

24. 大深度地下掘削潜地型システム開発への提案

(株)白石：岡崎 登

1. はじめに

21世紀へ向けて、大深度開発プロジェクトなど新たな土地利用転換整備の動きが高まっている中で、地域環境を維持しながら調和のとれた建設関連施設の企画配置を進め長期的な発展を図る研究が叫ばれながら、具体的な大深度掘削技術が提案されなかった理由としては、他産業に比較して大深度掘削技術に関する基礎的な研究が遅れていたことが指摘できる。

- 1) 大深度地下基盤を形成する建設施工技術の開発で、基本的な掘削自動化（メカトロ化）が難しい。
- 2) 一般に、軟弱未固結は土質での大深度地下掘削と施工法が確立されていなかった。
- 3) 大深度地下構築・形成に要する建設費が高価であるのと、生産性、及び、防災技術に問題がある。

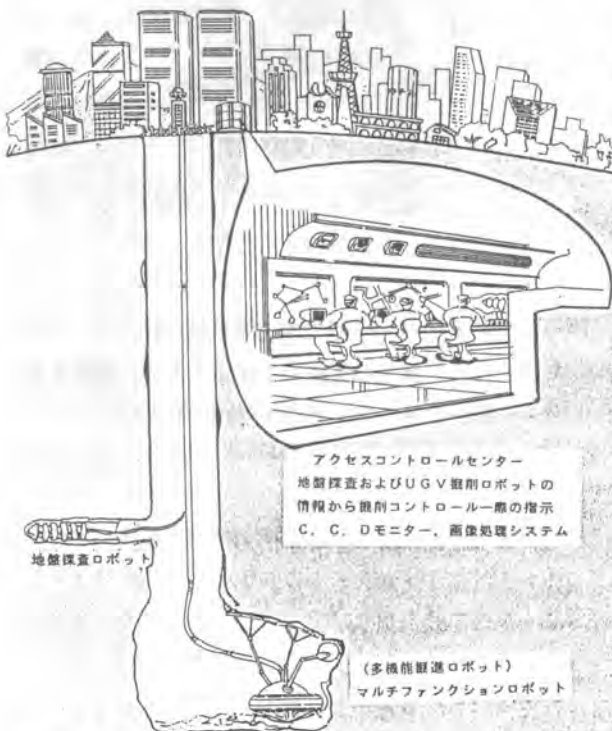
今回、これらの対応策として、大深度地下を自由に掘削・構築する潜地型掘削ロボットを概念構想とし、以下に提案する。

2. 大深度潜地型掘削ロボットの概念構想

ジオフロント開発で対象とする大深度地下空間を構成している地盤は密な固体である。この地盤のなかでは視界が利かない。自由に動きまわることが出来ないという点では、地上、海洋宇宙に対比して建設作業空間での自由度の高い「潜地型地下空間作業自動システム」を最大の特徴としたものである。

2-1 基本仕様

- ① 対象の範囲； 地域は大首都圏を対象範囲として（特に東京大都市圏）深さは既設構造物に影響のない洪積地盤で50～100m。
- ② 対象項目および開発条件； 地盤情報調査としては地質構成、各地層の物性値、滞水層の位置と推理定数、地中レーダ、CCDスキャナーを装備。



* OKAZAKI Noboru

本協会機械部会シールド・せん孔機械技術委員長

- ③ 本体構造物施工支援 ; 掘削補助、残土運搬、避難孔、環境モニタリング。
- ④ 地中構造物の防災管理 ; 安全管理、災害時の救助、復旧支援。

2-2 開発条件と実施要領

大深度地下空間を上下方向、水平方向に掘り進む潜地型自動システムは無人工化を原則とする。なお地中に地下水に移動や変動を生ずると地盤沈下等の環境問題を生ずる恐れがあるので水没式とし、掘削中は泥水を用いないで、坑壁は固めながら掘進する。また本機構は曲進が可能な機能を有するものとする。

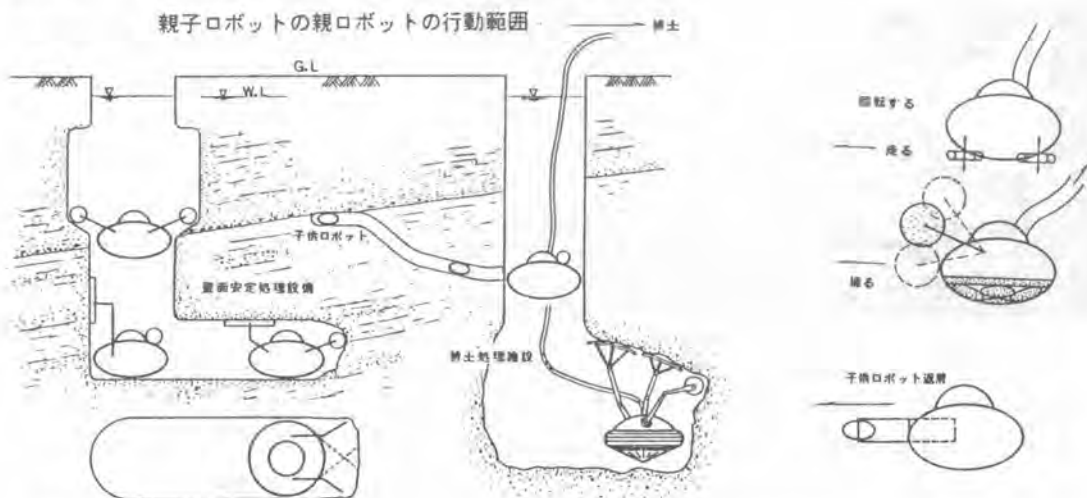
① 掘削用ロボットの概要

ロボットは、親子、孫ロボットから構成され、直径20~30mの円板状（UFOのような形状）、高さ10m程度のものでまず、水平杭の掘削を行う。

子供ロボットは、直径2~3mで親ロボットから発進する。

孫ロボットは、子供ロボットが掘り進んで行くときに発生するズリを親ロボットに運搬する役勢とする。また、子供ロボットが掘り進むときに必要な燃料補給の運搬や、掘削壁面を長く保持される壁面保持技術に必要な材料を運搬する。

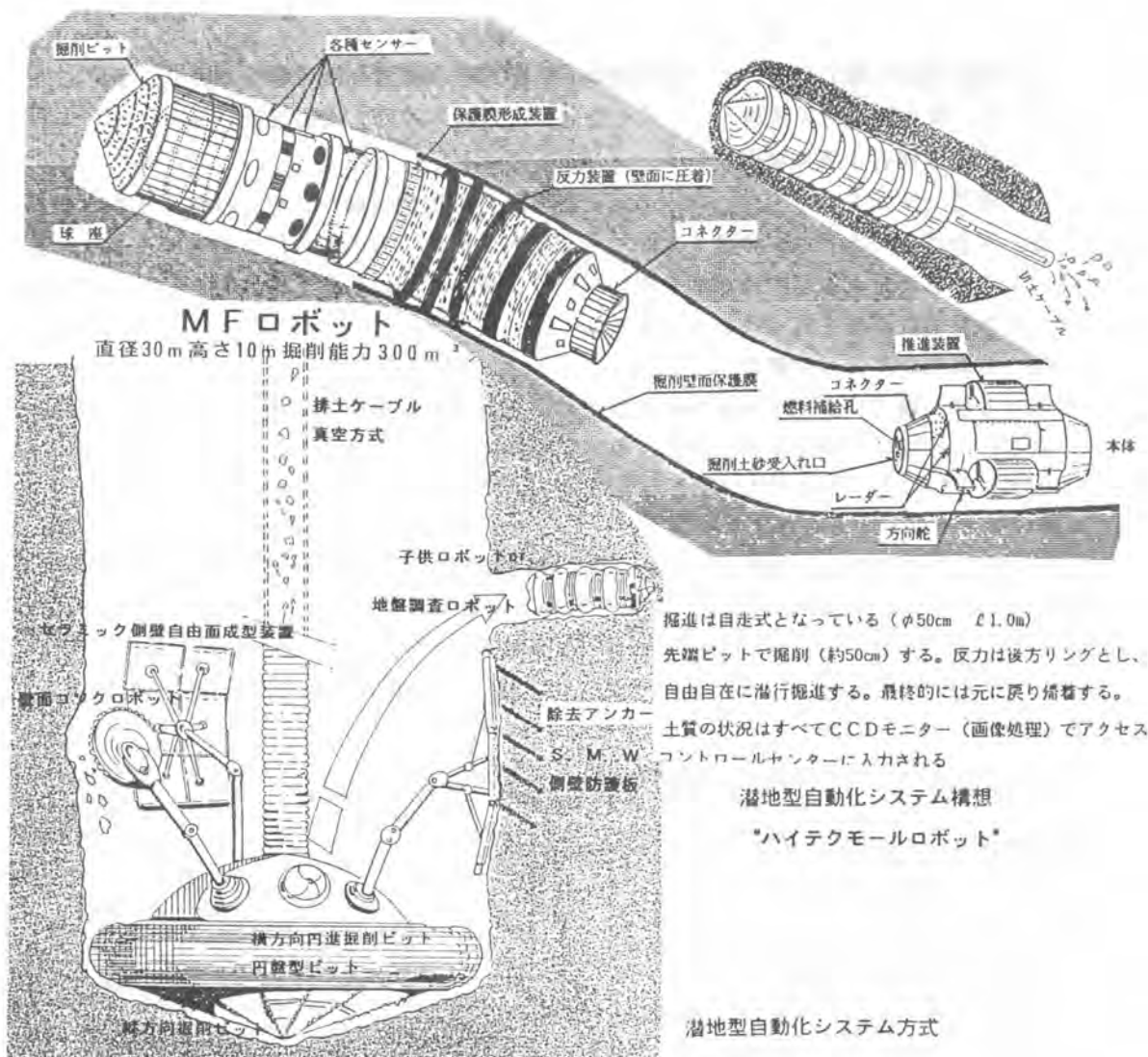
孫ロボットが運んで来た子供ロボットの排土は、親ロボットまで運ばれカプセル状に固化し地上に搬出する。なお、孫ロボットは子供ロボットが掘ったあとの飽和された坑道を、潜水艇のようにウオージェット方式で移動する。



② 駆動および掘削システム

掘削用ロボットの中味は、プラント形式で動力設備は親ロボットに内蔵する自家発電方式とし（将来は水素電池を構想）、探査用ロボットは先端にロータリー式回転ビットを用いて掘削。前進は蛇腹状の洞体の一部を反力とし、曲進は回転ビット軸の回転と蛇腹状洞体の調節による。

親ロボットは底板および横方向のカッタードリルにより掘削する。また、ドラムカッターの切削装置により、上面、横方向を掘削する。子供ロボットは探査用ロボットと同様に、先端に据え付けたロータリー式回転ビットにより掘削する。各種ロボットは、位置姿勢制



潜地型	A)接触計測	B)非接触計測	C)遠隔計測	
地質調査ロボット 『ハイテク-4 ロボット』 (H. T. M.)	1. 超音波 2. 触覚センサー 3. X線, γ線 4. スキャン	1. 平面フラクセス 計測 (その他) 2. ITV・CCD カメラによる解 析	1. 地中レーダー・ スキャン計測 2. 赤外線放射計測 3. 色差計測	1. ロボットによる 切羽からの定期 計測。 光ファイバーに よる画像処理技 術。 2. 測定領域の限定 3. ロボット径φ50 cm
潜地型掘削ロボット「親子ロボット」	対象構造物に対応し自由断面による垂直・水平移動方式。			1. 切削部分の破損 摩耗地山状況監 視システム 2. ECL技術が可 能なシステム 3. セラミックに よる壁面防衛策 及びS.M.W併用 方式 4. 深査用GKRは フレキシブルな 軀体構造とする 5. 推進反力は、周 辺地山にとる
親ロボット (G. M. R.)	掘削断面：垂直φ30m、高さ10m。 能力：50m ³ /H 限定圧気方式、ECL技術、セラミック覆工技術・壁面 コック取り装置を有する。子供ロボット内蔵			
子供ロボット (G. K. R.)	掘削断面φ1m、長さ3m 能力：10m ³ /H 孫ロボット (資材運搬の調査ロボット) を内蔵			

御装置を取り付け常にその位置をアクセスコントロール・センターと直結する。ロボットは全てコントロールセンターから行動、情報の指示、確認が可能なシステムとなっている。

③ その他、排土処理・壁面保持はバーナ約1200度でタイル上の覆工処理を行う。なお、長時間保持するためにSMW工法も応用可能である。

システムレベルとしては、計画段階で情報探査、並びに施工時のパイパス掘削支援として小口のハイテクモールを採用。特に大口径立坑、水平杭および縦断自在な補助坑の掘削支援を主とした親子ロボットとする。

2-3 システム構想の要約

大深度潜地型掘削ロボットの対象範囲は、地下空間構築の支援を目標として地下掘削作業に要約される強剛性、高出力を必要とする掘削ロボットで基本的に求められる技術内容としては、1) 潜地型調査移動方式、2) 潜地型掘削覆工方式、3) アクセス総合コントロール方式の3つに要約される。以下に潜地型自動化システム案を提示する。

3・今後の研究開発課題

本研究を実現するには息の長い研究、開発期間を要するものが多く含まれている。それには民間での開発努力はもちろんもこと、公的機関による強力な資金援助が第一義であると考えられる。以下に課題を要約すると、

1) 技術的課題としては、①防災技術の支援、②不燃化対策、③空気浄化施設の支援、④避難の支援方法、⑤危険予知システムの高度化の対策、⑥フェールセルの高度化などが支援体制として望まれる。

(a) 掘削技術の改良開発、掘削、切削、ビットの回転技術の研究、軟弱未固結な土質における掘削壁面の構築技術の導入が必要である。

(b) 排土処理技術としては、掘削ズリを圧縮固化(カプセル輸送)し再利用技術が必要である。

(c) 地盤情報の探査技術、広範囲に精度が良く、実質的な探査効果の研究開発が急務である。

2) 経済的課題としては、システム自体の稼働率、利用頻度に影響される。施工に関しては、在来工法のような地上施設が広範囲に及ばないため狭少な空地进行を開発基地とするが可能で、用地費は軽減できる。なお、大深度地下開発を実施するうえで効率的に支援できるため仮設費、安全対策費、補助経費が大巾に削減できる。

4・あとがき

今回は終始技術的視野でシステムの有意性について述べてきたが、大深度地下に建設された構造物は半永久的に残存するものと捉えた場合、もう少し広い視野で多面的な考慮が必要であると考えている。なお、本研究に際しては日本産業ロボット建設専門委員会関係者各位には討議と貴重な助言、協力を頂き厚くお礼申しあげると共に皆様の叱正をお願いする。