山留め壁工法である。削孔は鋼管に取付けられた継手をガイドにして行い、そこに鋼管を連続的に建込み、

土留め壁を築造する。写真-6は地下鉄工事での施工状況である。

### 3.2.11 サイレントパイラー工法

油圧式圧入・引抜き工法。機械は騒音・振動がなく、軽量コンパクトで、狭隘な場所や空頭制限を受ける場所など、さまざまな施工環境で施工に威力を発揮する多様な形状システムをもっている。適用地盤はオーガーを併用することにより、砂礫・玉石を含む硬質地盤まで拡大しており、写真-7に示すゼロバイラーは、ゼロクリアランス対応鋼矢板を使用することにより、隣接構造物との純離隔0mmでの施工も可能である。



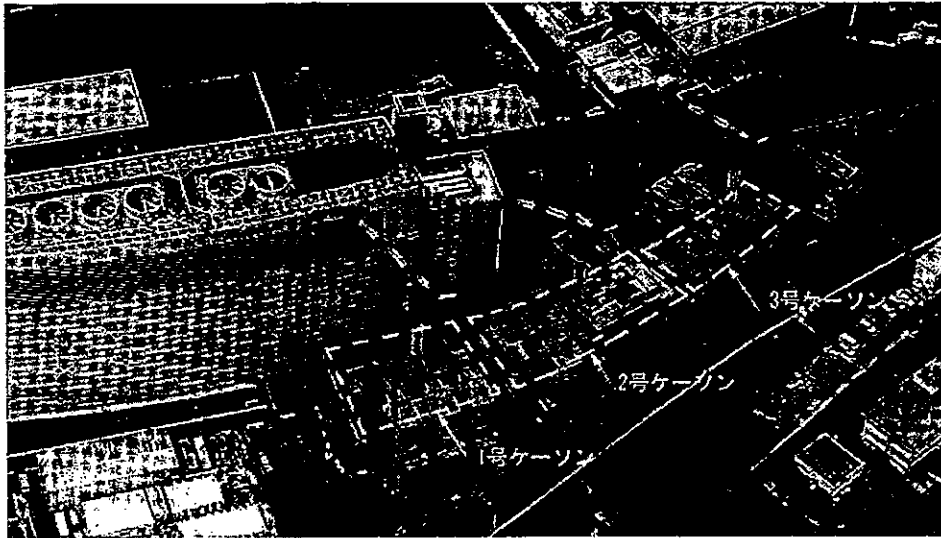


写真-8 ニューマチックケーソン工法施工状況

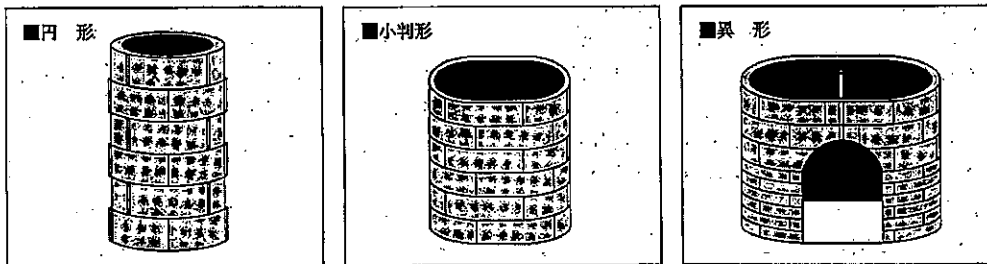


図-9 アーバンリング

#### 4. ケーソン工法の近接施工

ここで、いわゆる山留め工法とは少し異質ではあるが、最近の動向としてケーソン工法が近接施工においても各所で採用され注目されているので、その概要について述べる。

##### 4.1 ニューマチックケーソン工法

ニューマチックケーソン工法 (Pneumatic caisson method) のPneumaticは「空気」、caissonは「函(はこ)」を意味する。主として鉄筋コンクリート製の函(躯体)を地上で構築し、躯体下部に気密な作業室を設け、ここに地下水圧に見合った圧縮空気を送り込むことにより、作業室への地下水の浸水を防ぐ。そして底部の掘削排土を行いながら、その躯体を自重により地中に沈めることで、橋脚や建物の基礎、あるいはシールドトンネルなどの立坑、地下鉄や道路トンネル本体を築造する。ドライな作業室内で掘削を行うため、埋没している巨大転石や流木などの除去も可能で、あらゆる地盤に適應できる。また、支持地盤を直接視認することができ、地耐力試験により地盤の支持力を確認できる、作業工程が確実である、周辺地盤の地下水位の変動がないなどの多くの長所がある。写真-8は鉄道近接の道路工事におけるニュー

マチックケーソン工法の施工状況である。

##### 4.2 アーバンリング工法

アーバンリング工法は、圧入オープンケーソンの函(体)の替わりに、鋼製セグメント(アーバンリング)を圧入するケーソン工法である。函体養生がなく、工期短縮が図れる特徴がある。アーバンリングには図-9のとおり円形・小判型・異形がある。

#### 5. おわりに

近接施工に用いる各種山留め工法および施工機械の現状について述べてきたが、設計面から要求される山留め壁の種類と施工面からの機械の選定は一律に行われず、工事ごとに十分な検討があって成り立つものである。特定の工法で施工能力に限界があるもの、新たな施工条件を示されるものなど、工事のニーズが明らかになれば、工法・機械の開発もスムーズに行われるものと思う。

狭い国土を有効に利用するためにも、近接施工でのQCDSに富んだ山留め壁が望まれる。

本稿では工法紹介にとどまり、施工管理や影響評価について触れることができなかつたが、またの機会に報告したい。最後に資料を提供していただいた専門業者の皆様、誌上を借りて厚く御礼申し上げます。

お預かりしているデータで使用できない部分もございますので、  
お手数ですが、全ての原稿に目をお通し下さい。

油圧式多機能大口徑削孔機 (BG工法) ... (1)

油圧式多機能大口徑削孔機 (BG工法) ... (1)

**特集**

特殊な条件下での施工方法および施工機械

C0906-06

# 油圧式多機能大口徑削孔機 (BG工法)

＝制限下における障害物撤去工＝

日本基礎技術㈱ 渡辺 元二 ・ 永山 克彦 ・ 川本 悟  
Motoji Watanabe Katsuhiko Nagayama Satoru Kawamoto

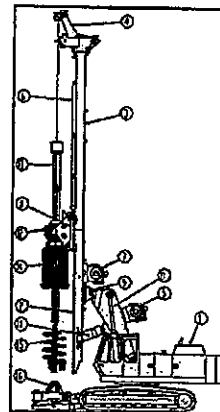
## 1. はじめに

“BG”とは、ドイツ語の“Borhr Gerate”(孔掘り機械の意味)の略である。このBGが日本に導入されて20年が経過し、この間に山岳、都市部において抑止杭、基礎杭、障害物撤去などに用いられ、施工実績は1,000件以上を数えている。

近年、構造物耐震基準の見直しや再開発に伴う建替え工事が増えている。建替え工事に伴い旧構造物の地下躯体や基礎杭を撤去する際、山留めを設置するが、その施工の際に旧躯体や杭が干渉することが多い。干渉部を撤去する工法は様々あるが、特に都市部においては隣接構造物際や狭隘な場所等、施工上の制約がある現場が多い。BG工法は、このような施工制限に対応できる工法である。

本稿では、BG工法の概要および制限下(空頭、狭隘、施工条件)における施工事例を報告する。

一からハンマーまでの各種削孔ツールを選択でき、対象地盤に適したツールで削孔できる。また、ツールは容易に交換でき地盤の変化に迅速な対応が可能である(写真1、写真2)。対象地盤として、一



- 主要構成部品
- ① ベースマシン
  - ② ロアマスト
  - ③ アッパーマスト
  - ④ マストヘッド
  - ⑤ ウインチ(アクセサリ)
  - ⑥ ファイドシリンダー
  - ⑦ ウインチ(メイン)
  - ⑧ スライドベース
  - ⑨ マスト懸垂装置
  - ⑩ マスト調整装置
  - ⑪ サポートクランプ
  - ⑫ ロータリーパワーヘッド
  - ⑬ ケーリバー
  - ⑭ ドレッテラー
  - ⑮ オーガー(削孔ツール参照)
  - ⑯ 揺動機

第1図 BG機の構成

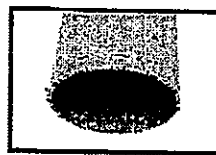
## 2. BG工法の概要、特徴と施工方法

BG削孔機は、ベースマシンにリーダーと高トルク駆動のロータリードライブを装着し、ケーリバーを用いてオールケーシングで削孔する。機械は、走行から削孔まで全油圧駆動である為、別に発電機を用いる必要がない。第1図にBG機の構成を示す。

(1) 広範囲な対象地盤

ケーシング中掘りは、オーガ

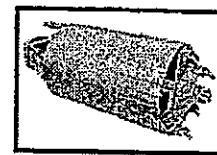
0385-9878/09/¥500/論文/JCLS



ケーシングチューブ



コアチューブ



ドリンクバケット



オーガードリル



油圧ハンマードリル



ダウンザホールハンマー

写真1 ツール種類

油圧式多機能大口徑削孔機 (BG工法) …(2)

油圧式多機能大口徑削孔機 (BG工法) …(2)

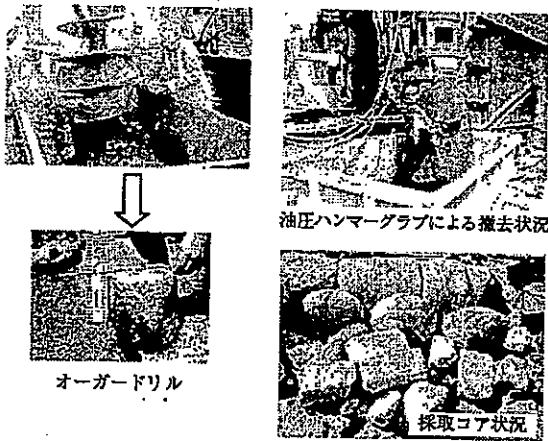


写真2 削孔状況

第1表 適応土質

地盤等の種類	適否
一般土質	○
軟岩 I	○
軟岩 II	○
中硬岩	△
硬岩 I	△
硬岩 II	×
岩塊・玉石	○
転石	○
コンクリート	○
鉄筋コンクリート	○

般土質～鉄筋コンクリートまで幅広い対応が可能である(第1表)。

(2) 機動性が良い

先に述べたように、BG機は全油圧駆動方式で、削孔に伴い発電機等を使用しない。また、他工法に比

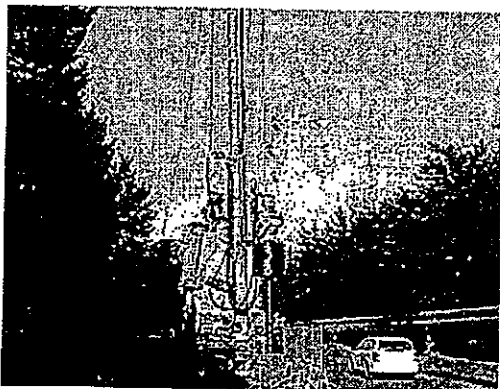
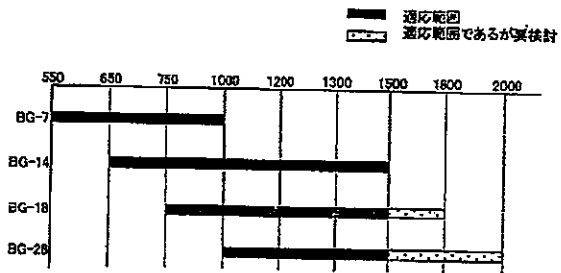


写真3 道路上での施工状況(機材は日々、移動させ施工)

べ小型で安定性が非常に良く、移動の多い場所等にも適している(写真3)。

(3) 豊富なバリエーション

BG機は、BG-7からBG-28まで各機種、さまざまな削孔ツールがある。工事規模、立地、施工諸条件(削孔径：第2図、近接等)にも柔軟に対応できる。



第2図 機種毎対応削孔径

### 3. 施工方法

第3図に施工サイクルを示す。

- ① マシンを削孔芯にセットする。
- ② ケーシングをゆっくり回転圧入する。
- ③ 地盤にあったツールにてケーシング内の土砂を削孔する。
- ④ ケーシングを継足す。
- ⑤～⑦ 中掘りとケーシングの継足しを繰返し所定深度まで削孔する。
- ⑧ 埋戻しを行う。
- ⑨、⑩ ケーシングの抜管と埋戻しを繰返し完了となる。

基本的に削孔は、全長にわたりケーシングを使用するオールケーシング工法である。ケーシングで保護する為、孔壁崩壊がなく安全に施工できる。第3図に示したサイクル例は、プレボーリングの場合であるが、その他、H鋼の建込みを行ったりする基礎杭にも使用できる。

### 4. 施工事例

BG工法のさまざまな制限下での施工事例を紹介する。

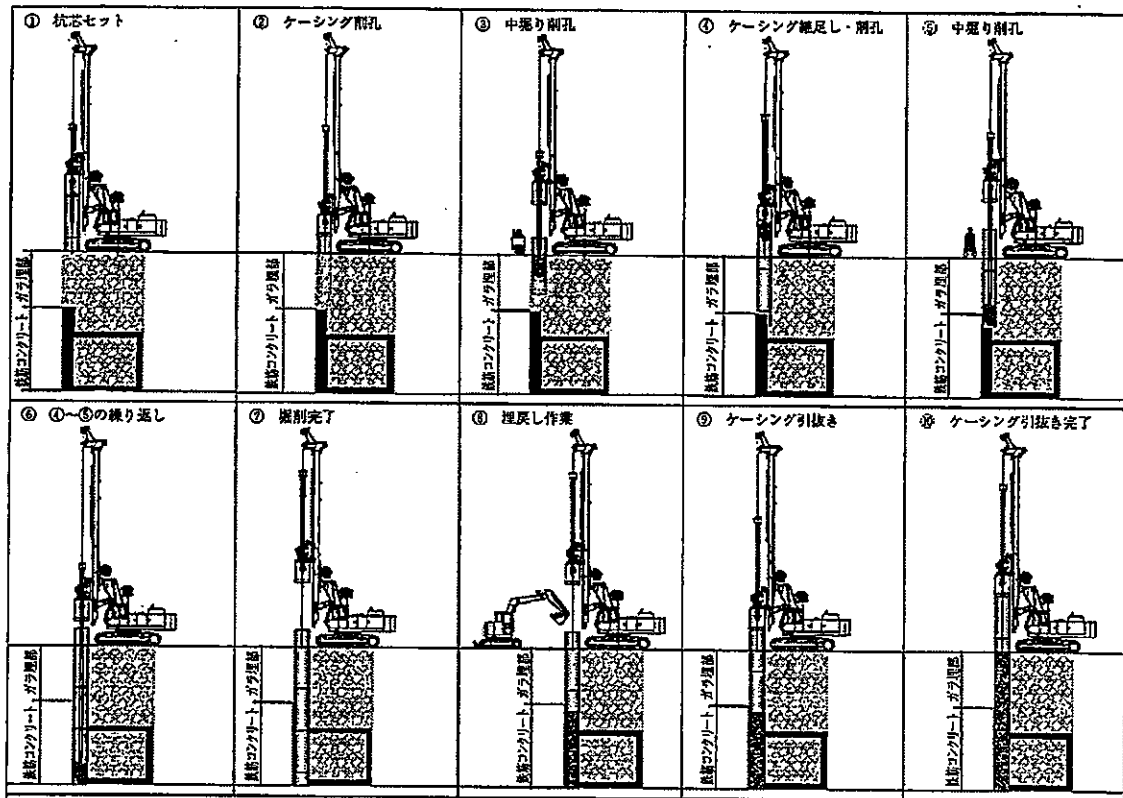
#### 4-1 空頭制限下での施工(写真4)

BH杭施工部に埋戻しガラがあり施工できない。撤去するにあたり上部に歩道橋がある為、汎用機で施工できない。そこでBG機(特殊仕様)にて先行プレボーリングを行った。



油圧式多機能大口径削孔機 (BG工法) ... (3)

油圧式多機能大口径削孔機 (BG工法) ... (3)



第3図 施工リサイクル (障害撤去)

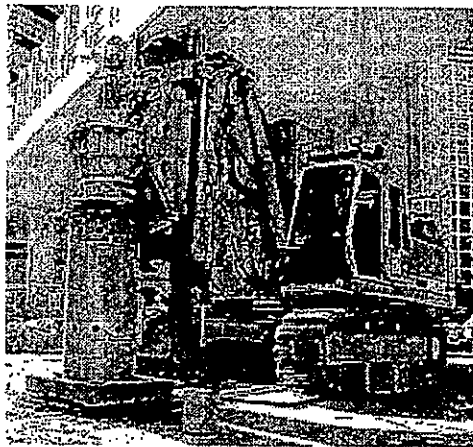


写真4 空頭制限 ( $\phi 750$ ,  $L=12.0$  m,  $H=5.0$  m (機械仕様))

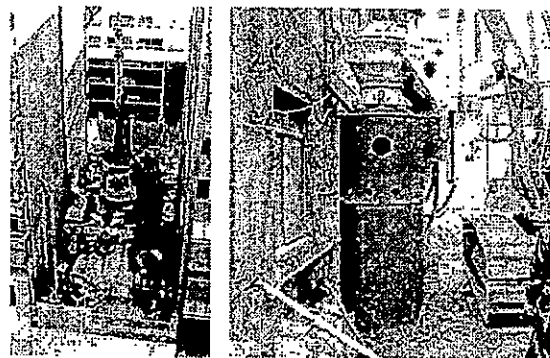
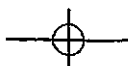


写真5 近接部 ( $\phi 1,000$ ,  $L=75$  m,  $H=9.6$  m (機械仕様))

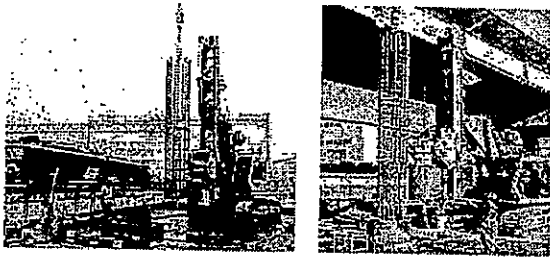
4-2 狹隘・近接部での施工 (写真5)  
 近接構造物際に山留め杭打設。施工箇所の先行プレボーリングとして旧躯体壁、耐圧盤の撤去を行った。

4-3 鉄道近接部での施工 (写真6)  
 鉄道高架、営業線際で場所打ち杭の計画があり大型機械での施工が不可であった。BG機の特長仕様を提案し採用に至った。



油圧式多機能大口径削孔機 (BG工法) ... (4)

油圧式多機能大口径削孔機 (BG工法) ... (4)



(a)

(b)

写真6 鉄道近接部(φ1,000、L=12.0 m、H=8.6 m(機械仕様))

### 5. おわりに

BG工法は、これまでに土木・建築工事の補助工法として多くの施工実績を積み重ねてきた。この結果、構造物に近接した場所や狭い場所等、施工制限がある条件下での施工に際し、構造物に対して影響を及ぼすことなく施工を可能とした工法である。

今後も、都市部の再開発や新築・改築工事等において、構造物に近接する等、施工条件に制約を抱えた工事は多いものと見込まれる。これまでの実績を踏まえ、様々な施工制限に対応した、安全・安心で良質な技術を提供するために施工実績を積み、多様

なニーズに対応できるように発展させていくこととしたい。

なお、本報文を作成するにあたり、BG工法を採用いただいた関係各位に深謝する。

#### 【筆者紹介】

渡辺 元二

日本基礎技術㈱ 東京本社 技術本部 技術部 課長  
〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15-17  
TEL: 03-3476-5701 FAX: 03-3476-4551  
E-mail: motoji\_watanabe@jafec.co.jp

永山 克彦

日本基礎技術㈱ 関西支店 技術部 課長  
〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町6-22  
TEL: 06-6351-0562 FAX: 06-6351-7039  
E-mail: katsuhiko\_nagayama@jafec.co.jp

川本 悟

日本基礎技術㈱ 東京支社 工事部 工事課 工事長  
〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15-15  
TEL: 03-3461-2674 FAX: 03-3462-7029  
E-mail: satoru\_kawamoto@jafec.co.jp

基礎工事に用多目的施工機

1. はじめに

ドイツ バウアー社製の BG 機は、日本では、主に障害物撤去工事に使用されている。本機には、多目的な基礎工事（壁、杭、障害撤去）用に様々なアタッチメントが用意されており、海外の工事事例等も含め、各用途と新技術について、述べる。

2. ケリーバー工法

2.1 ケリーバーによる掘削

ケリーバー（回転力を掘削ツールに伝達し、多段に延長できるので所定の掘削深度が確保できる）とドレッタラー（ケーシングをジョイントし、ケーシング掘削）を用い、順次作業が可能である。

2.2 揺動機とケリーバーによる掘削

揺動機は、ケーシングを用いた掘削深度が深い場合、その径が大きい場合で、ケーシングの引抜き力増強のために装備できる。写真 1 は、揺動機の搭載を示す。

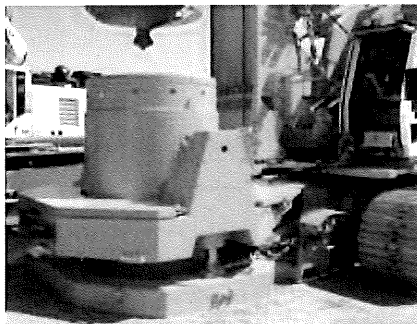
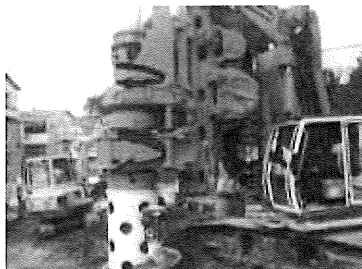


写真 1

2.3 トルクコンバーターとケリーバーによる掘削

標準以上の回転トルクが欲しい場合やダブルオーガー的に内側・外側に回転させたい場合、トルクコンバーターを装備できる。ケリーバーやケーシング、オーガー等での掘削に利用できる。写真 2 は、上下の回転は同方向の場合を示す。



3. エコサイトパイル®工法

3.1 スタンダードタイプ

安定液を全く使用せず、特殊ツールで掘削、貫入、引き上げ（コンクリート打設）、鉄筋かご挿入の手順で施工する場所打ち杭工法である。従来の場所打ち杭の 1.5～2 倍の支持力が、確認されている。本工法は、日本建築センターの基礎評定を、掘削径 620mm、最大深度 28m で取得しており、場所打ち杭として設計が出来る。写真 3-1 は、日本での BG28 を使用した施工状況を示し、写真 3-1-1 は、ロッド先端の特殊ツールである。

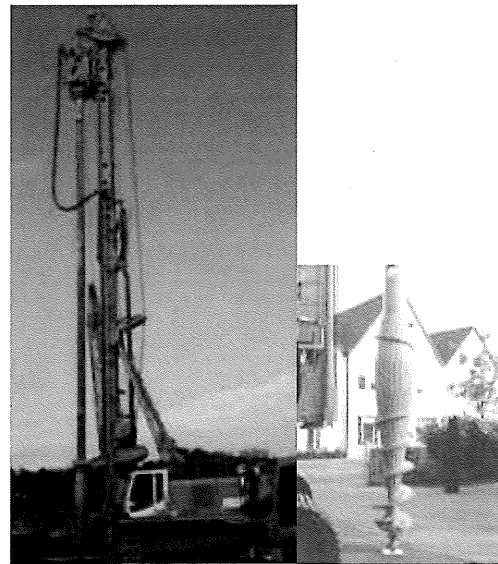


写真 3-1

写真 3-1-1

3.2 ロストビットタイプ

特殊ツール先端にロストビット（杭先端に残すビット）を付けた状態で、掘削、貫入、鉄筋かご挿入、引き上げ（コンクリート打設）の手順で施工する、場所打ち杭工法である。杭としての審査は日本ではされていないが、海外では施工実績がある。

写真 3-2 はイタリアにおいて BG28 を使用して施工された、掘削径 620mm、深度 21m の場所打ち杭の施工状況である。



写真 3-2

#### 4. CFA 工法

連続フライトオーガーを使用し、掘削、引き上げ（コンクリート打設）、鉄筋かご挿入の手順で、場所打ち杭を施工する。土質条件に応じ、ケーシングを併用する。この際、トルクコンバーターを使用すれば、ダブルロータリー（回転方向が正逆）の同時作業が可能となる。

写真 4 は、上下で反対方向に回転させ、ケーシングとオーガーに使用する場合である。

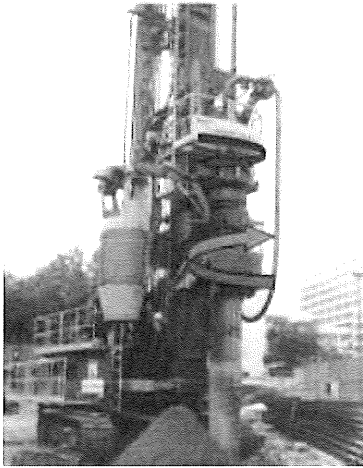


写真 4

#### 5. BC 工法(トレンチカッター工法)

トレンチカッター（水平多軸回転カッター）を装備して、安定液を用いた地中連続壁施工を行う。ホース同調システムを採用し、掘削深度は、約 40 m となっている。BG28 以上の機械で可能である。クローラクレーンに搭載するより、コンパクトである。写真 5 は、トレンチカッターBC32 を搭載している。

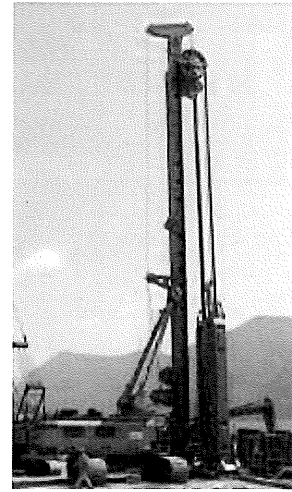


写真 5

#### 6. CSM®工法（カッターソイルミキシング®工法）

水平多軸回転カッターを用いて土とセメント系懸濁液を原位置で攪拌混合し、矩形のソイルセメント壁や地盤改良体を造成する工法である。

モノクレーの先端にカッターが装備され、BG28 の場合、約 35m の掘削深度となっている。この工法は、既に国内外で 50 万 m<sup>2</sup> 以上の実績を上げている。カッティングとミキシングのカッター部は、2 種類（BCM5, BCM10）を有している。

写真 6-1 は、BCM5 搭載したもので、写真 6-2 はカッター部の掘削液・固化液の噴出状況である。

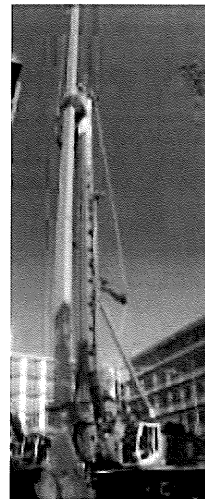


写真 6-1

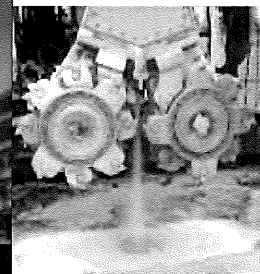


写真 6-2

#### 7. SMW 工法

日本の SMW 工法と同様であるが、ベースマシンが BG 機になり、写真 7 のように、3 軸のロータリヘッドを装備している。

#### 8. SCM 工法（シングルコラム混合法）

SMW 工法の単軸に回転数を増速するために、トルクコンバーターBTM を装備し、攪拌効率の向

上の図り、写真 8 のように改良体を造成する。

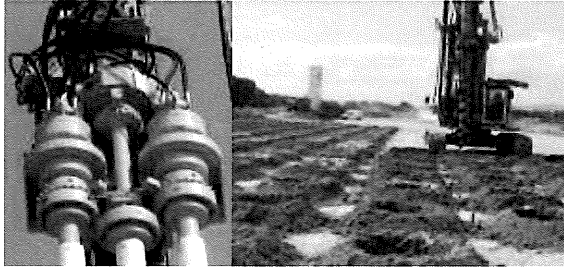


写真 7

写真 8

#### 9. 油圧ハンマーによる打撃工法

パワーグループの FAMBO 製油圧ハンマーを装備し、鋼管、シートパイル、コンクリート杭等の打設ができる。BG28 では、最大ピストン重量 10 t (HR10000 写真 9) まで搭載することができる。



写真 9

#### 10. ジェットグラウチング工法

一般的には、小型のボーリング機を用いて、行われるが、BG の場合は、延長ロッドのジョイントを行わず、所定ロッドを保有し、BG28 では、深度 40m まで施工可能である。

写真は、油圧式ロータリヘッドを搭載した状況である。

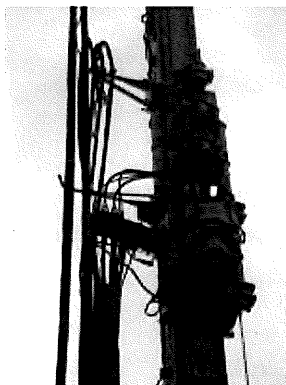


写真 10

#### 11. ディープバイブロ工法

ロッド先端に装備した水平振動するバイブロフロッツ(油圧モーターと回転体)の振動エネルギーで、地盤の間隙を減少させ密度の増大を図り、地盤改良に使用される。補給材(砂、碎石等)は、地面または地中から投入される。液状化対策に効果がある。写真 11-1 は、全景を示し、写真 11-2 は、バイブロ先端部を示す。

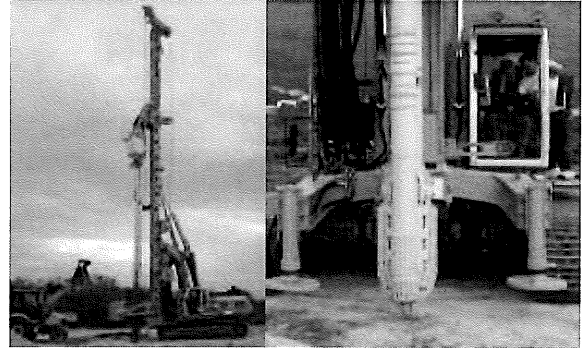


写真 11-1

写真 11-2

#### 12. 羽付鋼管杭工法

ヨーロッパでは、あまり例をみないが、日本では多くの工法があり、これらの工法にも適したトルクを有し、さらに斜杭にも適応できる。現在の実績の鋼管径は、400mm、杭長約 38m である。試験では、鋼管径 600mm、杭長 18m を施工している。斜杭は、傾斜 15° まで施工可能である。写真 12 は、BG12H でのテスト状況である。

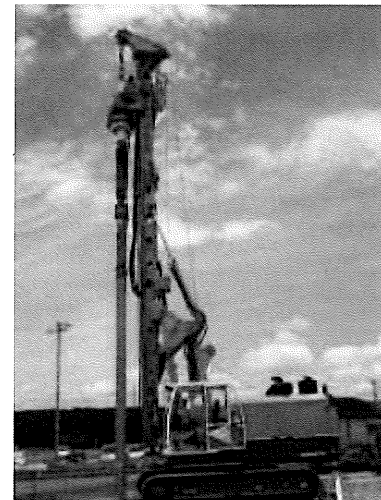


写真 12

#### 13. 斜杭(場所打ち杭)

施工例では、BG28 により、最大傾斜 16° 掘削深さ 40m、掘削径 800mm、ケーシング併用の掘削である。港湾の架台上からの施工(写真 13)や川の



両岸での施工等がある。橋脚基礎でも斜杭が施工されている。



写真 13

## 14. 新技術

### 14.1 GPS ポジショニングシステム (位置管理装置)

GPS を利用し、設定された位置 (杭芯) まで画面に従ってオペレータの操作を誘導する装置で、写真 14-1 は、運転席の画面例である。

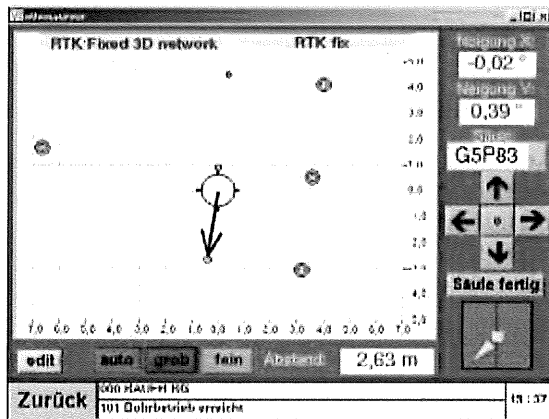


写真 14-1

### 14.2 リモートコントロールシステム

本体機の運転席から離れた地点でも、運転操作を可能にした有線によるシステムである。災害現場など人の近づけない所での施工に効果的である。カメラ、マイクロフォンからの情報も取り入れ臨場感がある。写真 14-2 は、遠隔操作室の例である。

### 14.3 データ通信システム

バウアーの B トロニックシステムは、各種データの蓄積、出力、故障診断等の機能を有しているが、インターネット通信を利用して、運転席と同じ掘削状況、故障診断等の情報を離れた場所でも、確

認できる。これらにより、修理時間の短縮にも繋がる。写真 14-3 は、遠隔地 (模擬) パソコン画面と運転席画面を示す。

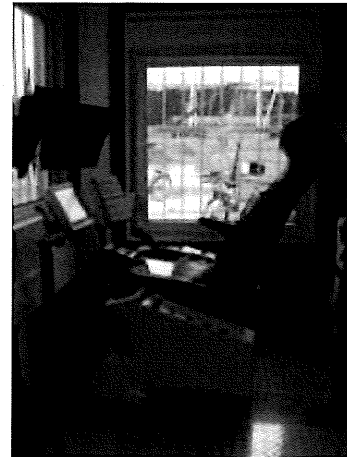


写真 14-2

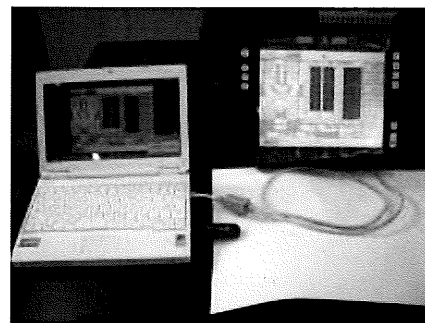


写真 14-3

## 15. 終わりに

BG 機の多様な利用法は、様々なニーズにより展開されて来た。今後もさらに進化し、環境にやさしい機械として排気ガス対策、騒音対策、振動対策を施しつつ、厳しい施工条件下の日本を始め、全世界で活躍する基礎施工機を望むものである。

<参考文献>

- (1) バウアー社プレゼンテーション資料
- (2) エコサイトパイル®工法 (パンフレット)
- (3) CSM 工法 (パンフレット) バウアー工法研究会
- (4) ディープバイプロ工法 (パンフレット) バウアー工法研究会
- (5) BG 工法 (パンフレット) バウアー工法研究会
- (6) トレンチカッター (パンフレット) バウアー工法研究会