

(52) 水没工法による深部軟岩での大空洞建造の可能性
(螺旋状管体型枠による覆工法および曲線レール・スライドカッター工法の構想)

東海大学工学部 正会員 林 正 夫

Feasibility Study of Submerged Geo Spacing Method in Deep Soft Rock
(Spiral Tubular Form for Submerged Lining and Convex Rail-
Slide Cutter Method for Precedent Lining prior to Excavation)

Tokai University Masao HAYASHI

A b s t r a c t

Submerged geo spacing is made possible by reasonable Robot System in deep soft rock. The author has proposed some design concepts : Pantograph trencher, Uplifting Membrane, Submerged Air Dome, Convex Rail-Slide Cutter. This report presents Spiral Tubular Form for submerged lining of full cross section of submerged cavern and Convex Rail-Slide Cutter method for precedent concrete lining prior to the main excavation of the cavern and tunnelling.

These proposals have been studied by means of feasibility study, scale model test and theoretical rock mechanics. Further study will be proceed to the more large scale model test and field pilot test.

These robot systems will be applicable to the construction of the compressed air energy storage tank, water storage tank for emergency, underground sewage treatment tank, and large parking area in underground space in urban district.

1. 要旨 従来工法としては、軟岩・土丹等の場合は、**NATM**、連続地中壁、シールド工法等の有人工法がある。ここでは、直径50~70mの曲面タンクを建造する水没工法の無人システムを2つ提案する。



写真-1 東京湾深部の泥岩(三浦層)

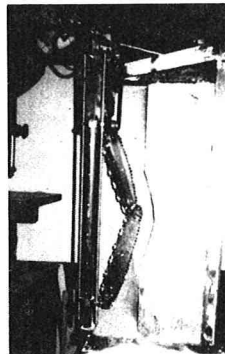


写真-2
パンタグラフ溝切り掘削機
の部分模型(チェイソンー
の場合):1986



1)メンブレンを 2)圧気を送入し 3)天井部にメン
挿入 メンブレンを プレンが圧着
浮揚 (不透膜)

写真-3 水没地中空間の天井部に圧気メンブレンを
圧着し固着させる模型実験(浮揚式メンブ
レン):1988・エアドーム工法(表1のA-2)

2. 着想 従来工法は人間が入って地下空間をつくろうとするから大気圧に近い状態で空間をつくってから覆工をする。したがって、地山が緩み、地盤沈下の心配が残る。無人でやれば静水圧・泥水圧で支保して、岩盤のクリープを抑えて掘り、覆工を済ませてから排水すれば済む全断面工法と、地山が弱く不均質ならば覆工を先行させてから本体掘削を静水圧で行う連続地中壁工法が考えられる(表1)。

表 1-1 軟岩での深部地中水没タンクの無人工法案(構想)

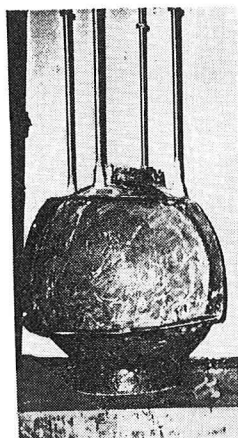
工 法		全 新 面 工 法										(連 続 地 中 曲 面 掘 工 法)										名 義																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
方式	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法	水没掘削 メンブレン型特 一工法

3. 螺旋状管体型枠による水中覆工方法の提案（図1，写真－4～写真－7）：〔表1のA-3〕

この覆工方法は比較的均質な泥岩で、泥水下で全断面掘削が成立する泥岩あるいは水中工事で用い得ると考えている。その着想は、パンタグラフ拡幅機などで、全断面掘削後、コンクリート覆工の幅を残して、所定の内側型枠として、管体型枠を水中にセンタポールと水中クレーンを利用して、螺旋状または任意形状に旋回しつつ貧配合モルタル等を詰め乍ら連続的に積み重ねる。1リフトごとに連続的に生コンクリートをトレミ管によって、水中コンクリートとして、所定のコンクリート幅の水中に、無人で打設してゆく発想である。コンクリート硬化後、管体型枠とバックフィル材料は地上に撤去し、排水すれば覆工に土圧がかかる。

海底・湖底・河底などの水中工事でもセンタポール・水中クレーンにより、任意形状の内側・外側の水中型枠として応用できる。

図1は筆者の構想を示してある。この構想は1988年に練り上げられた。その後、写真4～写真7のように、(桃池野造型研究所の協力を受けモデルをつくり、技術的問題点の摘出に当たった。実施には管体型枠の送り出し装置とコンクリートのグリーンカット等に工夫を重ねていく必要がある。



写真－4
水中空間の模型
(プラスチック製、
手前側の側面は、
内部が見えるよ
うに外してある)

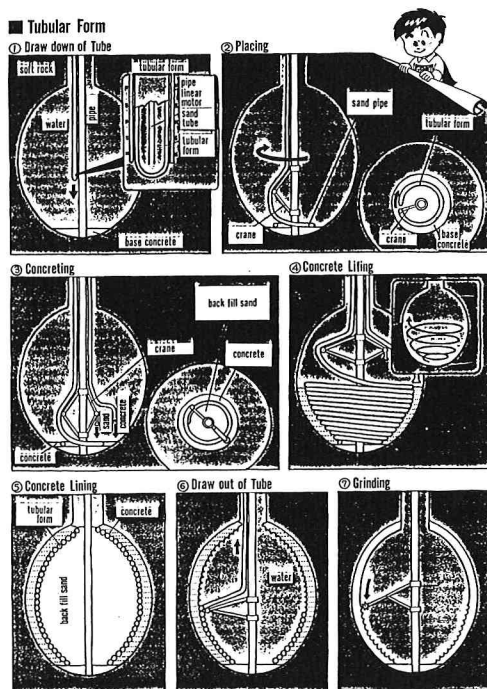
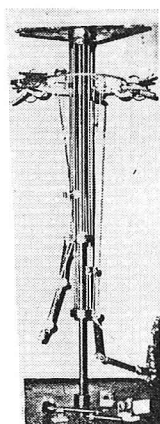
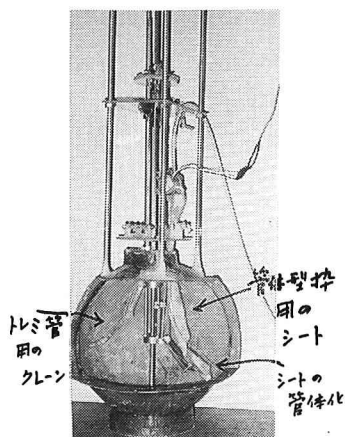


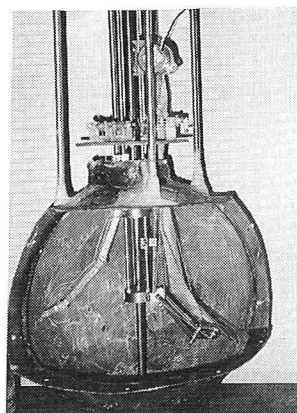
図1 螺旋状管体型枠による水中覆工システム (構想)



写真－5
センター
と水中ク
レーンの
模型



写真－6 管体型枠の模型
(準備中)



写真－7 覆工コンクリートの模型
(覆工準備)

4. 曲線レール・スライドカッター工法（多ヒンジの曲線レールの場合）：図2～図9 [表1のF-2]

筆者はさきに、2ヒンジを基本とした曲線レール・スライドカッター工法を、連続した曲面連続地中壁の建造方法として、提案した。その後、(財)エンジニアリング振興協会のプロジェクトにおいて、地盤沈下のない工法として期待のもてる1つの応用工法の概念設計が、筆者も共同し、図2～図9のようにとりまとめられた。

しかし、机上検討に、未だとどまっている。その後、筆者は機能テストのため1/100モデルをまず、作成中である。

(1) 工法の概念

図2のように、立坑、スリット、1セグメント掘削、その覆工コンクリート、隣のスリット掘削、その覆工、……の手順

(2) 立坑掘削工事

(3) スリットの溝切り工事

(写真2、図3、図4)

(4) 曲線レール建込み(図5)

(5) 外周壁掘削とコンクリート打設(図6、図7)

(6) 曲線レールの円周方向への移動(図8)

(7) 連続地中壁の完成(図2)

(8) 空洞本体の掘削(図9)

(9) 排水して完成

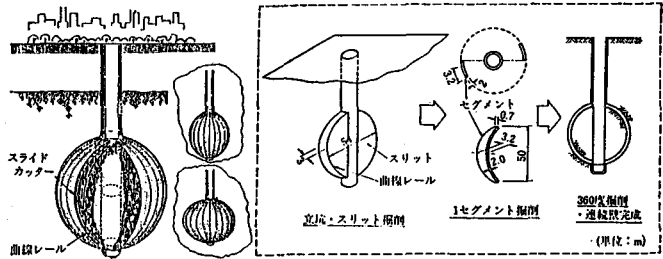


図2 曲線レール・スライドカッター工法 (ENAA-1988-プロ3)

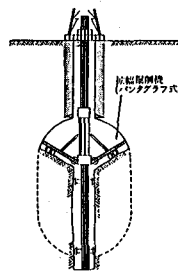


図3 パンタグラフ掘削機(スライドカッターの場合：1988)

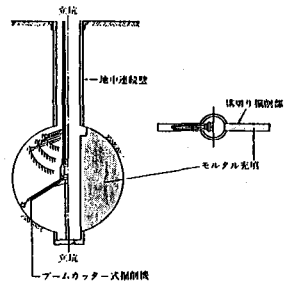
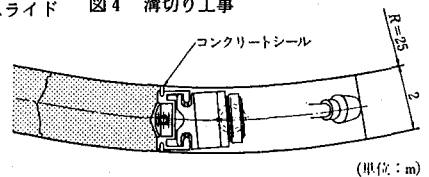


図4 溝切り工事



(単位：m)

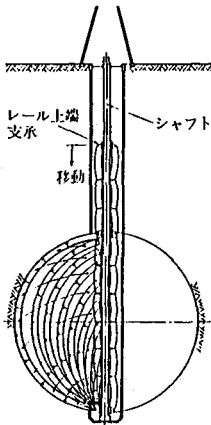


図5 曲線レール建込み (ENAA-1988-プロ3)

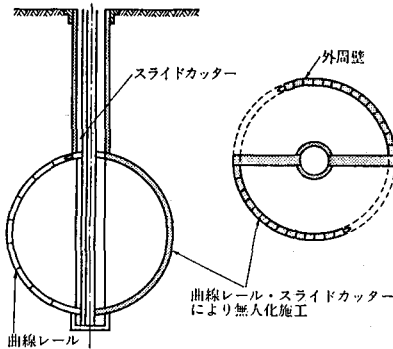


図6 外周壁工事

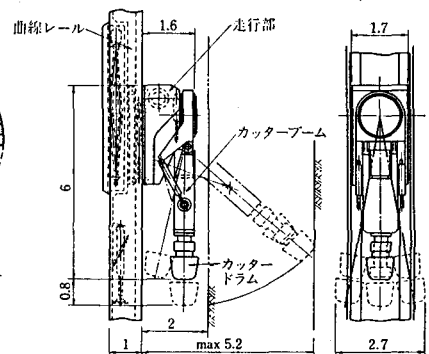


図7 スライドカッター機構 (ENAA-1988-プロ3)

5. 水没トンネル工法（構想）

(1) 全断面工法による場合

(2) レール・スライドカッタによる場合(表2)

(チェーンソーを含む)

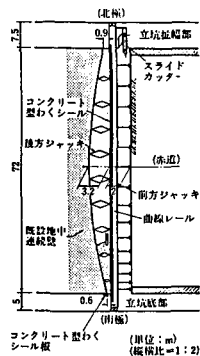


図8 レール支保要領図 (ENAA-1988-プロ3) 図9 空洞内掘削 (ENAA-1988-プロ3)

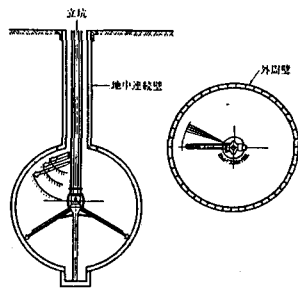
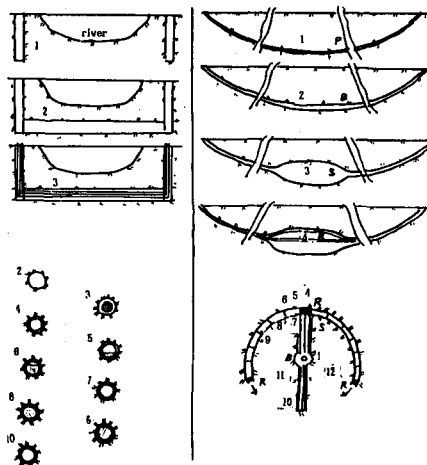


Table 2 Concepts of Submerged Tunnelling

Full Cross Section , Double Membrane Method	Precedent Lining Convex Rail Slide Cutter Method
1 vertical shaft	1 pilot boring P
2 submerged Robot tunnel (R & D of Machine)	2 reaming boring B in submerged condition
3 insert of membrane (R & D of double membrane)	3 vertical slot S by means of panto trencher (R & D)
4 develop the membrane in submerged tunnel	4 convex rail R placed at the top of S (R & D of Robot)
5 submerged concreting in lower membrane sustained by back fill soil	5 first slotting of lining by means of slide cu
6 submerged concreting in middle height	6 replacement of R to the front of the first slot (R & D)
7 submerged concreting in crest of lining	7 first submerged concrete (R & D)
8 draw out of back fill soil	8 second step
9 pump up of water	9 third step
10 inspection of tunnel	10 final step of segment
	11 excavation of inner part
	12 inspection of tunnel



参 考 文 献

- 1) 鹿野・釜井: 東京湾周辺深部軟岩層の地質・物性の調査, 第21回岩盤力学シンポジウム, 土木学会, 1989, 2
- 2) 沖野文吉: ボーリング用泥水, 技報堂出版
- 3) 富沢・長谷川・池内・大西: 東京港連絡橋の基礎地盤となる土丹の物性, 土と基礎, Vol. 35, No. 3, 1987, 3
- 4) 和泉 隆: 水中不分散コンクリートなぜ水の中で固まるかー, セメント・コンクリート化学とその応用 (No. 18), セメント・コンクリート, 1987, 8
- 5) 杉 正, 森山 真: 飽和軟岩の疲労破壊挙動ー破壊の時間依存性についてー第21回岩盤力学に関するシンポジウム, 土木学会 1989, 2 pp. 466-470
- 6) 関根・西松・佐野・竹矢・亀山・林・堀・加藤・竹下・原田 (圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電方式検討会): 圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電の新方式の概念とその経済性の概念, 電力中央研究所研究調査資料, J 87902, 1987, 10
- 7) 林 正夫: 深部軟岩における地中空間の掘削と復工の構想ー無人・水没工法の概念ー, 土木技術, Vol. 44, No. 7, 1989, 7
- 8) 林 正夫: 新構想の圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電方式の経済性の概念ーピーク・ミドル兼発電方式の提案, 電力土木, No. 218, 1989, 1
- 9) 林 正夫: 大電力を地下に貯蔵するー圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電の新技術構想, 地中空間利用に関するシンポジウム, 土木学会, 1988, 10
- 10) 国生・藤原・西・林: 深部軟岩を利用した圧縮空気貯蔵 (CAES) 空洞の成立と調査, 電力中研究報告, U88045, 1988, 10
- 11) 林 正夫: 深部軟岩における地下空洞の無人工法の岩盤力学考察ー水没タンクの掘削ー, 第21回岩盤力学に関するシンポジウム, 土木学会, 1989, 2
- 12) 林 正夫: 新構想の深部軟岩での地中タンク (水没方式) の工法の概念ーピーク・ミドル兼用の圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電のために, 電力土木, No. 219, 1989, 3
- 13) エンジニアリング振興協会: 都市域の軟岩地盤中の無支保空間建設システムの開発に関する調査研究, ENAA-1988-プロ3, 1988, 3
- 14) Hayashi M.: "Submerged Geo Spacing for CAES in Deep Soft Rock", Proc. Storage of Rock Caverns, Trondheim Conf., 1989-6
- 15) 林 正夫: 深部軟岩における地中空間の掘削と復工の構想ー無人・水没工法の概念ー, 土木技術, 44-7, 1989, 7
- 16) 林 正夫: "大空洞建設技術構想ー軟岩における曲線レール・スライドカッター工法案" コンクリート工学, 27-11, 1989, 11
- 17) 林 正夫: ピーク発電とミドル発電を兼用する新しい圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電の構想研究ー土木学会論文集412-III, 1989, 12