

解説

回収型推進技術 ヒューム管推進工法

川原 幸二

ヒューム管推進工法協会
技術本部長



1. 開発の経緯

この豊かな地球環境を未来へと受け渡していくために、環境に対する最善の努力が求められています。更に、限られた財源を有効に活用すべくコスト縮減への技術開発が今、要求されています。この様な時代背景の中、特に建設業界に求められているコスト縮減という社会的ニーズに答えるべく、環境保護・コスト縮減をテーマに追求した結果誕生したのがヒューム管推進工法です。

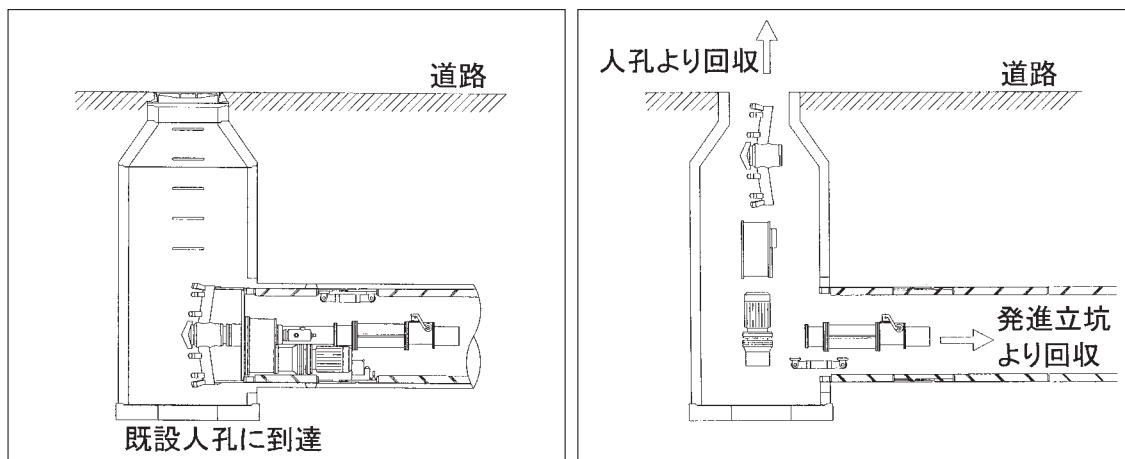
推進工法を用いて既設人孔やシールドに管路を取り付ける場合、既設人孔の前に掘進機回収用の立坑を築造して掘進機を回収し、刃口推進等により管渠を取り付ける方法が用いられます。しかしながら、輻輳する埋設物や交通障害の関係で回収立坑の築造が出来ないケースが非常に多く、その様な場合、掘進機を地中に残置し場所打ちコンクリートで完成させています。推進機は工場で精密に組立てられた高価な機械であり、何とかこの掘進機の残置を回避し再利用できる方法はないかと模索したことが、ヒューム管推進工法開発のスタートとなりました。

『推進管に掘進機ユニットが組込めたなら掘進機となるので、十分な強度さえ作れば問題はないであろう』というのがこの出発点でした。

開発にあたっては、推進管を掘進機にするなんてできるはずがないという意見が多く、社内をまとめることに非常に苦労しましたが、できるはずだという信念の基、強度実験や調査を重ね、完成にこぎつけることができました。

開発は時代の背景が重要なポイントとなります。その時代に求められていないものを開発しても採用されないもので、本工法もバブル全盛のころ、すなわちコスト縮減など考えない時代には見向きもされない工法だったでしょう。

従来推進管を掘進機外殻にすることは不可能と考えられていましたが、鋼製の外殻をPCコンクリートで内側を巻いた合成鋼管にすることにより十分な強度が得られ、推進管を掘進機とすることに成功しました。推進管に掘進機ユニットを組み込み推進管を掘進機として掘削し、既設人孔やシールドに直接到達させ、掘進機ユニットを分解して人孔及び発進立坑より分解したユニットを回収するシステムが完成されたのです。



図－１ 掘進機到達回収方法

本工法は、直接既設人孔やシールドに到達させることができ、掘進機回収用の立坑築造が不要で、更に回収したユニットが再利用できることから従来の推進工法と比較して約15～20%の工事費を縮減することが可能となりました。

2. 工法の特徴

本工法は既設構造物に直接到達できるため、掘進機回収用の立坑を築造する必要がなく、更に分解回収したユニットを再利用できるということが最大の特徴です。

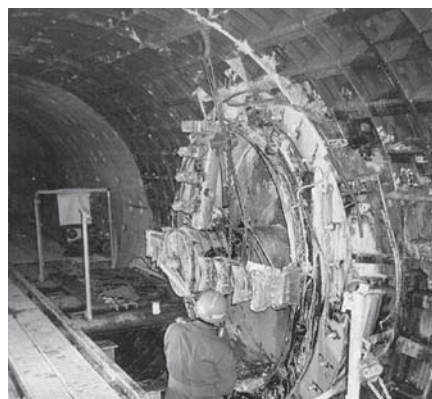
又、掘進機に推進管を兼用していることも大きな特徴であり、掘進機として使用する合成鋼管は工場内で製作されているため、掘進機を残値する従来のような場所打ちコンクリート方式に比べ、高品質が保証されます。

掘進機回収用立坑築造費や刃口推進工事費が不要となり、コスト縮減と工期短縮が可能となります。

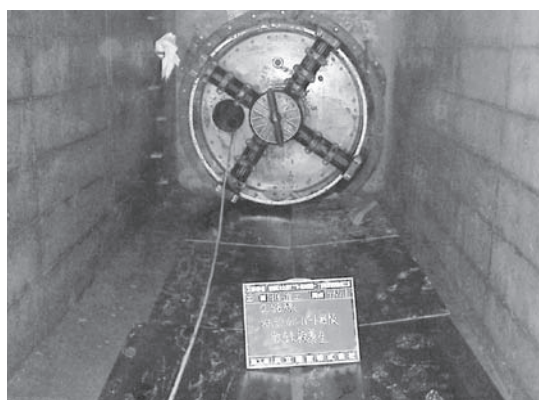
更に次のような特徴があります。

①人孔・シールドへの直接到達により交通障害を回避

掘進機回収用の立坑築造を必要としないため、交通規制の必要がなくなり、周辺住民への騒音・環境問題が解消でき、工事施工に対する住民の協力が得やすくなる。(写真－１、写真－２)



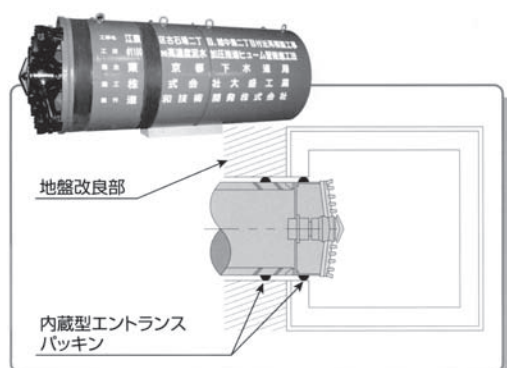
写真－１ シールド到達状況



写真－２ 既設ボックスカルバート到達状況

管径 m/m	
φ 800	2号(内径1200)
φ 900	3号(内径1500)
φ 1000	3号(//)
φ 1100	4号(内径1800)
φ 1200	4号(//)
φ 1350	4号(//)
φ 1500	5号(内径2100)
φ 1650	5号(//)
φ 1800	6号(内径2600)
φ 2000	6号(//)
φ 2200	7号(内径3000)

表－1 管径別人孔径



図－2 内蔵型エントランスパッキン

②到達立坑を最小限に抑える

交通障害の関係で到達立坑を可能な限り小さくしたい場合には、別表(表－1)の寸法まで可能。本工法では到達立坑での掘進機回収が必要でないため極力小さく出来ます。

③内蔵型エントランスパッキンの開発により、到達時の安全性を確保(図－2)

フード部、主管部に内蔵型エントランスパッキンを装置する事により、到達時に余堀り部からの水や土砂の流入を完全に遮断し、安全に到達できます。

④耐震構造で可とう管としての働きをする

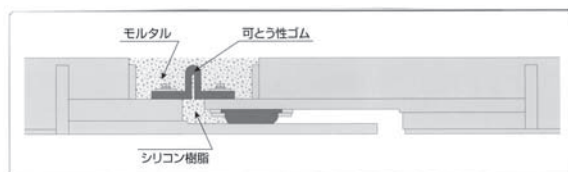
既設構造物との接合部が震災時に破損するのを防ぐため、方向修正ジャッキを取り外した箇所へ可とう性のゴムを取り付けることで耐震構造となり、レベル2に対応します。(図－3)

⑤長距離・急曲線施工が可能10R実績

本工法は泥濃式ベルスタモール工法の実績をベースに開発されているため、急曲線推進及び長距離推進に威力を発揮します。

⑥大口径に対応

「泥水式」「土圧式」ヒューム管推進工法が完成しφ2000～φ3000mmまで対応します。(写真－4)



図－3 可とう管図



写真－3 15Rα15RのSカーブ



写真－4 φ2200泥水式マシン到達状況

⑦排泥リサイクルシステムの採用で循環型システム完成

高濃度泥水の排泥処理はこれまで不可能と言われていましたが、発想の転換により処理装置が完成しました。回収された土砂を一般残土と最低限の産業廃棄物にまで分解し、余剰泥水を作泥剤として再利用することで、更にコスト縮減にもつながります。(写真－５)

本工法は下水道以外にもNTT、ガス、電力、鉄道において多くの採用実績があります。次に鉄道横断とガスを御紹介致します。



写真－５ 礫分級状況

3. 施工事例

3.1 降雨防災強化工事 鉄道横断を安全で確実に

施工条件

工事件名：大網・永田間23K700M付近
外降雨防災強化工事

施工場所：千葉県山武郡

管 径：φ800mm

推進延長：L = 11.66m

土 質：腐植土N値 = 0～2

土 被 り：1.5～2.5m

本工事は東日本旅客鉄道株式会社千葉支店発注の「大網・永田間23k700M付近外降雨防災強化工事」において、軌道直下約1.8mの位置に雨水排水管を布設するというものでした。

外房線軌道直下の腐植土層(N値0～2)を低土被り(1.8m)推進する点と、到達立抗側が民地と接近しており、掘進機の搬出経路がないという非



写真－６ 掘進機

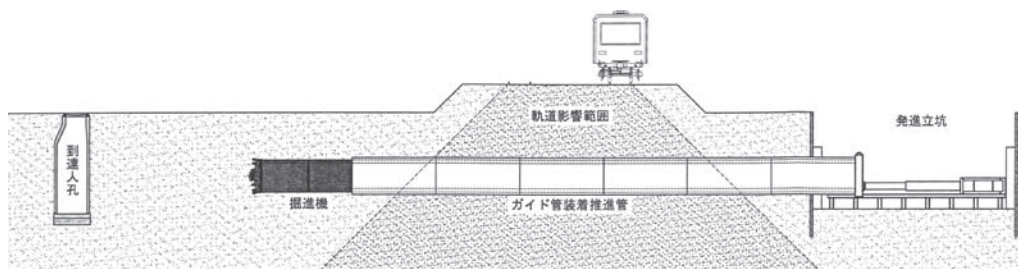
常に難易度の高い施工条件でした。

そこで工法選定にあたり、掘進機の搬出経路がないことから、安全作業が励行される工法としてヒューム管推進工法が採用されました。

植土層の低土被り推進を安全に施工するために「ガイド管方式」が今回初めて採用されました

ガイド管方式は、従来の推進管外周部に鋼製のガイド管を装填し、そのガイド管と推進管を掘進機後部に次々と連結し掘進します。

(写真－６、７、８、９、10)



図－４ ガイド管方式概念図

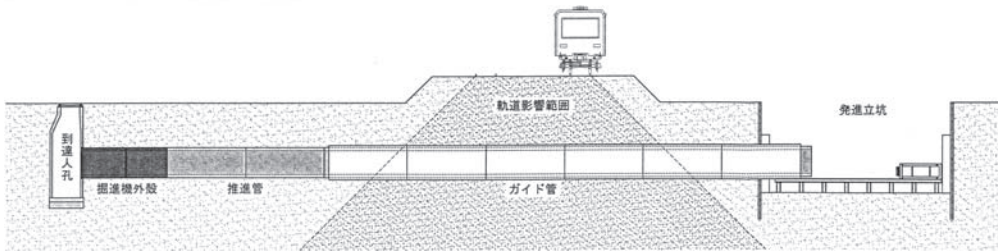


図-5 ガイド管方式到達図

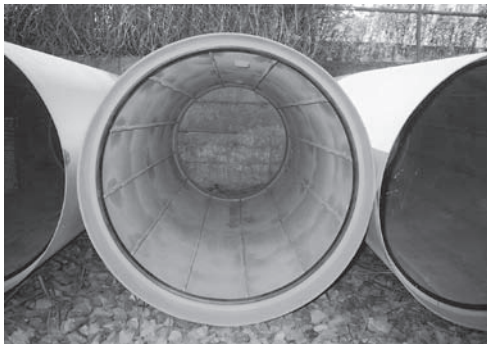


写真-7 ガイド管

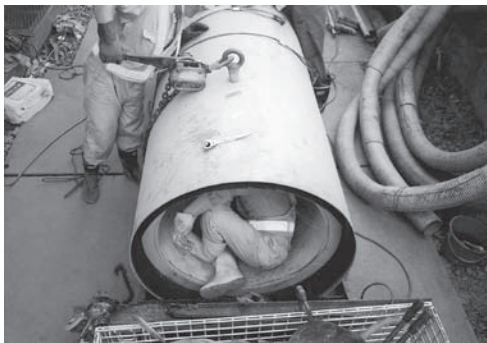


写真-8 ヒューム管とガイド管セット



写真-9 ガイド管との連結プラグ

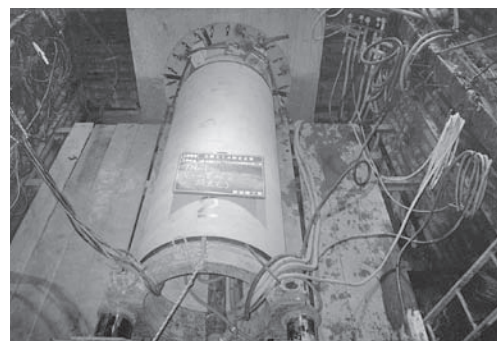


写真-10 推進状況

所定の位置まで掘進を終え、推進管とガイド管と結合させている固定金具を外し、その固定金具取り付け孔を利用してガイド管外周部に裏込材を注入します。(写真-11)

ガイド管と周辺地盤が裏込材と一体化した後、推進管のみを元押し装置にて押し、推進を開始します。(図-4、5)

人孔に到達後、掘進機を分解、回収し完了です。(写真-12、13、14、15)

土質は腐植土、N値0～2、さらに低土被りと推進にとっては厳しい施工条件でありましたが、ガイド管方式を採用したことにより、鉄道に何ら影響を及ぼす事なく施工は完了しました。

鉄道横断や地下埋設物の接近施工時に於いて、地盤沈下や地山崩壊による重大災害発生のある場合には、ガイド管方式により影響範囲地点まで推進後、直ちにガイド管を裏込注入し路線を安定させることにより、周辺地盤へ影響を与えることなく安心して推進する事が可能となります。



写真-11 ガイド管裏込注入



写真-14 ギャボックス回収状況



写真-12 低土被到達

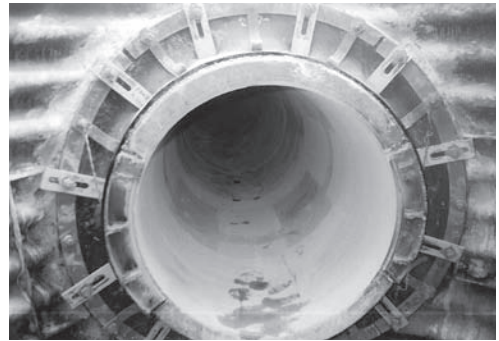


写真-15 掘進機分解完了



写真-13 減速機回収状況

推進延長: $L = 176.6\text{m}$

立 坑: 発進立坑 1 箇所

(鋼矢板 $8000 \times 4000\text{mm}$)

既設到達 1 箇所

(既設立坑 $8000 \times 5900\text{mm} \phi 650\text{mmBH}$
土留め杭残値)

土 質: 砂層

土 被 り: 6.68m

平均 N 値: 4

地下水位: $GL - 1.55\text{m}$

本工事は新しくビルを建設中の地域にガス関係
を供給するための洞道の新設工事です。

工法選定にあたり、掘進機回収用立坑が地下埋
設物と交通障害の関係で築造できないため、既設
構造物へ直接到達できる本工法が採用されました。

NTT 、電力、水道、下水道の管渠が近接し、
土質も N 値 4 程度の砂層と、推進としては厳しい
施工条件でした。プラント基地が確保できず、車

3.2 病院の地下室からしか入室できない既設 構造物への到達

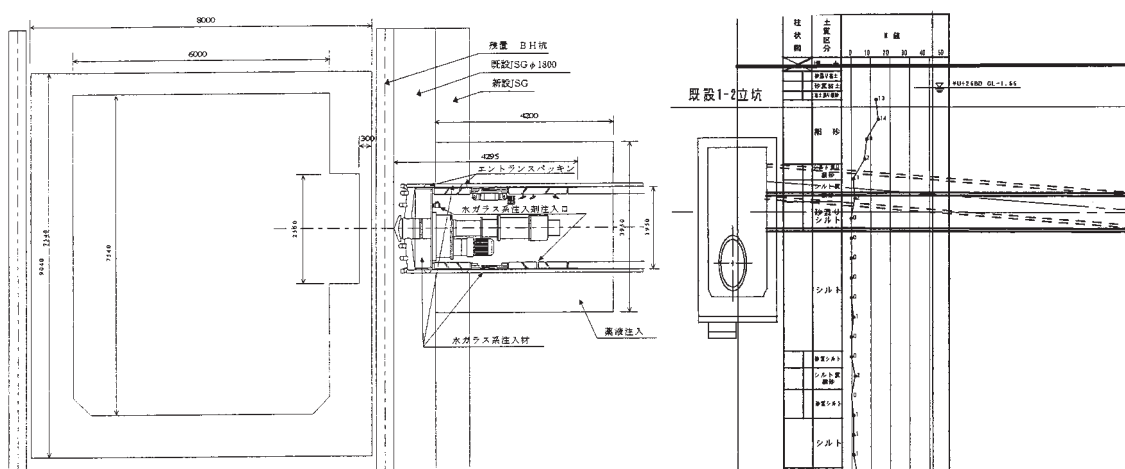
施工条件

工事件名: 明石町地区地域洞道 1 - 1 号幹線

施工場所: 東京都中央区明石町地内

管 径: $\phi 1650\text{mm}$

スパン数: 1 スパン



図一 6 到達部平面図と土質柱

上プラントでの夜間施工となりました。一般に都市部においてはプラント基地を確保するのが困難であるため、プラント関係をトラックに積込んで夜間施工を行い、昼間は道路を開放する方法がとられます。(写真－16)配線配管等のセッティングに時間をとられるため、推進作業時間が短くなることが欠点と言えますが、推進は順調に進み計画より低い推力で何のトラブルもなく到達できました。

到達部に既設BH杭が確認できたため掘進機の到達解体は次のように行いました。

①掘進機到達

マシンカッター切削により、残値BH杭のH鋼に当たった時点で掘削完了。(写真-17)

②マシンエントランスパッキン作動

マシンフード部、主管部に装着したエントランスパッキンを、コンプレッサーのエア圧により膨張させる。

③テールボイド部止水工

地盤改良された二重管ロッド注入区間とJSG区間をマシンカッターが余堀をしており、この範囲を水ガラス系注入剤で、マシン後続管に上下左右に設けてある注入孔から加圧充填を行うことにより、後方地山からの出水を遮断する。注入は $2\text{ kg/cm}^2 \sim 3\text{ kg/cm}^2$ を目安とする。

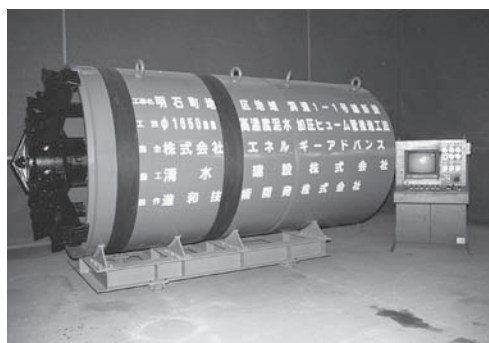
④止水確認

マシン内部よりエアオーガーで削孔し、躯体とB H杭間の湧水を確認。ここで湧水があればマシン内部より上記同様の材料、注入圧で注入を行う。

止水確認後掘進機の解体作業を行いました。既



写真-16 車上プラント運転操作中



写真一17 エントランスパッキン内蔵型掘進機

設構造物には病院の地下室からしか入室できないため掘進機ユニットは全て発進立坑へ搬出し、残値BH杭の撤去にあたっては、安全確保のために切羽閉塞板を設置しました。(写真-18)

既設BH杭の芯材の撤去後既設人孔内側より、コアボーリングで既設人孔の仮壁のコア抜きを行います。(写真-19)



写真-21 ギヤボックス立坑へ

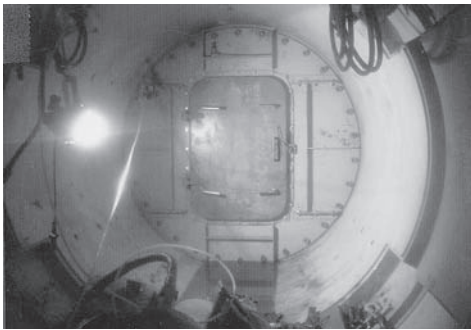


写真-18 羽切閉塞板



写真-22 ギヤボックス搬出

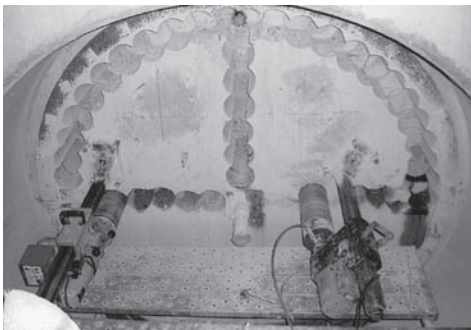


写真-19 コア抜き状況



写真-23 コア抜き撤去

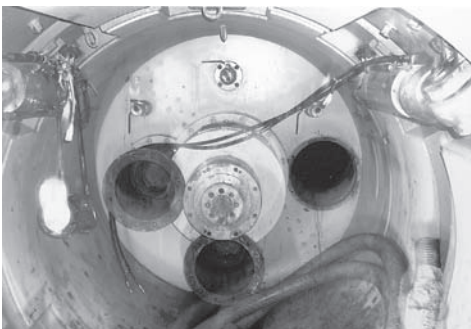


写真-20 掘進機解体



写真-24 BH杭撤去

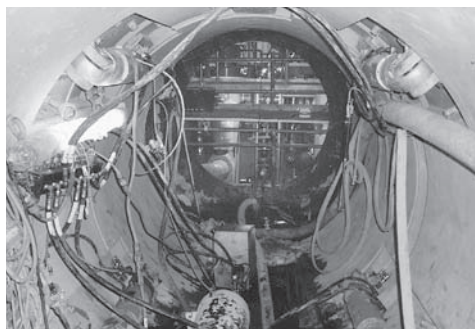


写真-25 B H杭コア抜き撤去完了



写真-26 掘進機分解完了

全ての撤去完了後、所定の位置まで推進機を押し出して完了させました。(写真-26)

到達する既設構造物内がガス関係のパイ室となっていることから、作業制限が有り厳しい施工でしたが、本工法の内蔵型エントラスパッキンの止水効果もあり無事完了しました。

4. おわりに

本工法は既設構造物に直接到達でき、コスト縮減と地域住民への騒音・交通障害を回避する工法として約150件の実績を持っています。

更に、(財)下水道新技術推進機構より新規技術として審査証明を取得しました。(写真-27)

審査の内容は次の様になっています。

審査の結果

- ①掘進機外殻はJSWAS A-2 規格と同等以上の外圧強度を有すると認められる。
 - ②掘進機継手がJSWAS A-2 規格一継手性能JC、レベル2の耐震性を有すると認められる。
 - ③駆動機器類がボルトナットにより着脱可能であると認められる。
 - ④エントラスパッキンは、外水圧0.2MPaに耐える止水性を有すると認められる。
- ビルの地下駐車場から発進し、道を隔てたビル

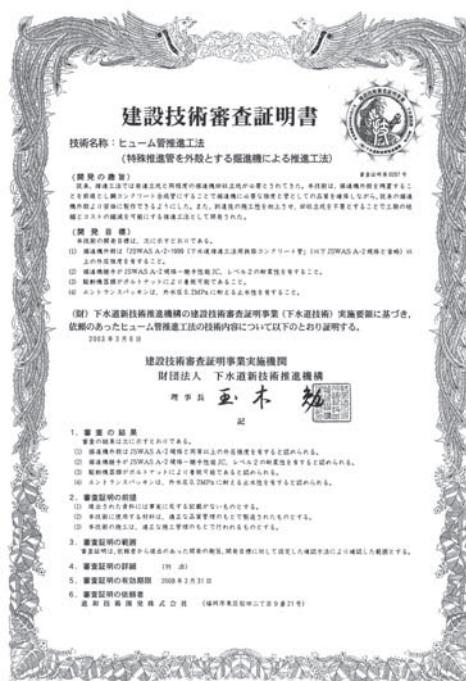


写真-27

の地下2階に到達させる施工等、施工条件は増々厳しくなっていますが、これを機に下水道技術を電力、ガス、NTT他の分野にも応用できる様に研究を重ねてまいります。