

VI-13

地熱井の坑井口元掘削工法の開発と施工実績

清水建設株式会社 正会員 高橋 裕行

前田孟冬彦

扇畑 勝行

1. はじめに

地熱発電の蒸気生産井、及び還元井は、通常1000m以上の深度までロータリー式掘削法（通常リグ掘削と呼んでいる）にて施工しているが、地表付近の数十m部（以後坑井口元部と呼ぶ）は、掘削能率の低下、坑壁の崩壊や坑曲がり等のトラブルが多く発生していた。これらの諸問題を解決する方法として、『坑井口元掘削工法』を開発したのでここに報告するものである。

2. 施工方法

坑井口元掘削工法は、① 所定の深度まで削孔する掘削工程、② 掘削した坑内へ鋼管を立て込むコンダクターパイプ建込み工程、③パイプを地山と一体にさせるセメンチング工程 の3工程からなる。図-1 に、施工の手順を示す。

2. 1 掘削工程

掘削は、図-2 に示したカンプリート工法と呼んでいる掘削機を使用する。掘削機構は、ロックオーガによる内側掘削機と、全周回転式ケーシングによる外側掘削機からなる（図-3 参照）。現在、本掘削機で対応可能な径は、直径500～880mm/mまでであるが、ケーシング等の新規製作または、エクセル工法¹⁾にて直径1000mm/m以上にも対応可能である。

本掘削機の特徴は、玉石・転石層を確実に掘削でき、また岩盤層へ数十m（実績最大は、九州での火山砕屑岩への60m）²⁾ の掘削が可能なる事である。

なお、深度大きく地下水のある場合は、掘削及び排土の効率向上のため、地質により清水・泥水またはエアーを注入している。掘削土のピットまでの輸送は、バケットによる搬出またはサンドポンプによるスラリー状での搬出のどちらかの方法を、地質により選定している。

2. 2 コンダクターパイプの建込み工程

掘削後、次の数千mの掘削時の坑壁崩壊防止と蒸気漏れ防止及び地下水の遮断のために建込むパイプをコンダクターパイプと呼んでいる。

材質は、J I SまたはA P I Stdの鋼管であり、1本5～12mの単管を溶接またはネジ込みのカップリングにて接合し、坑内の全長へ挿入する。

次の作業のセメンチングの際に、注入材がパイプ内に侵入しないシュー構造として表-1に示す①先端モルタルシュー、②ノンシュー（チューピング式）、③スティンガーシューの3方式を実施した。②のノンシューでは施工後のリグ掘削の初期に多少支障があり、③のスティンガーシューでは、作業効率は良いがコスト高となり、①の先端モルタルシューが適当であることがわかった。

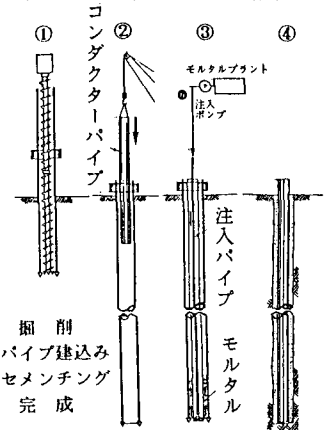


図-1 施工手順図

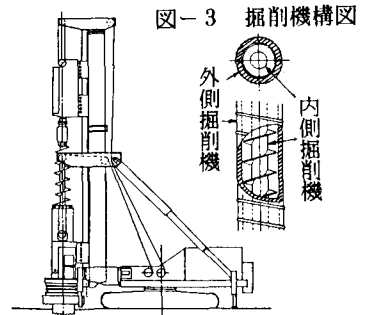


図-3 掘削機構図

図-2 掘削機械姿図

表-1 コンダクターパイプのシュー構造比較表

	パイプ外側からのセメンチング		同内側から
	先端モルタルシュー	ノンシュー	スティンガーシュー
形 状	モルタルシュー	モルタルキャップ スライム	モルタル インナー ストリング フロート シュー
概 要	あらかじめcpの先端にモルタル打設したシューを接合し、cpの外側から単ロッドにてモルタル注入する。	cpの先端は解放しておき、天端にキャップをしておき、cpの外側から単ロッドにてモルタル注入する。	cpの先端にフロートと着脱自在な受け口を持ったスティンガーシューを埋め殺しておき、cpの内側からモルタル注入する。

注) cp : コンダクターパイプ

2. 3 セメンチング工程

坑内に建込んだコンダクターパイプと坑壁との環状間隙部へ充填材を注入し、地山とパイプを一体化させるのがセメンチング工程である。充填材として従来の地熱井ではセメントペーストを使用していたが、本工法では基礎杭等での実績・試験結果が豊富にあり、凝結後のクラックが少ない等安定した材料であるモルタルを使用している。セメンチング材料は、坑内の泥水と確実に置き換わり、注入材だけが脈状に上昇して泥水を巻き込まないように泥水比重(1.1~1.2)より0.24以上大きくする必要がある³⁾と言われており、この点でも比重が2.0程度と大きいモルタルが、セメントペーストより優れている。

モルタルに用いるセメントとしては、掘削時の坑内温度(実績最大は葛根田での90℃、GL-50m)及び完成後の180℃程度の高温蒸気の通過による温度上昇対策のために耐熱性のある材料が要求される。耐熱性向上のためにはけい酸質材料の添加が有効であり⁴⁾、通常シリカ(SiO_2)をセメントに混入している。実績では、シリカを含むフライアッシュセメントB種または地熱井セメントを用いている。室内高温試験を実施し、モルタルの配合を決めており、葛根田での配合例を表-2に示す。

流体は、注入速度により、速度の大きい方からTurbulent Flow, Laminar Flow 及びPlug Flowになると言われており(図-4)⁵⁾、従来のセメントペーストの注入はこのうちのTurbulent Flowで施工しているが、坑井口元部では、深度も浅く孔壁が崩壊性であるため流速を小さくPlug Flowにて注入した。

表-2 モルタルの配合例

材 料	セメント		地熱井セメント					
	混 和 剤		イントルージョンエイド					
	配 合 比		単 位 量		(kg/m ³)		設計基準	
	W/C	S/C	Ad/C	W	C	S	Ad	強度
現 場 配 合	%	%	%	kg	kg	kg	kg	kg/cm ²
	49	0.85	1.0	424	821	821	8.21	210

イントルージョンエイド:

遅延、分離防止、水との親和性防止の効果を兼ねた減水剤

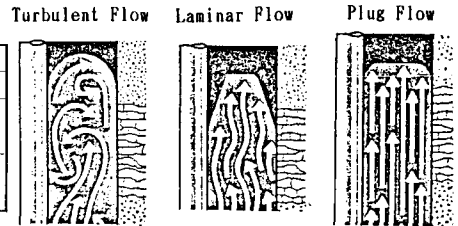


図-4 セメンチング速度による分類

3. 施工実績

昭和60年度までの実績は、表-1に示すように6基地、17坑井である。

表-3 施工実績一覧表

	企 業 者	施工時期	掘削径	掘削深度	坑井数	掘削速度	垂直精度
松川M10号井	日本重化学工業	S58.6	880 m/m	35 m	1 坑	2.05m/h	1/417
滝上TT1,2,3	出光地熱開発	S58.7	880	73	3	2.41	
葛 1号基地	東北地熱	S60.5	840	47	4	1.95	1/367
根 2号基地		S60.9	840	47	5	2.02	1/360
田 3号基地		S60.10	840	47	3	2.32	1/360
松川M11号井	日本重化学工業	S60.10	840	46	1	2.43	
			計864m	計17坑	平均2.20m/h	平均1/366	

4. まとめ

従来、地熱開発デベロッパーが施工し、地域・地質によってはトラブルが多く発生していた地表付近の施工を土木施工機械の活用、セメントペーストに代わるモルタル注入により、効率的、経済的、品質的に優れたシステムを日本重化学工業(株)のご協力で開発し、この新しいシステム『坑井口元掘削工法』による施工実績を報告した。実績は、まだ総延長860m余りであり、今後、岩種に適合した泥水・エアーの注入仕様の標準化、セメンチングのより効率的注入法の開発、大深度時のシステムの確立等を行う計画である。

参考文献 ; 1) 木曾 茂 他: 転石層における基礎杭の施工, 基礎工, Vol.13, No.1(1984)

2) 近藤和男 他: 坑井口元掘削工法の開発と施工について, 地熱, Vol.21, No.2(1984)

3) 岡田 清 他: コンクリート工学ハンドブック(1981)

4) W.Czernin, 徳根吉郎訳: 建設技術者のためのセメント・コンクリート化学(1982)

5) Halliburton Services: Sale and Service Catalog