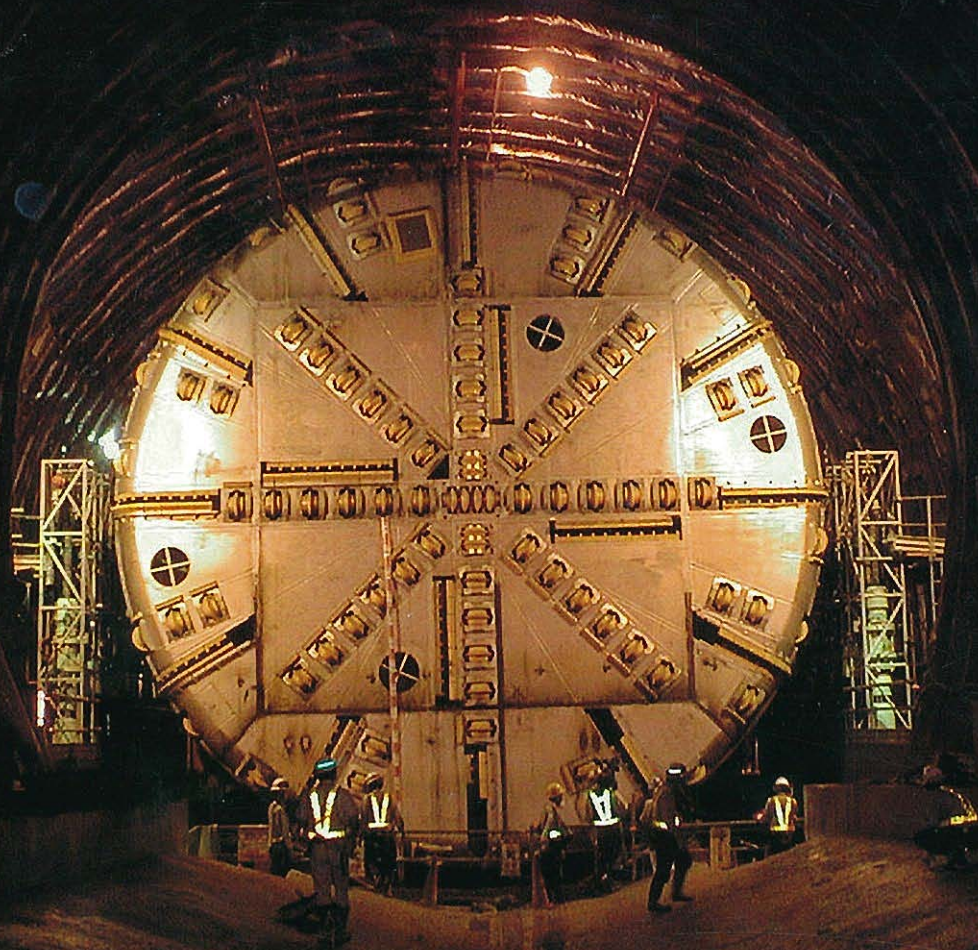


建設の施工企画 11

2005 NOVEMBER No.669 JCOMA



トンネル・シールド特集

- 東北新幹線八甲田トンネルの施工
- 直径12.84mの大断面TBMの設計と施工
- トンネル換気設備の効率的な維持管理手法
- 新しい空洞調査手法の開発
- めがねトンネル中央導坑からの本坑支保工の構築
- 遠心力トンネル吹付け工法と現場展開
- 大断面分割シールド工法による(仮称)外苑東通り地下通路整備工事
- 地盤改良を必要としないシールド発進・到達工法

新潟県中越地震被災地 復興に向けて

平成16年10月23日に発生した震度7の「新潟県中越地震」は、都市部から中山間地に至る広い範囲に大きな被害をもたらしました。関係機関が全力を挙げて取組み、地震発生から約1年、被災地は復旧・復興へ向け着実に歩み始めています。



この8月、75万人(2日間)もの観客が訪れた長岡まつり大花火大会の震災復興祈願花火「フェニックス(不死鳥)」(写真提供:長岡市)



5月に仮設闘牛場で復活した旧山古志村の「牛の角突き」(長岡市東山ファミリーランド)



被災から復旧した水田での稲刈り(ハサガケ)の様子(小千谷市小栗山)

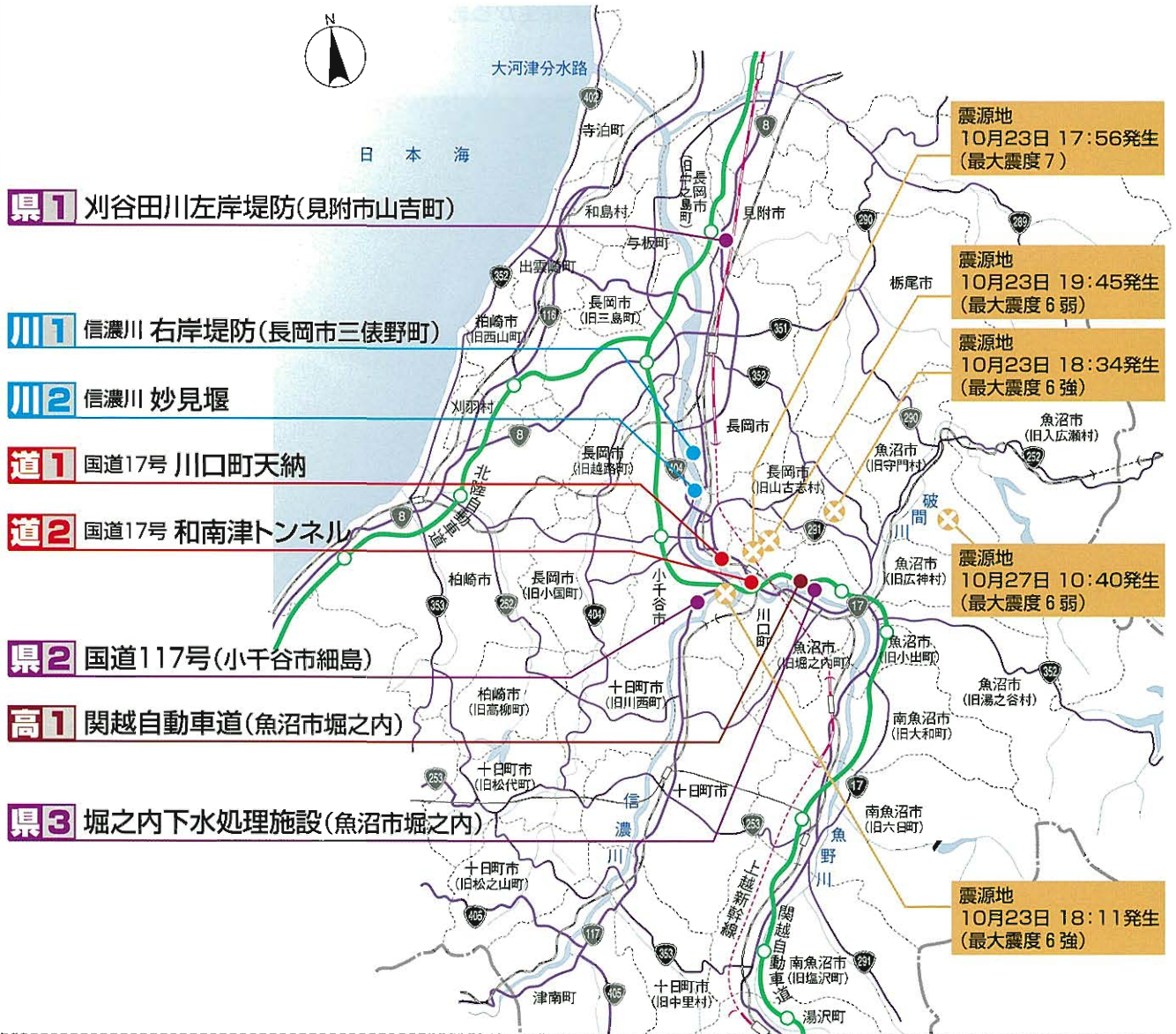


被災から約10カ月ぶりに再開した商業施設(左:川口町、右:小千谷市)



地域の復興を支えるインフラの復旧

復旧事業箇所図



信濃川の被害と復旧

川1 右岸堤防 (長岡市三俵野町)



被災状況(H16.10.24)



緊急復旧完了(H16.10.25)



本復旧の施工状況 (H17.10.13)

川2 妙見堰



被災状況(H16.10.24)



7号ピア復旧完了(H17.2.22)



国道17号の被害と復旧

道1 川口町天納



被災状況(H16.10.24)



緊急路確保(H16.10.25)



現在の状況

道2 和南津トンネル



被災状況(H16.10.24)



暫定1車線開放(H16.11.2)



現在の状況



関越自動車道の被害と復旧

高1 魚沼市堀之内



被災状況(H16.10.24)



4車線化工事完了(H16.11.26)



本復旧状況(H17.9)



新潟県管理施設の被害と復旧

県1 刈谷田川左岸堤防 (見附市山吉町)



被災状況(H16.10.24)



仮締切堤完了(H16.12.3)



復旧工事完了(H17.10.6)

県2 国道117号 (小千谷市細島)



被災状況(H16.10.26)



迂回路による片側交互通行(H16.12.3)

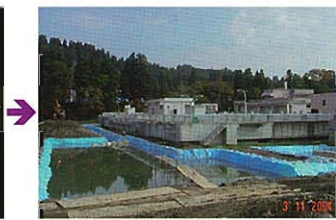


現在の状況

県3 堀之内下水処理施設 (魚沼市堀之内)



被災状況(水処理施設の漏水,H16.10.25)



仮復旧完了(H16.11.3)



現在の復旧状況(H17.10)



新潟県中越地震被災地 —復興に向けて—

地域の復興を支えるインフラの復旧 (旧山古志村で進む復旧事業)

旧山古志村の復旧事業箇所図

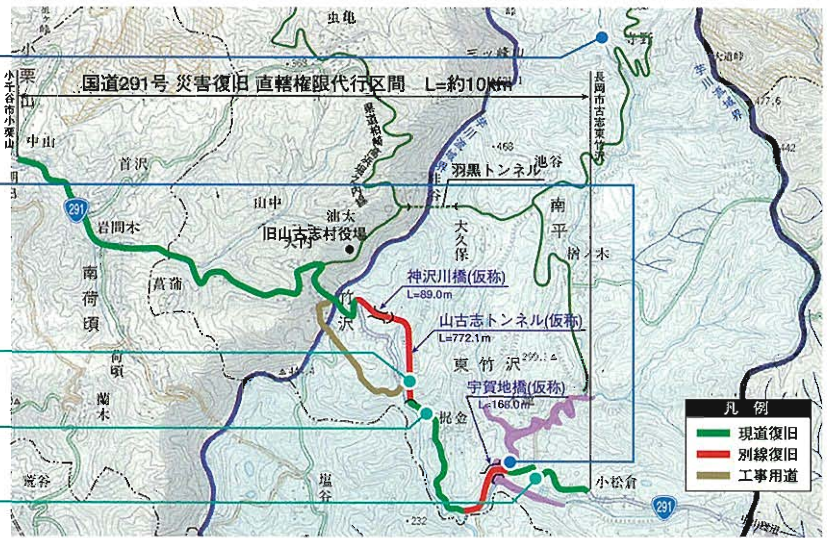
砂1 芋川河道閉塞 寺野地区

砂2 芋川河道閉塞 東竹沢地区

道1 国道291号 付け替えトンネル部

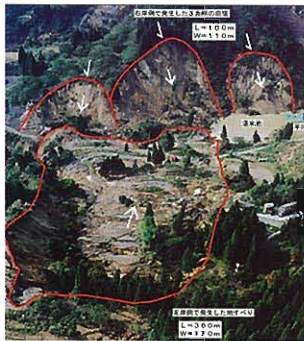
道2 国道291号 梶金地区

道3 国道291号 東竹沢地区



芋川河道閉塞 被害と復旧

砂1 寺野地区



被災状況(H16.10.24)



緊急対策を完了させ雪解けを待つ状況(H17.4.7)



復旧状況(H17.10.12)

砂2 東竹沢地区



被災状況(H16.10.24)



緊急対策を完了させ雪解けを待つ状況(H17.4.7)



復旧状況(H17.10.12)



国道291号の被害と復旧

道1 付け替えトンネル部



工事状況(H17.9.29)



付け替えトンネル内部(H17.9.29)

道2 梶金地区



被災状況(H16.11.5)



工事用道路を通行(H16.12.5)



復旧状況(H17.9.23)

道3 東竹沢地区



被災状況(H16.11.5)



応急復旧状況(H16.12.21)



復旧状況(H17.9.30)

巻頭言

実績主義からの脱皮を

今田 徹



日本の都市トンネルの建設技術、特にシールドの技術は世界の最先端を走っている。これが可能になったのは関係された方々の努力によるものであるが、戦後の復興と社会資本整備の遅れによる豊富な工事が存在していたことが大きいと考えられる。実工事において、多くの試行錯誤が可能であり、問題点を解決しながら技術が完成していった。多くの工事がある場合には、技術を採用するにあたって、その技術がどこで使われどのような結果が得られたかが、その技術の採否の重要な判断基準となってきたといえる。これは確実な手法であるが、技術開発という観点からすると外挿的なやり方であり、発展の速度は遅く、何時かは飽和してしまい進歩が停滞するということになる。ただ工事をこなすだけであれば技術的な冒険をする必要はなく、これで十分だということになる。しかし、技術は常に競争にさらされ、より良い品質のものをより安く、確実に、早く造ることが要請されている。

我が国の社会資本整備は少子・高齢化に伴って、確実に事業量が減少すると考えられている。従来のように工事量をこなす中で徐々に技術の改善を図るという方法は採れなくなっていくものと考えなくてはならない。工事量の減少は競争を激しくし、益々合理化が求められることになるのは明らかである。こういう中で技術を進歩させるためには従来のような手法では巧みかなくなる可能性が強い。技術の発展の歴史を見ても連続的に発展するのではなく、段階的に発展してきている。シールドの技術でいえば、ブルネルがシールドの発想をして、困難に打ち勝ちながら僅か460mのトンネルを16年かけて完成させたのが始まりであり、グレートヘッドが円形シールドとセグメントを使うように工夫し、次に切羽の鏡安定のために圧気を適用させる圧気シールドが使われるようになり、さらに、圧気シールドの持つ問題を克服すべく、密閉型シールドが開発されている。シールドの180年にわたる歴史の中でこれらがおもなエポックメイキングな出来事であると見なすことが出来る。これらの技術の採用は、革新的なものであり実績を超えるものであったと云えるであろう。ブルネルが苦勞したと同様に、圧気を使ったハドソン川トンネル（初めはシールドは使われなかった）では多くの困難に遭遇し26年の歳月をかけるこ

とになった。革新的な技術は常にトラブルを起こす危険を伴っている。先人の英断と困難を克服する勇氣には頭が下がる。

現在は、失敗の許されない社会になっている。しかし、トラブルを恐れているのは技術の進歩はない。土木構造物は殆どが官の発注であり、技術の採用は官の考え方の影響を大きく受ける。発注者が消極的な態度であれば新技術、特に革新的な技術の採用は難しい。これでは社会の要請に応えることが出来ない。技術開発の責任とリスクをどのようにとるかを考えていかなければならない。最近では、技術を民に任せようとする傾向が強い。しかし、土木構造物は一般の商品とは異なり性能の定まった完成品を買ってくるというものではない。複雑な立地条件の下でそれぞれの条件に合わせながら造って行くものであり発注者の責任は大きく、開発された技術の利益は発注者が受けることになる。従って、技術は民に任せるばかりでなく発注者が積極的に関わっていくべきである。特に、最近の技術は巨大化しており開発に要する費用と時間は膨大なものになる場合が多い。この点で、技術が完成品になってから採用するというのでは問題が多い。そもそも技術に完成品というものはなく常に進歩するものであり、実工事で成長、発展していくものである。実績にこだわらず、また、既成の概念にとらわれず、確実性が十分に見込まれ、検討されたものであれば、積極的に新技術を採用するようにすべきである。工事量が減れば技術開発の機会が少なくなり、技術の停滞を招く可能性が大きい。現在日本のシールド技術は優位を保っていると考えることが出来るが、ヨーロッパでは日本の技術にどんどん追いついてきている。中国も後を追っている。今後日本が置かれる立場を考えると土木の分野でも国際化は急速に進むものと考えなければならない。国際化に対応するためにはしっかりと技術を持っていなければならない。革新的な技術が常に生まれ、成長する環境が必要である。そのためにも、一つひとつの工事を大事にして技術の発展に結びつけることが望まれる。

東北新幹線八甲田トンネルの施工

—世界一長い陸上複線トンネル—

佐々木 幹 夫

東北新幹線盛岡・八戸間は平成14年12月に開業し、乗車率も好調な営業を継続しているが、更に、青森間までの81.2kmの延伸工事を現在行っている。八甲田トンネルは、そのうち約1/3を占めるが、平成17年2月27日に貫通したことで、一段と早期完成の気運が高まってきた。工事は、比較的順調に進み、工程管理、安全管理の面でも各工区の特徴ある対策がとられてきた。本トンネル工事でも、自然環境の保護、CO₂排出抑制といった課題について取組んで施工を行ったが、今後、一層の環境対策の工夫が求められる。

キーワード：トンネル、東北新幹線、ずり搬出システム、環境対策

1. はじめに

平成17年2月27日、午前9時25分、轟音とともに後ガスが抜け、反対側のトンネル照明がうっすらと見えてきた。

「万歳、万歳」。大きな歓声と拍手の中、平成10年8月着手以来6年半の歳月を経て、世界一の陸上複線トンネルとなる八甲田トンネル(26.455km)が貫通した。

八甲田トンネルは、東北新幹線八戸・新青森間81.2kmの約3分の1を占める長大山岳トンネルである。青森県上北郡七戸町(旧日間林村)底田地区から、自動車専用道路「みちのく有料道路」とほぼ併行に進み、積雪深3mにもなる豪雪地帯の八甲田山系の北側山麓を東西に貫く。

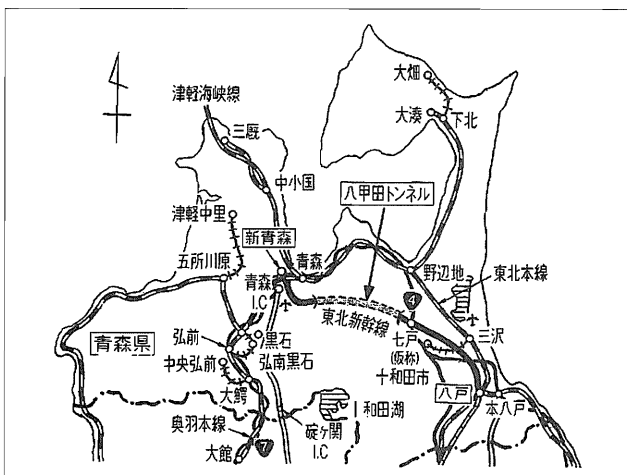


図-1 八甲田トンネル位置図

また、トンネルの両坑口の一部を除き国有林野の下を通過し、ルート近傍には旧鉱山跡地がある。東北新幹線八甲田トンネルの位置を図-1に示す。

工事は、工期短縮、施工条件・環境等を考慮し6工区に分割して進められた。

本報文では、八甲田トンネルの計画と各工区の特徴的な施工について述べる。

2. 地形・地質

東北新幹線(八戸・新青森間)のルートが通る青森県南部から中部にかけては東北地方の中央部を南北に連なる奥羽山脈の北端部にあたり、標高700m~1,500mの山々が十和田湖北側から夏泊半島へと連なり、最高峰の八甲田連峰大岳(1,585m)に代表される。

この奥羽山脈の北側には八甲田山近傍の酸ヶ湯、田代平といった温泉地帯から荒川、駒込川が北流し、さらに北の折紙岳、三角岳付近から野内川が北西に流下し、陸奥湾に注いでいる。

トンネル付近の地質は、新第三紀層が基盤であり、全体的には良く固結した火山起源の地質が主体である。地質構造は、全体的に褶曲構造をなし、トンネル中央付近が背斜軸となっている。

最も古い金ヶ沢層(安山岩)がトンネル中央部に分布し、その両翼に左右対称に、順次新しい四ツ沢層(凝灰岩、泥岩、石英質安山岩)、和田川層(砂岩、泥岩)、市ノ渡層(礫岩、砂岩、泥岩)が覆う。そして、これらの褶曲時とほぼ同時期に活動したと思われる貫

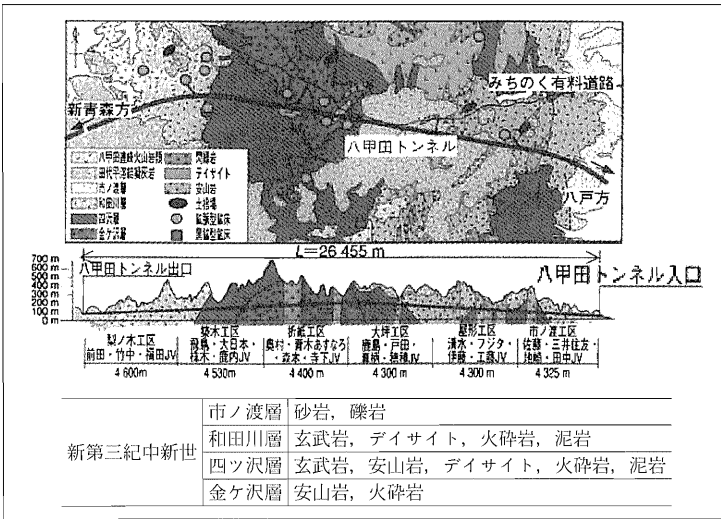


図-2 八甲田トンネル地質図

入岩類（閃緑岩、安山岩）が分布している。八甲田トンネル地質図を、図-2 に示す。

3. 線路計画

東北新幹線の八戸・新青森間の平面線形は、図-1 に示すとおり、八戸駅から半径 4,000 m の曲線を挟んで北西に進み、五戸川・奥入瀬川を渡り、七戸駅（仮称）に至る。さらに約 4 km 進むと八甲田トンネルにさしかかる。ここから東側に位置する「みちのく有料道路」と併行し、半径 8,000 m の曲線で北北西に進み、青森方坑口で半径 8,000 m の曲線を抜け、三内丸山遺跡を避けて青森市平野から北側に向きを変え、新青森駅に至る。

トンネルの縦断勾配は、坑内排水、沢部の土被り、列車運行等を考慮し、ほぼ中間点にあたる青森市と七戸町の行政境をサミットとして 10% の下り勾配となっている。最大土被りは、中央部で 600 m となる。

4. 工事計画

工事は、全体工程、斜路の坑口位置、坑内換気長、沢部の土被り、土捨場位置等

から 6 工区に分割し、両端の工区は坑口から直接掘削し、中間部の 4 工区は斜路を経由して本坑を掘削した。

(1) 斜路

斜路は、坑外の工事基地と本トンネルを結ぶ作業坑であり、掘削発生土、コンクリートの他資材、機材の搬入路、換気・排水経路として用いられる。

断面は、大型車両の運行、風管、排水管の敷設を考慮して約 30 m² とした。勾配は、斜路坑口と本坑との高低差、延長により決定されるが、ずり出し用の大型車両の通行に支障のない 10% を最急とした。また、斜路には車両の行き違い設備として 100 m 間隔に拡幅部を設けた。本坑との取付け位置は、本坑縦断勾配が下り勾配となっている区間とし、本坑の下り勾配区間を 1,000 m 程度として坑内排水に配慮した。

(2) 本坑

本坑は、新幹線複線断面であり直線の内空断面は、約 64 m² である。掘削支保パターンは、山岳 NATM 設計施工指針（日本鉄道建設公団、平成 8 年 2 月制定）新幹線複線トンネルにもとづき、地山等級の標準パターンを設定し、現場計測により地質に合った修正を加えた。なお、八甲田トンネルでは、鉍化変質岩の出現を把握するため、先進ボーリングを施工したことから、事前に地山判定が可能であった。八甲田トンネルの実

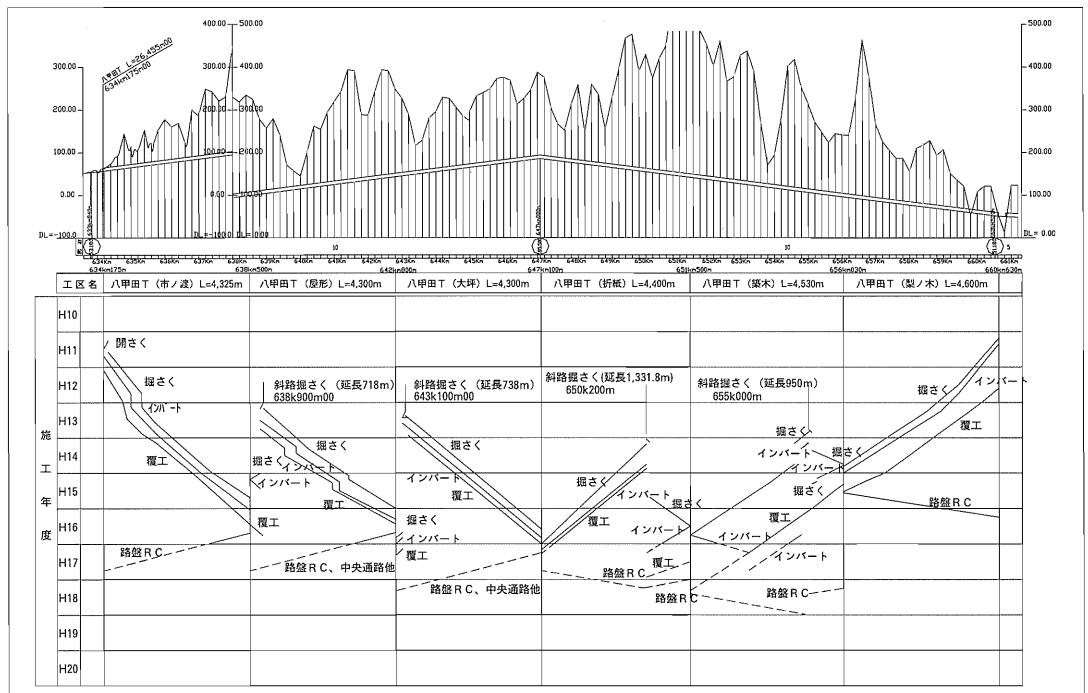


図-3 実績工程表

績工程表を図-3に示す。

八甲田トンネルのルート付近には旧上北鉱山に代表される鉱床が散在し、一部鉱化変質を受け黄鉄鉱を含有する岩石が分布し、掘削発生土として土捨てられた場合、水や空気に触れると水質汚濁や土壌汚染の恐れがあることから、これを管理型のずりに区分して産業廃棄物の最終処分場の構造を参考に、2重シートで遮蔽する構造の土捨て場を設置した。

5. ずり搬出システム

トンネル掘削方法は、山岳 NATM で、軟岩区間はショートベンチカット工法による機械掘削とし、堅岩区間は補助ベンチ付き全断面発破工法とした。機械掘削は、ロードヘッダを、発破掘削は、2デッキ・2〜3ブーム式油圧ジャンボを使用した。ずり出しは、25トンダンプトラックを使用した。市ノ渡工区、大坪工区及び築木工区で坑内及び坑外でずり運搬にベルトコンベヤを採用した。

(1) 市ノ渡工区のずり搬出システム

長大トンネルにおける施工中の坑内環境保持は、坑内換気によるところが大きい。坑内環境をよくする対策としては、換気システムの開発や大型集塵機の採用とあわせて、内燃機関の使用を少なくし、排出ガスを減少する方法が採用されている。

通常のトンネルのずり出し方法は、ダンプトラックによるが、ここではベッセル (8 m³/缶) と 200 m 毎にユニットで延伸するベルトコンベヤの組合せにより、内燃機関からの排出ガス量を減少し、作業効率を減少させることなくトンネルのずり出しを行うシステムを用い CO₂ 排出抑制に努めた。システム概要図を図-4に示す。

なお、大坪工区のずり搬出コンベヤシステムでは市ノ渡工区と異なるところは、切羽のずりをベッセルを用いず直接シャフロード (1.2 m³) で切羽からクラッシュまで運搬するシステムとしたことである。

(2) 築木工区の坑外長大カーブ・ベルトコンベヤ
坑内で発生したずりは、一般的には指定土捨て場までダンプトラックが使用されるが、当工区では斜路坑口から土捨て場まで延長約 2 km、幅員 4 m の林道を利用することから、コンクリートミキサ車との競合が考えられる。また、この地域は積雪 3 m にも及ぶ豪雪地帯であり、コンスタントなずり運搬ができない。

この地域は国有林内にあり、希少な猛禽類やカモシカ、熊、小動物が生息する静寂な自然豊かな土地であり、自然環境に配慮した安定したずり処理が可能な長大カー

表-1 カーブコンベヤの技術的課題と対策

技術的課題	主な対策
1 曲率半径最小 150 m から最大 300 m 区間の蛇行防止	<ul style="list-style-type: none"> ・U型トラフ (5点式ローラ) ・アイドラの傾斜 ・自動調芯装置の設置 ・ベルト速度の可変速機能 ・複数緊張装置 (ヘッド、テール、中間)
2 長距離輸送 (1,730 m)	<ul style="list-style-type: none"> ・デュアルドライブの採用 ・ベルト縦裂検知、停止装置の設置 ・中央監視遠隔制御システムの採用
3 岩塊の大きさ変動 (運搬可能最大塊 30~40 cm)	<ul style="list-style-type: none"> ・幅広ベルトの採用 (1,200 mm) ・スクリーン、クラッシュの設置
4 設備ヤードの制約	・高架方式
5 騒音・振動・粉塵・冬季 (積雪) 対策	<ul style="list-style-type: none"> ・5点式ローラの採用とローラピッチを狭くする ・全面覆蓋式とする

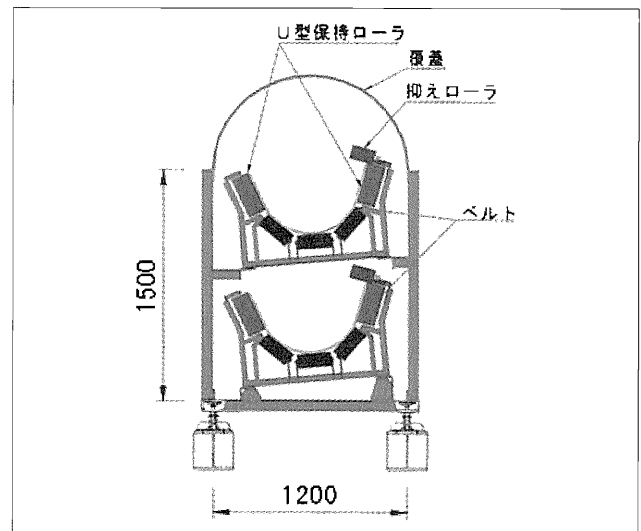


図-5 長大カーブベルトコンベヤ (ヘビコン) 断面図

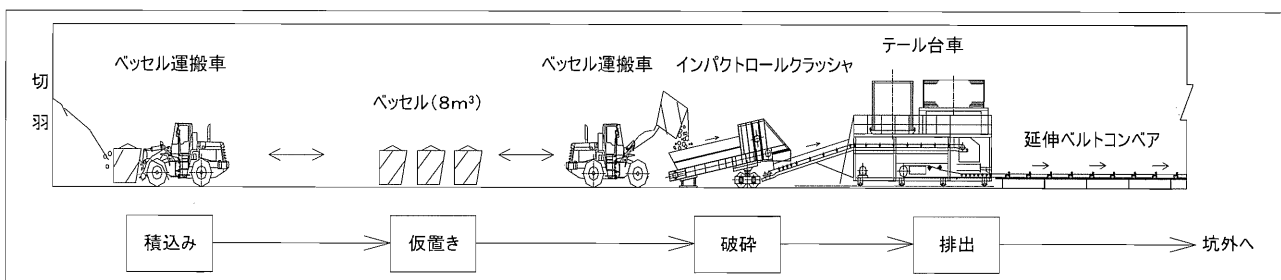


図-4 システム概要図

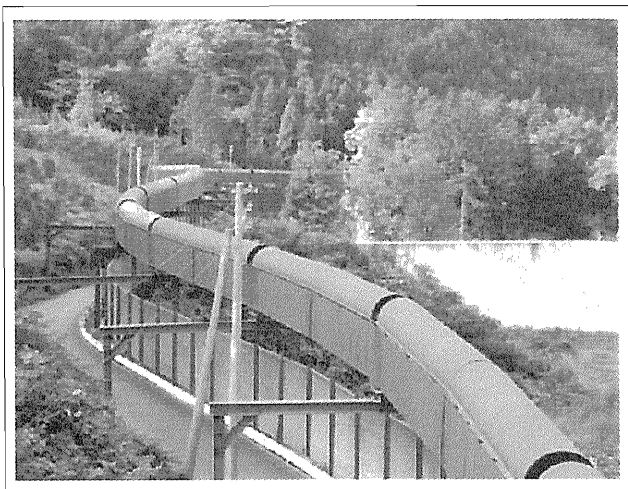


写真-1 ヘビコン



写真-2 U型トラフのベルトコンベヤ

ブベルトコンベヤ（通称ヘビコン）を開発した。開発したカーブコンベヤの技術的課題と対策について表—1に示す。また、ヘビコン断面図を図—5、写真—1、写真—2に示す。運搬能力は250 t/hである。

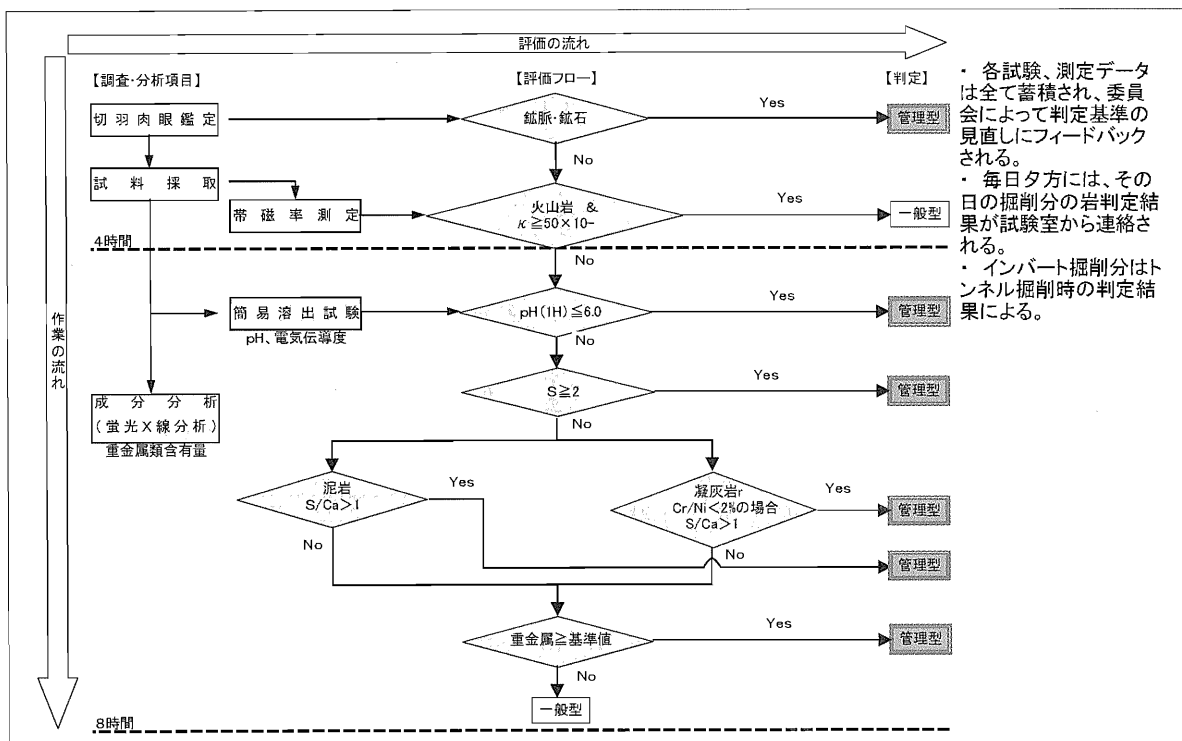
6. 旧鉱山地帯付近を通過するトンネルずりの対策

(1) 管理型土捨場

八甲田周辺には旧上北鉱山等の鉱床が点在し、鉱化、変質の強い岩石が一部に認められた。一般に鉱脈の周辺には、鉱化作用時の熱水変質作用を受けた黄鉄鉱に

富む岩石が分布しており、地中に堆積している時には還元状態にあるが、掘削後、水・空気に触れ長い間放置されると強酸性水を生成し、掘削土の重金属が溶解し、流れだして水質等に悪影響を与える可能性がある。

これら掘削土については、掘削前に行う切羽からのボーリングコアと実際に掘削したずりによる目視観察、全岩化学組成分析、溶出試験等を比較して、硫黄濃度、pH、帯磁率（火成岩では、鉱化変質作用を受けると磁鉄鉱が分解し、磁性が非常に弱くなる）等による判定基準を設定した。現地には、試験室を設置し、鉱山地質の専門家を配置して管理型土捨てと一般土捨ての判別を行った。図—6に掘削ずりの判定フローを示す。



図—6 掘削発生土判定フロー図

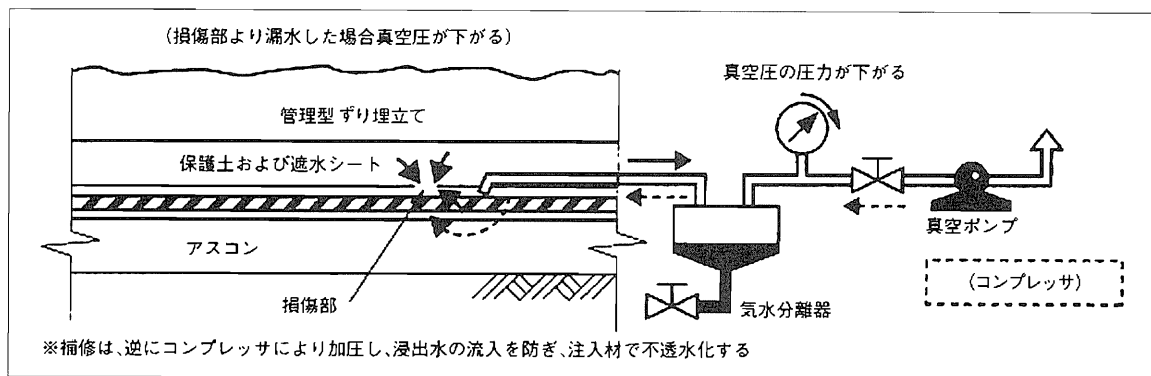


図-7 漏水検知・補修システム

(2) 管理型土捨場の構造

管理型土捨場における遮水構造の基本的な考え方は、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の一部改正について」（平成11年2月22日、厚生省・環境庁）に規程する遮水工構造及び「青森県産業廃棄物最終処分場の構造に係る指針（平成11年2月22日）に定める構造に準拠し、2重シートで全体を遮蔽し、雨水、地下水を遮断し、浸出水を発生させないこととした。管理型土捨場の基礎底盤部には、図-7に示すシート破損による漏水検知システムを取入れた。これは同時に修復機能も備わっている。

(3) 坑内ボーリング

鉱化変質岩の判定において、掘削ずりの判定を確実、迅速に行う必要があり、事前に黄鉄鉱の含有量、分布の状況等を把握するため切羽からのボーリングを実施した。このボーリングは、トンネル切羽作業が休止となる土曜～日曜の2日間を利用し1回100m程度のボーリングを基本とし、ロータリパーカッション方式で高速掘進し、更に、ワイヤライン方式によりコアが採取できる機種を選定した。また、掘削の進行を妨げることなく施工するため、切羽に機械を据え、段取替えを迅速に行った。

(4) 折紙工区における強酸性の湧水対策

斜路の交点から東京方835mの地点にある唐川調査坑では、弾性波探査により低速度帯や断層の存在及び大量の湧水を確認している。この周辺には旧鉱山跡地（大盛鉱山、和銅鉱山、冷沢鉱山）が散在し、黄鉄鉱鉱染の強い区間が想定されており、鉱脈周辺に珪化変質帯（粘土化帯）を伴い、それが水みちとなり多量の湧水を誘引することがある。

大盛鉱山の旧坑道近傍では強酸性水（pH 2.8）を示すことから、本坑に流入する恐れがあるため、地質・

水理構造を調査した。調査方法は、先進ボーリング、比抵抗探査、電磁波探査（EM）、反射波探査（TSP）を併用した。湧水のpH観察、水質変化の観察と合せ、酸性水は出ないと判断し掘削を行ったが、酸性水の湧水は認められなかった。

7. 各工区の特徴的な施工

(1) 屋形工区の斜路・本坑交差部付近の変状区間

地質は新第三紀四ツ沢層に属する凝灰岩、泥岩及び安山岩を主体とし、軟質な凝灰岩、泥岩の互層区間では度重なる補強工を余儀なくされ、また、硬岩区間では突発湧水に遭遇した。

変状区間の地質は凝灰岩・泥岩の成層をなし、土被り200m、地山強度比2.5程度である。掘削後の岩塊では、凝灰岩・泥岩の層面から剥離するスレーキング現象が見受けられた。内空変位は切羽通過後約3Dまで直線的に増加し、その後の増加傾向は弱まるが、6Dにおいても収束状態とならない。図-8に示す通り、天端沈下：内空変位=1:3～1:5で内空変位が卓越している。

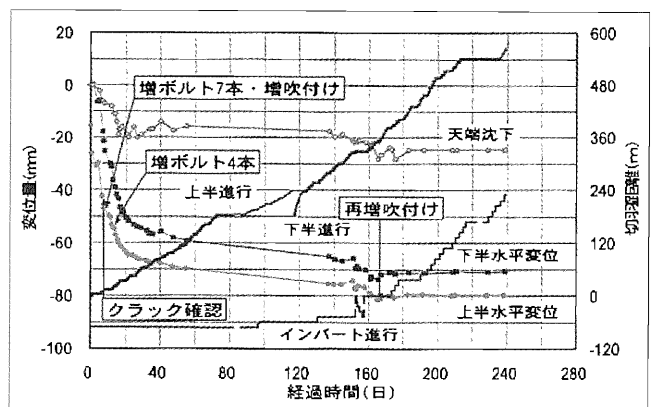
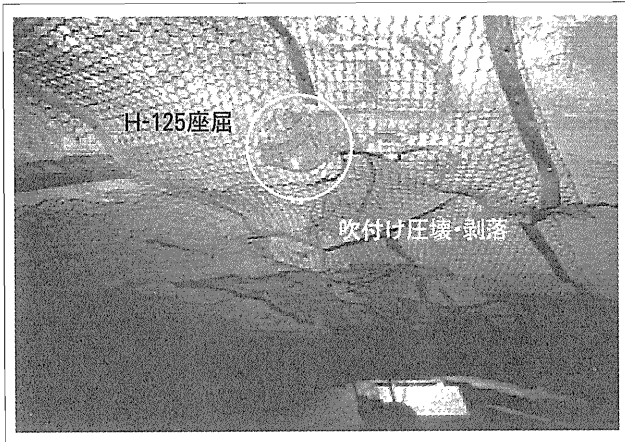


図-8 トンネル内空変位図

吹付けコンクリートのクラック、剥離、鋼製支保工の座屈、破断等の変状が発生し、増しボルト、増し吹

付けを繰り返したが、後荷対策として、色々な支保パターンを実施したが、最終的には、インバートコンクリートによる閉合で変位は収束し、効果的であった。二次覆工コンクリートは、SFRCにて補強した。変状の状況について、写真—3に示す。



写真—3 屋形工区坑内変状

(2) 換気立坑

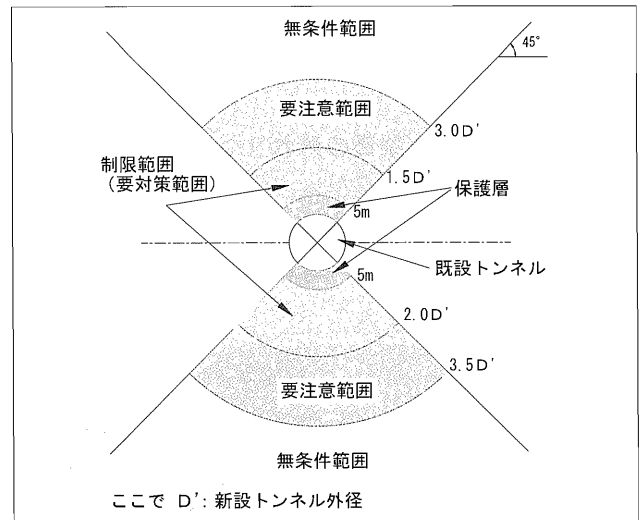
大坪工区では、本坑中間点付近（大坪川）に立坑を設置し換気の強化に努めた。トンネルの粉塵量は、切羽 50 m 地点で 3 mg/m^3 以下にする必要があり、新鮮で所要の風量を供給しなければならないが、摩擦抵抗、漏風率は延長に比例し増加するので、これを勘案する必要がある。片押しで約 5 km となることから、中間点となる土被り 42 m の沢部に $\phi 1,500 \text{ mm}$ の立坑を設置し、換気効率を上げた。

掘削は、大口径掘削機のビッグマンを使用し地上から $\phi 250 \text{ mm}$ のパイロット孔を本坑から取付けた横坑まで貫通させ、 $\phi 1,800 \text{ mm}$ の拡孔ビット（2段）に交換し、パイロット孔をガイドにして地上へと引上げ掘削後鋼管を挿入しモルタルで裏込めした。

(3) 大坪工区と有料道路トンネルとの近接施工

大坪工区は、みちのく有料道路の下 50 m に位置し、水平の離れで 17 m と最接近する。道路トンネルに与える影響は、地質や既設トンネルの健全度より土被りの補正をすると、 $3.5 D$ となり図—9の通り、無条件範囲となる。

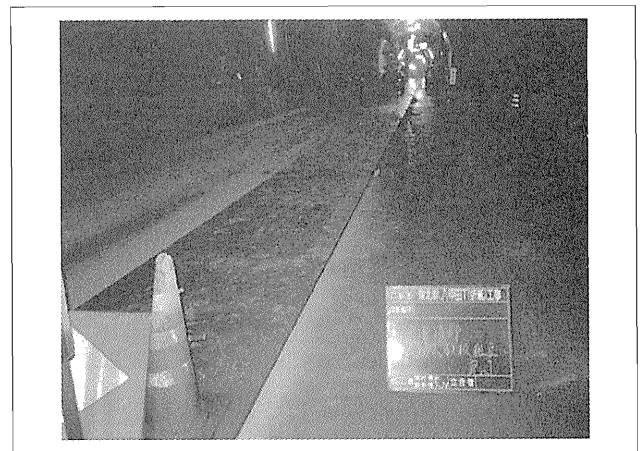
しかし有料道路であること、また在来工法による施工のため、コンクリートジョイントが多いことから火薬量を制御した発破により振動を抑えることとし、トンネル 350 m 間にわたって、振動、変位、クラック等の計測を行い施工管理を十分配慮した。



図—9 干渉度

(4) 移動式覆工板

覆工セントル、インバート栈橋の移動時間の短縮とその際の安全向上のための移動式覆工板（写真—4）を採用した。



写真—4 移動式覆工板

(5) 築木工区におけるコンピュータグラフィック（CG）による設計支援技術

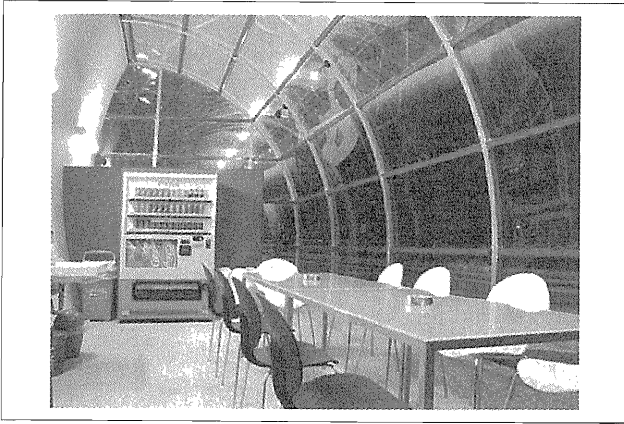
本坑と斜路交点部の設計は、通常、既往の研究成果や施工実績などから設計する 경우가多いが、亀裂発生の多いクラッキーで地質の変化が著しいと判断され、また、電気設備としての拡幅断面となることから、複雑な形状をモデル化した「三次元有限要素解析」によって、交差による影響を検討し、さらに、CGによる可視化により、施工段階の設計支援に活用した。特に、

- ① 支保工の切断位置の把握や補強部材の設計
- ② 交差部鋭角側のロックボルトの打設角度・位置の把握と設計
- ③ CGアニメーションによる作業員の施工内容や

作業手順の把握
に有効で設計・施工に活用できた。

(6) トンネル作業員の休憩ラウンジ

長いトンネルでの作業員は、同じような環境で、しかも昼夜を通して食事し作業を行っているので、温室風の快適な環境の休憩室（写真—5）を設置した。

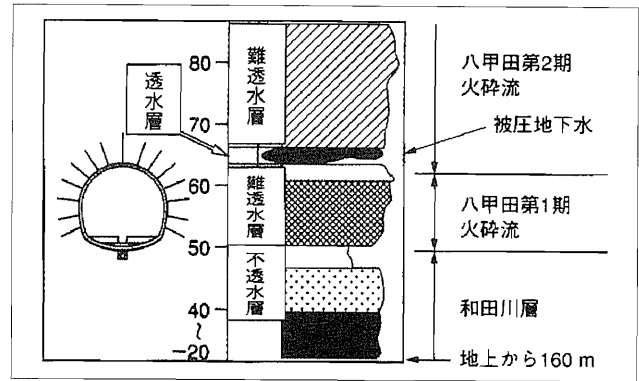


写真—5 休憩ラウンジ

(7) 大深度ディープウエル

昭和 55～56 年に実施した梨ノ木調査工事の掘削中、2度の土砂流出が発生しており、高含水の未固結層を確認していた。この対策として、地下水低下工法が最適と考え、当初 110 m の大深度ディープウエルを実施したが、揚水量が不十分なので、図—10 に示す通り、更に八甲田火砕流の被圧地下水が賦存する深度 160 m までに変更した。

揚水量 400 L/min が得られ、掘削可能な高さまで水位を下げることができ、掘削・復水後もトンネルに大きな変位は発生していない。



図—10 地質模式図

8. 終わりに

八甲田トンネルは、梨ノ木工区を皮切りに平成 10 年 8 月に着手し、気象条件の厳しい中、6 年半の歳月で貫通した。

鉾化変質岩の対応で環境に配慮したトンネル工事として、平成 16 年度土木学会「環境賞」受賞の栄に浴した。また、工事において、死亡事故 1 件が発生し残念であったが、その後、各施工会社が一貫した安全管理に努めた結果、死亡事故は発生しなかった。ここに深く敬意を表したい。

今後は、路盤鉄筋コンクリート工事を残すだけであるが、無事故で完成させる所存である。 **JCM A**

[筆者紹介]

佐々木 幹夫 (ささき みきお)
独立行政法人鉄道建設・運輸施設
整備支援機構
鉄道建設本部東北新幹線建設局
工事第四課
課長



直径12.84mの大断面TBMの設計と施工

—東海北陸自動車道飛驒トンネル—

川北 眞嗣・青山 昌二

飛驒トンネルは当初、大断面TBMを用いた施工を計画していたが、予想外の不良地山帯、高圧大量湧水帯の出現により、TBMの施工を延期していた。しかし、平成15年には不良地山帯を脱し堅岩帯となったため、平成16年1月より大断面TBMの施工を開始した。本報文では、これまでの掘削状況と、そこで浮彫りとなった問題点やその対処方法について述べるとともに、このような状況のなかで考えられた新工法について、合わせて紹介するものである。
キーワード：大断面TBM、改良オープン型、高浸透型注入材、飛驒トンネル

1. はじめに

飛驒トンネルは、東海北陸自動車道最後の未開通区間である飛驒清見IC～白川郷IC間に位置する全長10.7kmの高速道路トンネルである(図-1)。

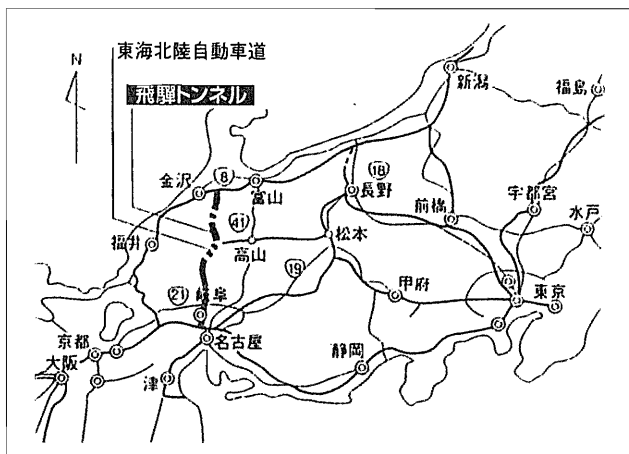


図-1 飛驒トンネル位置図

トンネルの特徴としては、

- 縦断勾配が白川側(富山側)から河合側(名古屋側)に向けて2%の上り勾配となっていること(図-2)、
 - 最大土被りが約1,000mと非常に大きいこと、
 - 両坑口ともに10年再現最大積雪深が3mを超え、特に河合側の坑口部はアクセス道路が冬期通行止めとなるような、気象・地形条件が非常にきびしい場所に位置していること、
- などが挙げられる。

また、当初の地質調査結果からは、中硬岩が大半を占めると想定された。

以上のような条件から、トンネル掘削は白川側からの急速施工を基本とし、道路用に供される本坑、緊急時および維持管理用に使用される避難坑(当面は先進坑と呼ぶ)ともにTBMによる施工で計画された。

平成17年11月1日現在の進捗は、先進坑97%、本坑68%である。

2. 地質概要

トンネル内に分布する地質は、白川側より概ね白川花崗岩、濃飛流紋岩類、花崗斑岩、飛驒片麻岩類で構成される(図-2)。

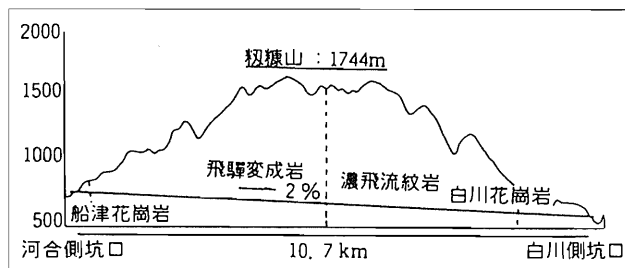
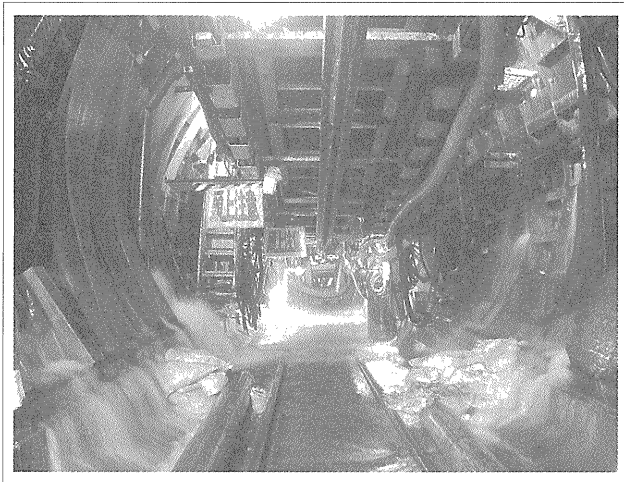


図-2 飛驒トンネル縦断面図

現在掘削中の濃飛流紋岩類は、白亜紀末(約7,000万年前頃)に形成され、岩相は溶結凝灰岩類、火山角礫岩、火山礫凝灰岩、結晶質凝灰岩、細粒凝灰岩など変化に富むが、そのすべてが硬質である。

濃飛流紋岩類中には、しばしば2~3セットの板状節理が交差して発達しており、それらによりブロック

状に分離しやすい。また、亀裂面は平滑で連続性がよく、比較的狭在物が少ない。湧水は非常に多い部分があり、先進坑（本坑に先行するパイロットトンネルで、将来の避難坑となる）TBM テール部で最大 10 t/min を記録している（写真—1）。

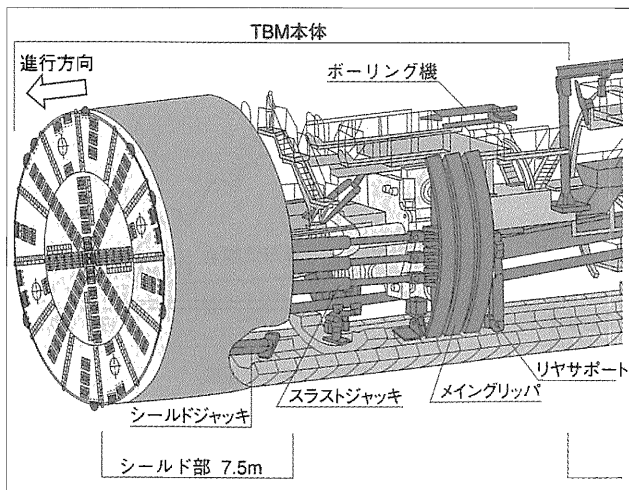


写真—1 先進坑 TBM テール部の湧水状況

3. TBM 仕様について

(1) TBM の形式

TBM の形式を選定するにあたって、断面が大きいため機体長が長くなり、地質変化への対応が遅れることを勘案し、オープン型とシールド型のよいところを具備した、改良オープン型 TBM（図—3）を採用した。



図—3 改良オープン型 TBM

本坑で採用した改良オープン型 TBM は、掘削径 12.84 m と世界最大級のものであり、従来のオープン

型と単胴シールド型の両方の機能をそれぞれ併せ持ち、良好地山での急速施工性と不良地山での対応性を向上させることを念頭に開発されたものである。

その性能は、B、C 級地山ではメイングリッパにより坑壁に反力を取り、メインビームを介してカッタヘッドに推力を与えるオープン型式の掘進を行い、吹付けコンクリート、ロックボルトなどの NATM 支保が用いられる。

D 級地山では、現地製作したトンネルライナーをシールド内全周に建込み、これに反力をとってシールドジャッキにより推力を与える単胴シールド型式での掘進が行える。また、不良地山対策として先進ボーリングや長尺鋼管フォアパイリング、鏡ボルトなどの補助工法を、TBM 内から施工できる設備を常備している。

(2) 基本コンセプト

TBM 掘削は、基本的には切羽が自立することが前提であり、良好な地山にメイングリッパを張りだすことにより反力を確保し、高速掘進を可能にする。しかし、切羽が自立しない場合や、坑壁での反力が十分確保できない不良地山区間での掘削では、掘進速度の低下を、地山改良と TBM 装備能力によって、最小限にすることが重要になる。

切羽の自立が困難な地山状況においては、注入等の補助工法を行い、切羽を自立させて掘削することを基本とするが、補助工法の効果が不十分な場合や、突発的に不良地山に遭遇する可能性も否定できない。よってそのような事態に対処できる能力をマシンの基本仕様に含まれることが、不良地山遭遇時の工程短縮、コスト縮減につながるものと考えられる。

(3) 基本仕様

TBM の主要諸元は表—1 のとおりである。

表—1 TBM 主要諸元

項目	参考諸元
カッタ径 × 個数	19 インチ × 90 個
スラスト推力	最大 3,400 tf
カッタヘッド回転数	最大 4 rpm
カッタヘッドトルク	低速域：3,246 tf-m 高速域：1,034 tf-m
カッタヘッド駆動動力	4,250 kW
補助推進用推力	5,650 tf
メイングリッパ推力	4,500 tf × 2

(a) カッタ径

飛驒トンネルでは、硬岩地山の岩盤が多く占め、かつ石英含有率が高く、カッタの摩耗が激しいことが予

想された。よって、19インチカッタを採用している。

(4) 細部仕様

飛驒トンネルで使用するTBMは、吹付けコンクリート・ロックボルトの支保と、トンネルライナによる支保の両方が施工可能でなければならない。支保作業は、TBMテールおよびTBMテール直後に行う必要があることから、それらの位置より安全、確実かつ迅速に行えるような機構とした。

(a) 吹付けコンクリート

前方(TBMテール直後)で行う吹付け範囲は、上部約150°である。それ以外の範囲はグリッパ後方の作業台車にて実施することで、インバートライナまでの290°をカバーすることとした。

(b) ロックボルト

TBMの掘進に影響を与えずに作業できるように、TBMテール直後では、約120°の範囲を施工する。その他はTBMと独立して動くことのできる、後方の作業台車より打設する機構とした。

(c) アーチライナ

TBMテール直後までホイストにて運搬後、エレクタにて組立てを行う。上部の組立ては可動作業足場にて、横部の組立てはスラストシリンダからはね出し足場にて行う。

(d) カッタ

内取付け方式で、点検、交換が容易にできる機構とした。

(e) 補助工法

フォアパイリングは、メイングリッパ上部の作業デッキに搭載された先進ボーリング機にて行う。注入式長尺先受け工は、貫通孔を利用し上部120°の範囲を打設できる機構とした(図-4)。差し角は約10°、削孔

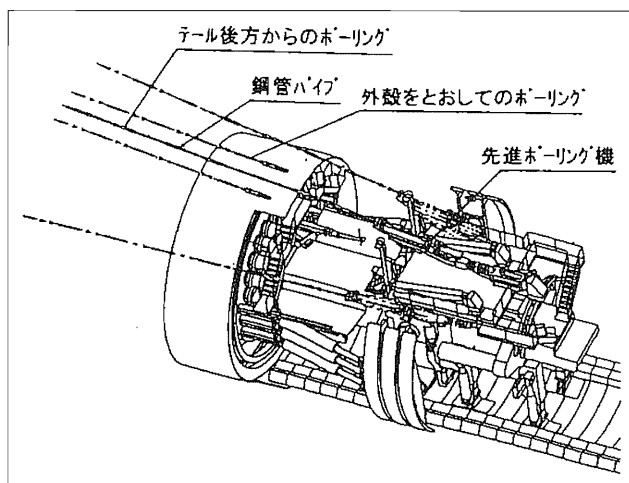


図-4 フォアパイリング施工のイメージ

長は15mで計画した。

切羽前面へのボーリングは、上部はグリッパ上部に搭載した先進ボーリング機を使い、下部は外部からクローラタイプのボーリング機を持込んで施工する計画とした。

4. 掘削状況

本坑の地質は、先行する先進坑および作業坑(本坑掘削を助けるために掘削された本坑左側のトンネル)の切羽観察、及び施工データより、白川側坑口から約3,000mの地点から選択した。比較的自立性の良い安定した濃飛流紋岩となり、かつ両坑による水抜き効果も認められたことから、同地点より本坑TBMの掘進を開始することにした。

2004年1月より、TBMは掘進を開始した。掘削径12.84mのTBMによる山岳トンネルの掘削は、国内外においても初めてのことである。そのため最初の200m区間は試験施工と位置付け、TBMに実負荷をかけての機能確認と調整、各補助工法の試験などを行いながらの掘進とした。

同区間の地質は先進坑のデータから、亀裂の発達した濃飛流紋岩で、岩体自体の強度は十分大きいものの、亀裂により切羽の小崩落が想定されていた。そのため、掘削は支保に全周アーチライナ(写真-2)を用いたシールド掘進モードでスタートした。



写真-2 アーチライナ施工状況

試験施工においては、掘削開始直後より岩盤亀裂の影響が顕著に現れ、切羽では複数の卓越した節理面が組合わさり、カッタヘッド前面の地山が大きなブロック状に抜落ちる現象(以下、先掘れと呼ぶ)が多発した。



写真-3 先掘れ状況 (下半部)

この先掘れ現象は特に下半部（写真-3）に多く発生し、できる空洞はあたかも古墳の石室のような形状となり、奥行きは3 m から最大7 m にも達し、上半部がオーバーハング状態となることも多かった（写真-4）。

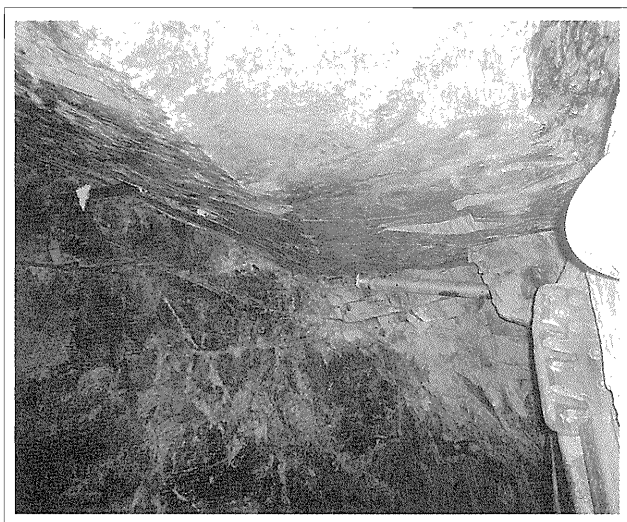


写真-4 先掘れ状況 (上半部)

この先掘れ現象のため、カッターヘッド面盤のディスクカッターの圧砕による掘削はほとんどなく、外周ドーム部のカッターのみによる掘削となり、崩落岩盤は二次破碎されてカッターヘッドチャンバに取込まれるような状況となった。そのため、大きなずりによるベルトコンベヤの損傷やホッパ部の閉塞トラブルが頻発した。

また、切羽と面盤の間で崩落した岩盤が二次破碎（いわゆる芋洗い状態）されるため、面盤の外周付近やカッター、スクレーパ等の摩耗が顕著であった。

こうした現象の発生は、当現場の濃飛流紋岩の特性

とTBM掘削径の大きさから考えて、防止が困難と思われた。そこで、そのような場所では先掘れがTBM断面外に広がらないように、先進ボーリング等により確認された不良地山部分には、長尺鋼管フォアパイリングにより、補強を行いながら掘進を実施した。

試験施工は終了し、掘削～支保の作業がほぼ想定どおりに行えることを確認した。最近では、先掘れは発生するものの断面外に広がることはほとんどなく、補助工法を必要としない区間が大部分となり、平成17年3月には月進250 mを超えた。また、平成17年8月にはアーチライナを外した吹付けコンクリートによる支保を試験的に実施した。

5. 施工上の問題点と対処方法

TBM掘削においては、面盤前面の崩落（先掘れ）や断面外へ至る崩落が起き、以下のような問題が発生しており、それぞれに対策を講じている。

（a）ベルトコンベヤ、ホッパ部の破損

大きなずりの取込みによる、ベルトコンベヤの損傷や、ホッパ部の閉塞トラブルについては、ホッパ部を改良することにより対応した。

（b）面盤等の摩耗

面盤の外周付近の摩耗については、耐摩耗板を貼付けて凌いでいる。

カッターやスクレーパの摩耗については、取替えるしか方法がないため、極力掘削に影響しないタイミングで交換を行っている。

（c）断面外崩落

不良地山での断面外崩落を抑制するには、亀裂面に

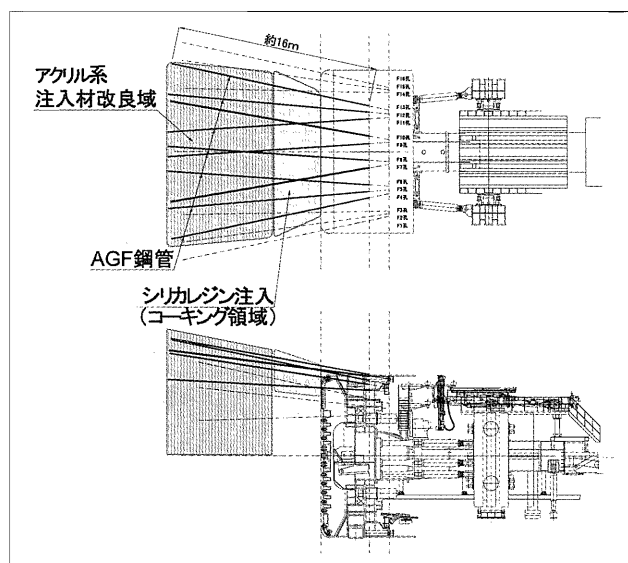


図-5 アクリル系注入材の施工イメージ

粘着力を与えることが有効と考えられたため、地山改良注入を試みた。

当初、超微粒子セメントやシリカレジンを用いて掘削前の非開口亀裂に対する注入を行ったが、ほとんど浸透しない結果となった。そこで注入材混合粘度が約10 mPa・s (水:1 mPa・s) となるアクリル酸塩系の注入材を開発し、適用した(図-5)。

これを用いた注入では、上記と同条件の岩盤亀裂に対しても高い浸透性が確認され、掘削時においても注入による地山崩落の抑制効果が確認された。アクリル系注入材の材料特性を表-2に示す。

表-2 アクリル系注入材の材料特性

混合量比 (A液:B液:C液)	1:1:1
比重	1.17
ゲル化タイム	約30~300s (調節可能)
危険物関連法規制	無し

(1) 材料の特徴

アクリル系注入材は、以下のような特性をもつ。

(a) 強度特性

シリカレジン、懸濁型注入材と比較した主な強度特性は表-3のとおりである。

表-3 注入材の強度特性比較

材 料	シリカレジン	懸 濁 型	アクリル系
単体強度 (1時間)	2 N/mm ²	—	0.8 N/mm ²
単体強度 (1日)	2 N/mm ²	2 N/mm ²	0.8 N/mm ²
7号珪砂注入体	浸透せず	浸透せず	2.8 N/mm ²

(b) 浸透性

粘性の低い液体注入材であることから、細かい亀裂にも浸透しやすい。一般のシリカレジンと粘性の比較を行った結果を表-4に示す。

表-4 注入材の粘性比較

材 料	水	シリカレジン	アクリル系
粘 性	1 mPa・s	80~120 mPa・s	約10 mPa・s

(c) 鉄との付着

化学構造的に、鉄と結合する分子基を持っていないため、鉄との結合性に乏しい材料である。したがって、ロックボルトの定着材等、鋼材を地山に固定するための用途としては不利な材料である。しかしTBMの機

体直近でリークしたり、カッターヘッド内にリークした場合でも、注入材によりTBM本体を拘束したり、カッターリングやベアリング部分に重篤な損傷を与える可能性が低く、TBM機体付近の地山改良のための用途としては好都合な特性と言える。

(d) 安全性

人体に有害な物質では無く、また、危険物としての管理を必要とするものでも無いため、取扱い、材料の管理が容易である。

(e) 施工性

レジン系注入とほとんど同じ要領で施工が可能である。また、現場で配合が変えられるため、ゲル化時間の調整が容易に行える。

6. おわりに

飛驒トンネルの大断面TBMによる掘削は2,000mを超えた。本報文では、大断面TBMの施工上の課題を中心に記述してきた。施工経過より、先掘れ現象の発生するような切羽の安定性が十分でない状況でも、適切な対策を講じることにより、大断面TBMの掘進が可能であることが確認されている。

先行する先進坑TBMの施工実績より、地質は良化する傾向にあることから、今後は、TBM本来の急速施工を実現するためのマシン改良も含めた施工技術の確立が必要と考える。

J C M A

《参考文献》

- 1) 寺田光太郎, 川北真嗣, 島屋 進, 領家邦泰: 12.84 m TBMによる高速道路長大トンネル施工に関する考察, 平成16年度建設施工と建設機械シンポジウム, 2004.

【筆者紹介】

川北 真嗣 (かわきた まさつぐ)
中日本高速道路株式会社
本社人事部人事チーム監査役付
サブリーダー



青山 昌二 (あおやま しょうじ)
中日本高速道路株式会社
中部地区清見工事事務所
飛驒工事区



トンネル換気設備の効率的な維持管理手法

—換気設備の電力量削減および点検・分解整備に係わる効率化—

川崎 和 来・中 安 真 也・榎 園 正 義・佐 藤 充 弘

道路トンネルにおける換気設備は、走行車両から排出される煤煙を坑外に送風することで坑内環境を改善し、走行車両や歩行者の安全および快適性を確保するうえで重要な役割を果たしている。しかし、これらの設備は、多額の維持管理費用が必要で、道路管理者として、これらの費用削減は緊急の課題である。そこで、国土交通省近畿地方整備局では、これらトンネル換気設備の維持管理費の削減を目指し、平成 12 年度よりトンネル換気設備維持管理検討委員会（委員長 立命館大学・深川良一教授）を設立し、換気設備に係わる電力量削減および点検・分解整備の効率化の検討を実施してきたので、その概要を報告する。ここで、換気設備の電力量削減とは、換気ファン動力に直結する換気制御方式に着目し、実証実験によってその有効性を確認したものである。また、点検・分解整備の効率化とは、既往の点検・分解整備結果を踏まえた点検の重点化等による点検の省略、ジェットファン部材のステンレス化およびジェットファンの常時監視技術による点検・分解整備の省力化を図ったものである。

キーワード：道路トンネル，換気設備，換気制御，点検，ジェットファン，ステンレス化，常時監視技術

1. はじめに

トンネル換気設備は、トンネル利用者の安全性と快適性および円滑な交通を確保する上で重要な役割を果たしている。近年、交通量の増加や道路計画箇所における地形条件等によりトンネル箇所が増加する傾向にある。それに伴いトンネル換気設備が増加する傾向にあり、維持管理費の削減に向けた取組みが重要となっている。

トンネル換気設備の維持管理費を大別すると、換気ファン動力にかかる電気料金および点検・分解整備にかかる費用に分けられる。

本報文では、換気ファン動力に係わる効率化および点検・分解整備に係わる効率化を図ることで、維持管理費の削減に寄与することを目的に、

- ① 国土交通省近畿地方整備局が管轄するトンネルの換気設備に対する維持管理の現状分析、新技術の導入検討等、
 - ② 供用中トンネルでの実証実験、
- から、トンネル換気設備に関する維持管理の効率化についての検討結果を報告する。

2. トンネル換気設備維持管理の現況

(1) 換気方式

トンネルの換気方式には、換気設備を必要としない自然換気と必要とする機械換気に分かれ、機械換気の中には、縦流換気方式や半横流換気方式等¹⁾に分けることができる。

近畿地方整備局管内のトンネル換気設備設置数は、図-1に示すように、全 15 トンネル（平成 15 年度末現在）であり、そのうち、ジェットファン縦流換気方式が 11 トンネル、集中排気縦流換気方式が 3 トンネル、送気半横流換気方式が 1 トンネルとなっている。

一般的に、坑口からの排出に制限がある場合など、

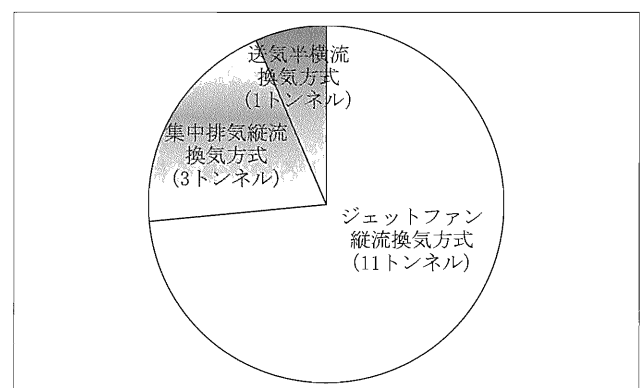
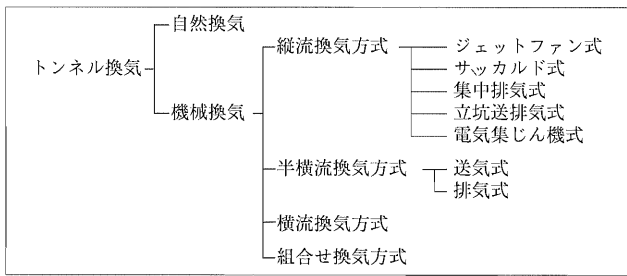


図-1 近畿地方整備局管内全 15 トンネルの換気方式

特殊な条件以外では、経済的な面と段階施工のしやすさから、ジェットファン式が採用されることが多い。



(2) 換気制御方式

平常時の換気制御方式には、プログラム制御と計測制御がある。計測制御には、フィードバック制御やフィードフォワード制御など¹⁾に分類することができる。

近畿地方整備局管内 15 トンネルでの換気制御方式は、図-2 に示すように、フィードバック制御が 11 トンネル、プログラム制御が 2 トンネル、その他が 2 トンネルとなっている。

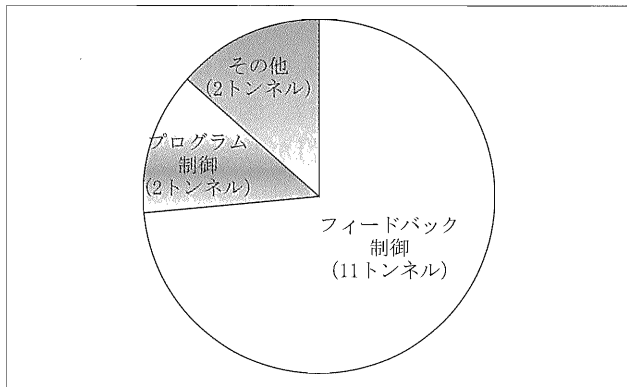
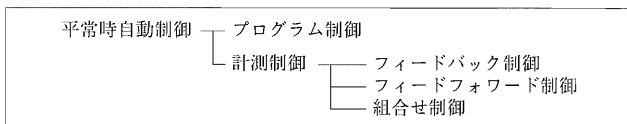


図-2 近畿地方整備局管内全 15 トンネルの換気制御方式

フィードバック制御は、煤煙透過率 (VI 値) で坑内環境を把握し換気ファンを制御するもので、シンプルな方式で設備費が安価なことから適用例が最も多い。しかし、交通量の変動が大きいトンネルなどでは、坑内環境の変化に対して換気ファン制御の追従性が悪く、トンネル延長全体にわたって坑内環境を均一に維持することが難しくなり、その結果、換気ファンの制御が非効率となり使用電力量が多くなるといった課題がある。



(3) 維持管理費

トンネル換気設備に掛かる維持管理コストの占める

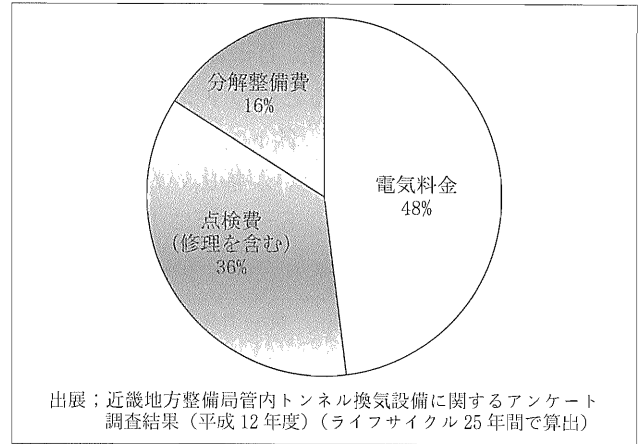


図-3 近畿地方整備局管内の維持管理費 (平均)

割合は、図-3 に示すように、近畿地方整備局管内トンネルを対象にライフサイクルを 25 年間として算出すると、電気料金が約 5 割、残り 5 割が点検費および分解整備費となっている。

(4) 点検・分解整備頻度

トンネル換気設備の点検・分解整備を大別すると、現場にて行う点検と工場等に持帰り機器を分解して整備をする分解整備とに分けられる。点検は、

- ・ 日常点検、
- ・ 通常点検、
- ・ 定期点検^{1), 2), 3)}、

に分類することができる。

(a) 日常点検

日常点検は、パトロールカーなどで走行しながら日常的に実施される点検であり、トンネル測定装置内に設置してあるジェットファン (JF)、煙霧透過率計 (VI 計)、一酸化炭素検出装置 (CO 計)、風向風速測定装置 (AV 計) 等の損傷などを発見するための点検である。

(b) 通常点検 (月点検)

通常点検 (月点検) は、概ね 1~4 カ月に 1 回程度実施される点検であり、清掃と目視を主とした設備の運転前、運転中、運転後の状況、機器の損傷に重点を置いた点検である。

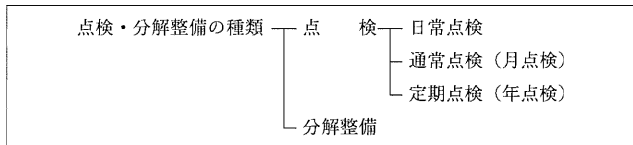
(c) 定期点検 (年点検)

定期点検 (年点検) は、概ね 1 年に 1 回程度実施される点検であり、目視および工具や計測機器などを用いて機器の動作や機能等、設備全般を確認するための点検である。したがって、月点検に比べ点検項目も多岐にわたり、内容も詳細なものとなっている。

近畿地方整備局管内では、年点検を 1 年に 1 回、月点検を 4 カ月に 1 回実施しているトンネルが多い。た

だし、換気設備の稼働時間が極端に短い場合やトンネルの気象環境などによっては、月点検を6カ月に1回、または、1年に1回実施するというトンネルもある。

分解整備頻度については、各トンネル換気設備の稼働時間や劣化度合いなどの違いが幅広いため、一概には言えないが、一般的には、5~10年に1回が多いようである。



3. 対面通行トンネルにおける効率的な換気制御システムの開発

(1) 概要

換気ファン動力に係わる効率化の一環として、トンネル換気の制御方式に着目して、実証実験を踏まえた検討を行った。

対象とする従来制御は、国土交通省が管理するトンネルにおいて採用事例の多いフィードバック制御とした。

本検討で提案する「省エネルギー環境対応型ファジィ制御」(以後、新換気制御と言う)は、フィードバック制御のように坑内環境計測装置からの情報のみで制御する方法ではなく、図4に示すように、交通量計(簡易タイプ)で計測した交通量情報から十数分先の交通量を予測してトンネル延長方向を任意の区間に分

割し、各区間の交通走行分布を作成して、拡散方程式を用いて坑内環境を予測する方法である。

予測にあたっては、坑内環境計測装置からの実測データを活用して補正することで予測精度の向上を図っている。また、フィードバック制御のように、坑内環境計測装置の設置場所付近の環境のみで制御するのではなく、トンネル延長全域の十数分先の環境を予測しながら、ファジィ推論により換気ファン動作を決定し制御する新しい換気制御方式である。

実証実験は、近畿地方整備局豊岡河川国道事務所管轄の一般国道9号南但馬トンネル(対面通行、トンネル延長:1,224m、JF1000:9台)において1年を通して実施した。

その結果、坑内環境を従来制御レベル以上に維持したうえで、過去3年間の平均で従来制御に比べ換気ファンの使用電力量を約70%、電気料金で約55%の削減を可能とした。なお、詳細は、建設の施工企画、2005、1月号No.659、「CMI報告」(pp.62-64)を参照されたい。

(2) 他トンネルへの導入検討フロー

新換気制御の導入検討には、図5に示すように、大きく分けて3つの検討項目がある。

(a) 電力量の削減効果予測

電力量の削減効果予測方法には簡易判断指標⁴⁾によるものと換気シミュレーションによる2通りがあり、簡易判断指標が適用できる条件を満たしていればその指標を用いるものとし、それ以外は換気シミュレーショ

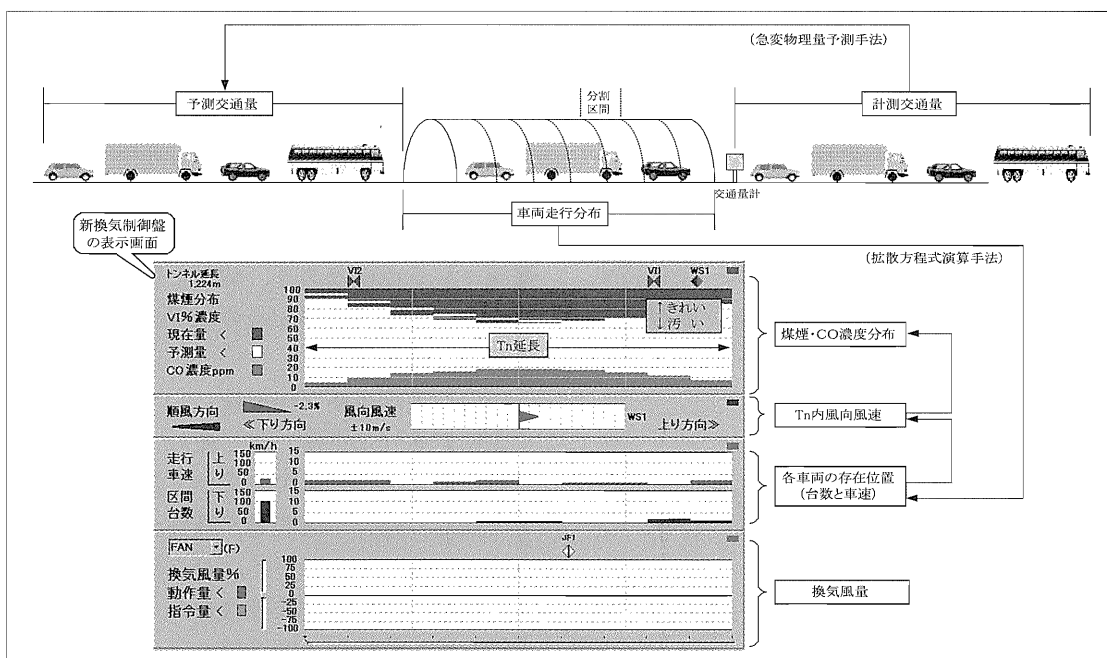


図4 新換気制御のイメージ

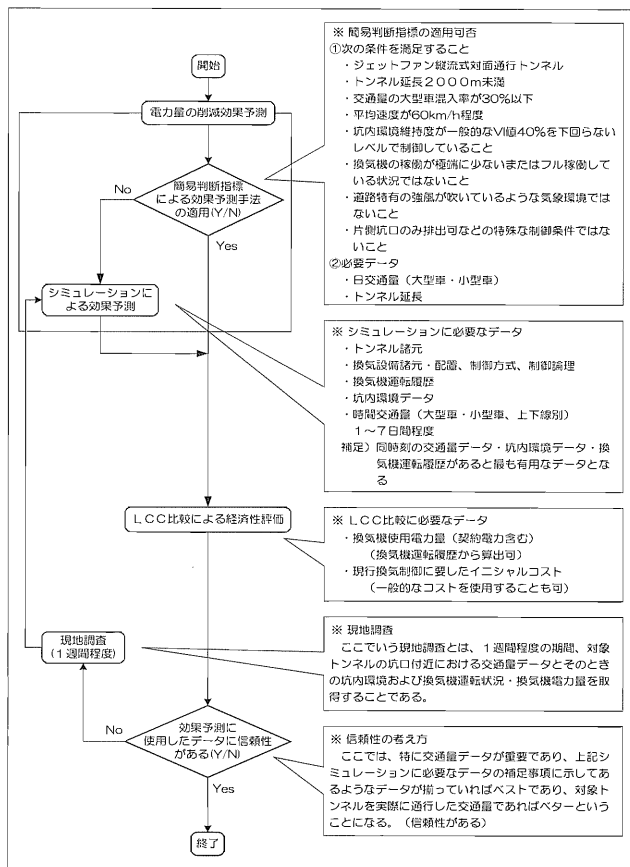


図-5 新換気制御導入検討フロー

ンによるものとする。

(b) LCC (ライフサイクルコスト) 比較による
経済性評価

イニシャルコストおよびランニングコストを算出し、償却期間を算出する。

(c) 効果予測に使用したデータの信頼性

上記(a)の検討に使用するデータに信頼性が欠けている場合、現地調査を実施し、信頼性のあるデータを取得する。

4. トンネル換気設備における効率的な点検整備方法の提案

(1) 既往の点検整備結果を踏まえた提言

(a) 分解整備・更新の実態

換気設備メーカー7社へジェットファンの定期整備、修理、故障によって工場に搬入されたときの不具合事例の割合とその状況についてアンケート調査を実施したところ、主に次のような回答を得た。

- ・不具合の8〜9割が腐食に関連するもの。
- ・更新時期はトンネル毎に異なる。

(b) 不具合の分類

換気設備に関する不具合の分類について、表-1に

表-1 換気設備の不具合分類

区分	現象	原因	
重大事故	ジェットファン本体・部品の落下	吊り金具の脱落 アンカーの脱落 構成部品(ボルト、ナット等)の脱落 腐食による構成材料等の脱落	
故障	重故障	機能損失	羽根車とケーシングの接触 軸受焼損 絶縁破壊
	軽故障	即機能の損失には至らない	ボルト、ナットの緩み、変形 回転体のアンバランス 翼面の損傷、変形 ターンバックルの緩み

示すように、大きくは2種類に分類することができる。

① トンネル内を通行する車両に直接損傷を与える、または交通に対して傷害となるような重大事故に繋がる恐れのある不具合(重大事故)。

② 換気設備の機能を損失する不具合(故障)である。②の不具合には、完全に機能しなくなる故障(重故障)および即機能しなくなるわけではないが、修繕が必要なもの(軽故障)に分けることができる。

(c) 不具合事例

過去に起きたトンネル換気設備の不具合事例について、道路管理者(51事務所、115トンネル)および換気設備メーカー(6社に対して実施)へのアンケート調査を実施した結果、経年での不具合では、通行車両に損傷を与えるような重大な事故に至った事例はなく、換気設備の機能の損失、または、機能を損失させる恐れのある事例が報告されている。

以上より、基本的には年点検の強化と定期的な部品交換や調整、分解整備によって、不具合の発生を予防可能であると考えられる。

また、発生する不具合が重大な事故ではなく、機能の損失である場合には、臨時点検(設備の不具合が発生またはその可能性がある場合に実施する点検)で対応するという方法も考えられる。

(2) ジェットファンのステンレス化

前述したように、換気設備メーカーへのアンケート結果では、不具合の8〜9割が腐食に関連するものであるとの回答を得た。そこで、ジェットファンの材質を従来の鋼製から耐食性に優れているステンレス製に変更した場合の効果について、検討を行った。

(a) 鋼製ジェットファンおよびステンレス製ジェットファンの腐食調査

① 鋼製ジェットファン

主な腐食箇所は、ベルマウス先端部、外装板、内筒サポート部、インペラケーシング部であった。特筆す

べきは、インペラケーシング部のプリスタによる動翼との接触が生じていたことと、比較的大きな腐食生成物があったことである（図-6）（対象ジェットファンは供用開始後9年経過）。

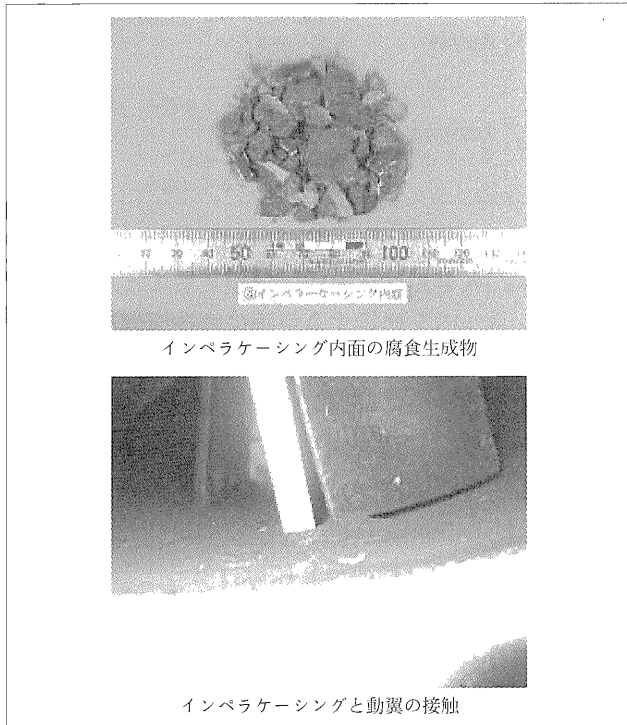


図-6 腐食生成物とインペラケーシングと動翼の接触

②ステンレス製ジェットファン

全面腐食は発生しておらず、鋼製ジェットファンのような腐食生成物はなかった。孔食は発生しているものの、軽微であり面積当たりの腐食面積率が非常に小

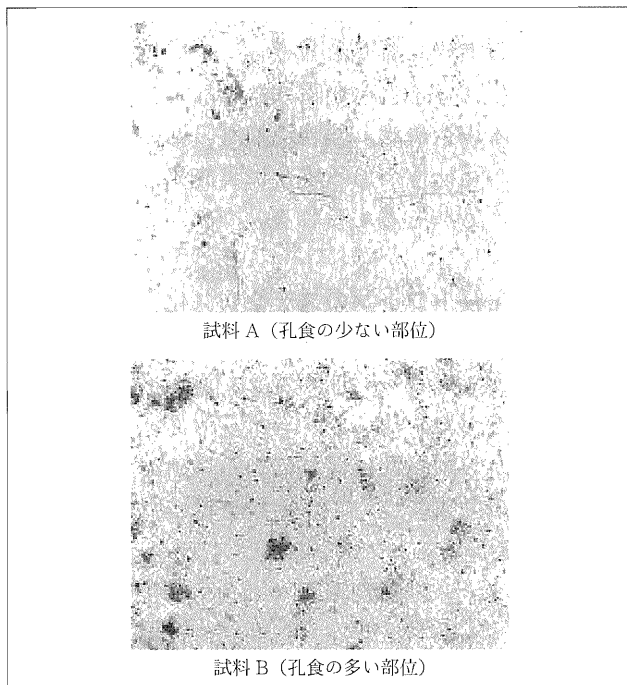


図-7 酸洗浄後のケーシング表面

さく、ジェットファンの故障や部材の落下に繋がるような腐食は認められなかった（図-7）（対象ジェットファンは供用開始後6年経過）。

(b) LCC 比較

ジェットファン材質をステンレス化することによって、表-2 に示す効果が期待できる。

表-2 ジェットファン材質のステンレス化による効果

削減効果	削減内容
点検整備項目の削減	月点検、年体験時の塗装・腐食状況点検を削減できる。
分解整備サイクルの延長	現状は8年程度であるが、少なくとも12年程度に延長可能。更に、外装板の交換が不要。
更新サイクルの延長	現状は24年程度での更新であるが、延長の可能性は十分に考えられる。

これらの効果を考慮して、LCC 試算をすると、表-3 に示すように、鋼製ジェットファンよりもステンレス製ジェットファンの方が優位な結果となった。

表-3 ジェットファン材質の違いによる LCC 比較

(比率：ステンレス製の全体コストを100とした)

比較項目	材質別	材 質		摘 要
		ステンレス製	鋼 製	
導入コスト	JF-1000 型	59	46	
維持管理コスト	定期点検	月点検	13	16
		年点検	9	11
	設備費用	8年後	—	20
		12年後	19	—
		16年後	—	20
24年後	更新	更新		
全 体 コ ス ト		100	113	差 13
定期点検を考慮しない場合		79	86	差 8

- ・鋼製ジェットファン：分解整備期間（8年）、外装板交換、モータ分解点検
- ・ステンレス製ジェットファン：分解整備期間（12年）、モータ更新
- ・ステンレス製ジェットファン定期点検費は、鋼製ジェットファンの80%として試算

(3) ジェットファンにおける常時監視技術の開発

トンネル利用者の安全性を確保したうえで、維持管理コストを縮減するためには、トンネル利用者の安全を確保するための必要最小限の項目を常時監視する形での事後保全方式が有効であるとの認識から、ロードセルを用いたジェットファン異常を常時検知するシステムの開発を行った。

(a) 技術の概要

技術の概要を図-8 に示す

① ロードセルセンサ

ジェットファンの支持部材であるアイボルト部にワッシャ型ロードセルセンサをジェットファン1台につき、4個取付ける。

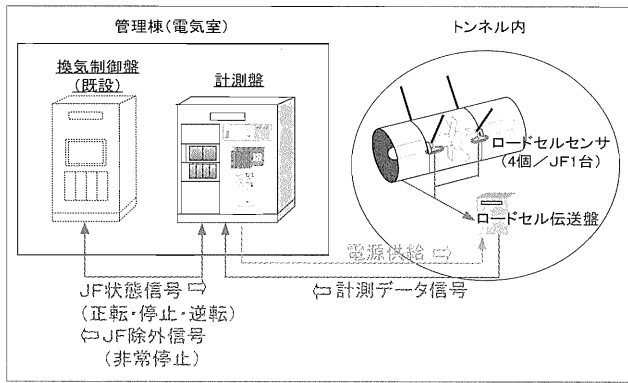


図-8 ロードセル事後保全機器のシステム構成

② ロードセル伝送盤

ロードセルセンサからの計測情報を計測盤に伝送する。また、計測盤から電源供給を受ける。

③ 計測盤

ロードセルセンサからの計測情報、換気制御盤からのジェットファン稼働状況から後述する異常診断手法⁵⁾によって異常を判断し、異常の場合には警報信号を出力する。

(b) 異常診断(解析診断)手法

従来のしきい値管理では、外乱の影響を受けやすく誤作動する可能性があるため、精度良く初期異常を検知することが難しい。そこで、本ロードセル方式では、常時測定データを統計データ解析して異常診断を行う解析診断手法を採用している。これは、応答曲面法を用いてロードセル間の測定データの相関関係を求め、その変化を統計的検定手法で判定するものである。

(c) 検知可能な不具合(振動計方式との違い)

ジェットファンに起こりうる異常状態に対する振動計方式とロードセル方式の検知可能項目の比較を表-4に示す。

表-4 振動計方式とロードセル方式の検知可能項目比較

No.	点検項目	JF 保全方式		振動計方式	ロードセル方式
		PM (予防保全)	BM (事後保全)		
1	アンバランス(ダスト付着, 羽根車損傷)	—	●	○	○
2	支持部材の緩み	●	—	×	○
3	アンカーボルトの緩み	●	—	×	○
4	コンクリートの劣化	●	—	×	○
5	吸音材の劣化	—	●	×	×
6	パンチングプレート目詰まり	—	●	×	×
7	腐食	—	●	×	×
8	車両との衝突	—	●	×	○
9	羽根車とケーシングの接触	—	●	○	○
10	軸受け異常	—	●	○	○
11	電動機の絶縁破壊	—	●	×	×
12	電動機の電圧不均衡	—	●	×	×
総合評価				×	○

○: 検知可能; ×: 検知困難

表-4の点検項目は、ジェットファンに起こりうる異常の原因を網羅している。

特出すべきは、振動計方式では、予防保全としての点検項目に関する異常検知が困難であるが、ロードセル方式では異常発生初期段階で検知が可能である。

(d) ロードセル方式の導入効果

① 初期異常時の迅速な対応

予防保全項目における異常のほとんどは、定期点検時にしか確認できないのが現状である。したがって、異常の初期よりも更に悪化した状況で初めて発見されるケースが殆どであると考えられる。

一方、ロードセル方式は、異常発生初期段階で検知が可能であるため、迅速な対応が可能となり、信頼性が向上する。

② ジェットファン本体の点検周期の延長

ロードセル方式を導入しても検知できない項目は、以下のとおりである。

- ・騒音の増大
吸音材の劣化, パンチングプレート目詰まり
- ・腐食
- ・運転不能
電動機の絶縁破壊, 電圧不均衡

この中で、運転不能のトラブルについては、現在でも遠方監視装置が備えてあれば、現場に行かなくても検知できる。

次に、年点検を削減(点検周期の延長)した場合、換気ファンの「騒音の増大」や「腐食」がトンネル利用者の安全性および換気設備の信頼性に与える影響について検討した結果、騒音の増大については、重大な事故を起こす可能性は低いと考えられるが、腐食に関わるトラブルは、重大な事故を起こす可能性があるため、ロードセル方式とジェットファン材質のステンレス化で、ジェットファン本体の年点検を1年間隔から2年間隔程度に延長可能となる。このことは、交通規制の削減にも繋がるため、トンネル利用者を含めた経済効果が大きい。

③ ジェットファン本体の長寿命化

ロードセル方式の導入とジェットファン材質のステンレス化で換気ファンの信頼性、耐久性の向上が図られ、ジェットファン本体の耐用期間の延長が期待できる。

5. おわりに

換気ファン動力の削減についての新換気制御方式は、実証実験によりその有効性を確認できた。この方式は、

ジェットファン縦流換気方式トンネルであれば、対面通行のみならず一方通行にも対応可能である。

また、集中排気縦流換気方式についても、近畿地方整備局豊岡河川国道事務所管内蒲生トンネルにおいて、実証実験を実施中であり、今後は、換気シミュレーションを確立させ、他トンネルでの導入検討が可能となるよう努めている。

点検・分解整備の効率化については、換気ファンの信頼性を維持、向上したうえで、既往の点検整備結果を踏まえた点検の強化や新技術の導入によって、これまでの点検回数の省略や点検内容の省力化を図るものである。

今回の取組み成果が広く他トンネルでも活用されトンネル換気設備の効率的な維持管理に貢献出来ることを期待するとともに、これを機会に道路トンネル換気設備の維持管理の一層の効率化や改善検討が活発化することを強く望むものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 社団法人日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説，平成13年10月
- 2) 社団法人日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，平成5年11月
- 3) 建設省建設経済局建設機械課：トンネル換気設備・非常用施設点検整備標準要領（案），昭和59年6月
- 4) 国土交通省近畿地方整備局：トンネル換気設備維持管理検討成果概要報告書，pp.19-21，平成17年3月

- 5) 岩崎，轟：インターネット利用の統計的損傷判定システム，非破壊検査，第52巻，4号，pp.188-193，2003年

【筆者紹介】

川崎 和來（かわさき かずき）
国土交通省
近畿地方整備局
豊岡河川国道事務所
機械課長



中安 真也（なかやす しんや）
国土交通省
近畿地方整備局
豊岡河川国道事務所
機械課
機械係長



榎園 正義（えのきぞの まさよし）
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第一部
専門課長



佐藤 充弘（さとう みつひろ）
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第四部
研究員



大深度地下空間を拓く 建設機械と施工技術

最近の大深度空間施工技術について取りまとめました。
主な内容は鉛直掘削工，単円水平掘削工，複心円水平掘削工，曲線掘削工等の実施例を解説，分類，整理したものです。
工事の調査，計画，施工管理にご利用ください。

定価 2,310円（本体2,200円） 送料500円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel.03(3433)1501 Fax.03(3432)0289

新しい空洞調査手法の開発

—既設トンネル覆工背面空洞調査システム (PVM)—

大嶋 健二・伊藤 哲男・西村 晋一

PVM システムは、覆工コンクリートの削孔から空洞の有無の判定、さらには空洞量の測定までをすべて機械化して行い、今までの「人による作業のため危険度が高い」「工期が長い」「コストが高い」などの課題を解決できるものである。削孔は回転打撃式を採用し、基礎実験により機械データの傾向と特性、および調査時間と精度を検証した。また、削孔装置、油圧ユニット、エアコンプレッサ、発電機、集塵器など一式を車輛に搭載した自走式調査機を製作し、2本のトンネルにおける調査工事に適用してその精度と実用性を確認した。

キーワード：覆工コンクリート、維持管理、空洞調査、回転打撃式削孔

1. はじめに

矢板工法により建設されたトンネルでは、鋼製支保工や矢板が支障になり覆工と背面地山との間に空洞が残ることが多く、特にアーチ部では多くの空洞が生じる場合がある。トンネル覆工の耐荷力を高め、変状に対する覆工コンクリートの耐久性の向上を図るには、覆工背面に空洞のあるトンネルを対象に空洞を注入材等で充填することが最善であり、そのためには背面の空洞量と空洞分布を効率的に把握する必要がある。

また、アセットマネジメントの観点からも、重要な社会資本であるトンネルの補修優先度を覆工背面の空洞の状態から判定することが必要となってくる。

一般に、既設トンネルの覆工背面空洞調査には電磁波などの物理探査手法が用いられることがあるが、覆工コンクリートが厚い場合や背面に崩落土砂が堆積している場合などでは、調査精度の低下が危惧されている。また、空洞注入を前提に空洞量の把握を目的とした調査は、覆工コンクリートをコアドリルで削孔し、計測棒を挿入して計測する方法としている¹⁾。しかし、1箇所あたりの削孔に時間を要し、規制日数が多くなることから工期や費用面で課題を残している。

このような背景から、覆工コンクリートを高速削孔しながら、覆工厚や覆工背面の状況を高速かつ高精度で調査できる「既設トンネル覆工背面空洞調査システム (PVM)」の開発を行った。PVMとは Percussive-drilled Void Measuring の略で、打撃と回転の併用による削孔と機械データから空洞を計測する方式を意

味する。

本報文では、本システムの概要、空洞検知の原理、基礎実験及び2件の調査工事の実績についてその結果を報告するとともに、今後のシステム運用について述べるものである。

2. システムの概要

今回開発したシステムでは、岩盤削孔に用いる掘削

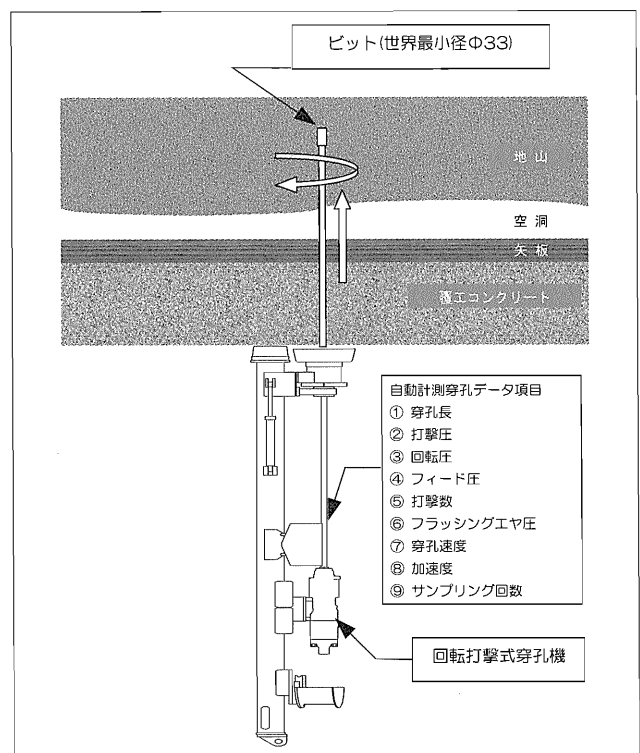


図-1 調査削孔手法

技術に着目し、先端に径 33 mm のビットを設けた「のみ」を回転と打撃を同時に加えて削孔するロータリーパーカッションドリルの技術を採用した(図-1)。

これにより、孔を高速で削孔する事ができる。しかし、打撃方式による削孔で覆工への影響も懸念されるため、本調査手法は可能な限り打撃圧を抑えること(2 MPa)と削孔径は極力小さく(φ33 mm)することで、覆工に与える影響を最小限としている。写真-1に削孔用の直径 33 mm のボタンビットを示す。

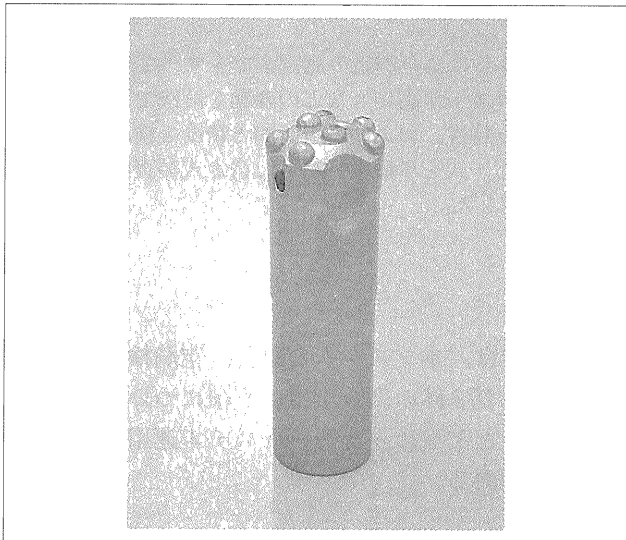


写真-1 直径 33 mm ボタンビット

本システムの調査手法は、削孔時の各種機械データを一定のルールに従って判読することで、覆工厚や覆工背面の空洞を精度よく判定するものである。システムの概要を図-2に示す。

本システムは、8トントラックに削孔装置、発電機、コンプレッサ、ダストコレクタ等を搭載したものであ

る。覆工コンクリートの削孔は、搭載した削孔装置(ブーム)により行うため、従来の高所での人による作業がないことから安全性が向上できる。

機械データは削孔速度、打撃圧、回転圧、フィード圧、打撃数、エアフラッシング圧等で、削孔中に0.2秒間隔で計測する。リアルタイムに計測された機械データは制御装置へ自動的に送信・図化され、覆工厚さや空洞厚さの判定を行うものである。

図-3にデータ計測のシステム図を示す。また、調査の結果、空洞が判明した場合、削孔した孔を注入用に拡張(直径 65 mm)する機能も兼ね備えている。

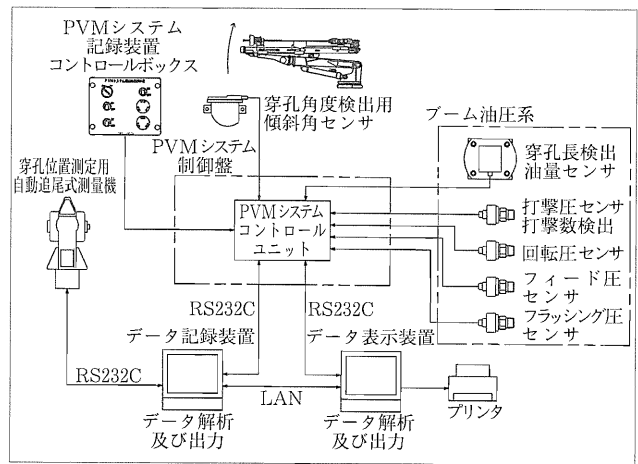


図-3 計測システム図

3. 基礎実験

(1) 供試体による実験

覆工コンクリートの背面空洞や矢板等を検知し、判別できるか否かを確認するために、基礎実験としてコ

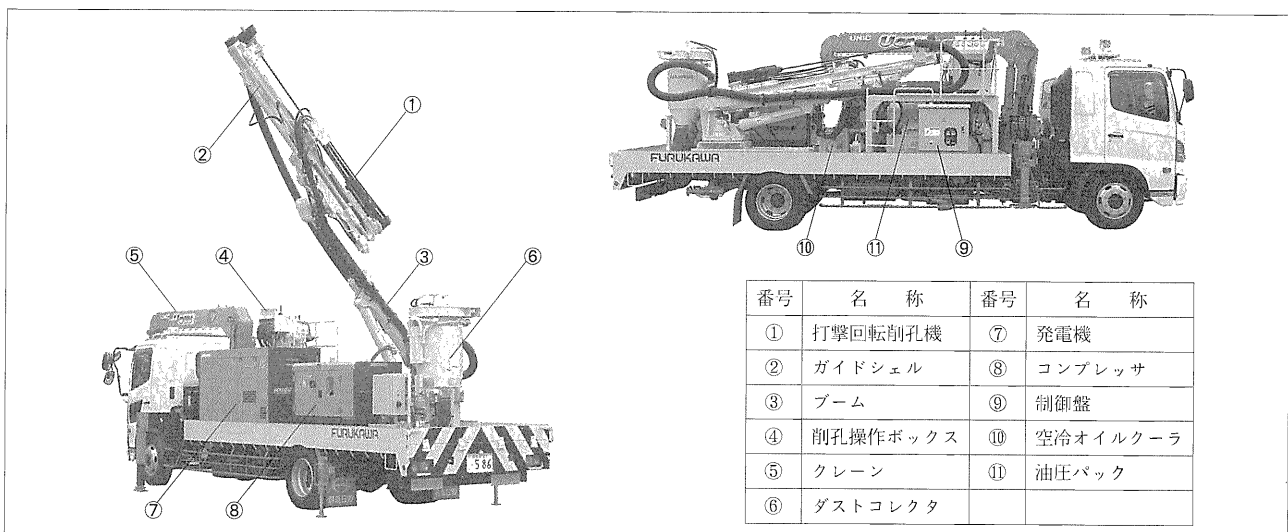


図-2 システムの概要

ンクリート、矢板、花崗岩の各材料と隙間を組合わせた供試体を作成し削孔実験を行った²⁾。各材料を削孔するときの削孔速度、回転圧などの機械データを記録・分析し、材料の違いによる削孔特性の変化および空洞通過時の特性の把握を試みた。

図-4は削孔速度に着目した計測データの一例である。削孔速度はコンクリート、矢板、岩の削孔時は値が小さく、空洞部では明確に大きい値を示している。また、削孔速度が急激に増加を始め、同時に回転圧が急減するポイントを空洞の始点、その逆(削孔速度が急減、回転圧が急増)のポイントを空洞の終点と判断する。

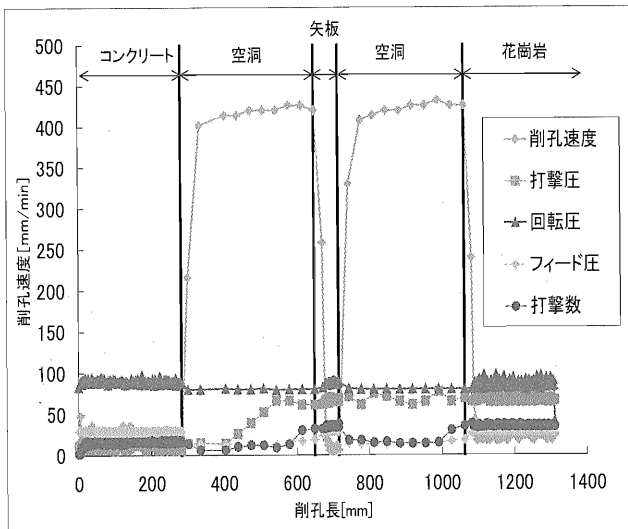


図-4 計測データの例(供試体)

表-1に実測値と判読値を示す。判読値は供試体の実寸法とよく一致していることから、空洞部は削孔速度を把握することで精度よく判読できることがわかった。

表-1 実測値と判読値の比較

材 料	材料の厚さ (mm)			コンクリート上面から各材料までの深さ (mm)		
	実測値	判読値	差	実測値	判読値	差
コンクリート	300	283	-17	—	—	—
空 洞	350	357	7	300	283	-17
矢 板	50	66	16	650	640	-10
空 洞	350	347	-3	700	706	6
花 崗 岩	—	—	—	1,050	1,053	3

(2) トンネルでの検証

供試体による基礎実験の結果を踏まえて、トンネル覆工を使い確認実験を実施した。計 23 箇所を調査削孔し、本システムによる覆工および背面の調査結果と孔内を検尺した実測値とを比較して調査精度の検証を行った。図-5はトンネルにおける調査削孔データの一例である。この例では背面に空洞はなく、覆工に地山が接している。削孔時の機械データのうち、削孔速度と回転圧の2項目が背面の物性の変化に敏感に反応していることがわかる。

このデータでは、覆工表面から 800 mm までがコンクリート、以降 1,600 mm までの削孔速度の増加と回転圧の急激な低下が発生する時の削孔長が地山と判読できる。この判読は孔内の検尺およびボアホールカメラによる目視確認の結果とよく一致していた。

これより、空洞部に限らず、背面の状況は削孔速度および回転圧の変化を把握することで精度よく判読できることが判明した。

(3) 機械データの傾向と特性

PVM システムの目的は空洞の存在を正確に把握することが主たる目的である。しかし、覆工の背面には地山の他に、空洞や崩落して緩く堆積した土砂、木製

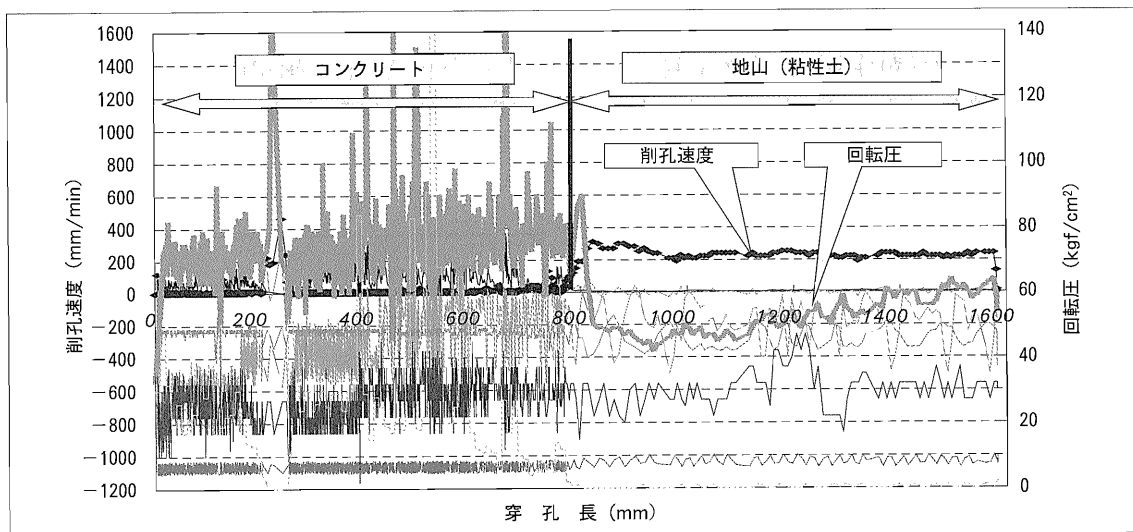


図-5 計測データの例(トンネル)

矢板、裏込め材などの存在が考えられる。

表-2に、供試体による基礎実験やトンネルでの検証結果から得られた調査対象物と機械データの傾向及び特性を示す。表-2に示すとおり、覆工コンクリート、空洞、緩い地山等の調査対象物は、機械データのうち削孔速度、回転圧およびエアフラッシング圧の3項目を分析することにより可能となった。

表-2 機械データの傾向と特性

調査対象	削孔速度	回転圧	エアフラッシング圧
覆工コンクリート	非常に小さい値で安定	一定幅で安定	一定値で安定
空洞	急激に上昇	急激に低下し、安定	変化なし
緩い地山	緩やかに上昇	緩やかに低下	変化なし
木製支保工	非常に小さい。覆工と同等	覆工より小さい値で安定	上昇
裏込め	覆工に比べやや増加し安定	木製支保工より小さい値で安定	上昇
地山(岩)	覆工と同傾向の計測データが得られるが、岩石強度により程度は異なる。		

4. 調査工事の実績

(1) 調査工事の概要

PVMシステムは、札幌自動車道の若竹トンネル(上下線:851m)と朝里トンネル(上下線1,535m)における調査工事(平成15年9月)、ならびに常磐自動車道の助川トンネル(上り1,811m)における調査工事(平成15年12月)の2件で採用した。

各トンネルにおいては、覆工背面への注入工事の基礎データの収集を目的として、全線にわたり10m間隔で天端と両肩部の空洞調査を実施した。空洞が認められた場合、将来的にこの空洞に対して充填注入が必要となり、直径65mmの注入孔を通常5m間隔で新たに設けている。そこで、本調査工事で空洞が認められた場合には、10m間隔で調査した直径33mmの孔を有効利用して、65mmにその場で直ちに拡張したのち注入管の取付けを行った。

(2) 調査専用機

調査専用機による調査状況を写真-2に示す。調査専用機は、削孔機本体、エアコンプレッサ、集塵機、発電機、運転操作盤等の機器をコンパクトに搭載して機動性、実用性を高めた。削孔機の先端には削孔中に発生するクリコや塵埃の拡散防止としてキャップを設け、集塵機で処理している。また、データ集積用と空洞分析用のパソコンを搭載し、1箇所の削孔ごとに空洞を精度良く判定できる。写真-3はパソコン画面の



写真-2 調査専用機による調査状況

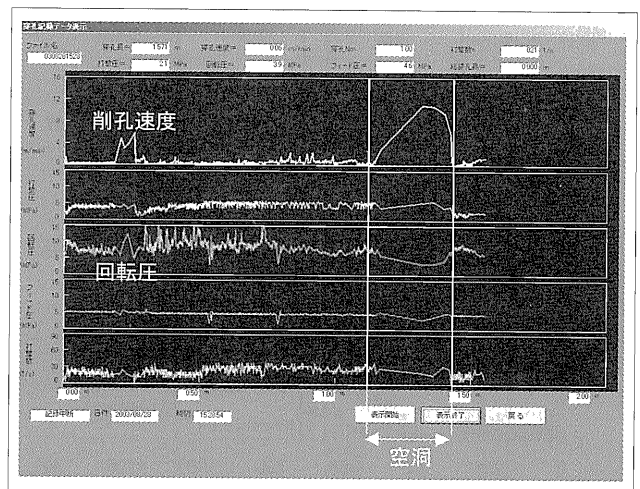


写真-3 パソコン画面の削孔データ表示例

表示例である。

(3) PVMの能力

1箇所当りの調査時間は、直径33mmによる調査削孔(空洞が無かった場合)が移動時間を合わせても平均で15分、空洞が有り削孔した孔を注入用に拡張(直径65mm)した場合が平均で23分であった。調査能力の比較を表-3に示す。調査能力は、コアドリルに対してPVMのほうが高い結果となった。

表-3 施工能力比較表

コアドリル(箇所/日(7h))	PVM(箇所/日(7h))
0.77h/m(2セット)	15分/箇所
↓ 9.1m/日(7h)	
↓ 16.5本/日(平均覆工厚さ:0.55m)	28
17	

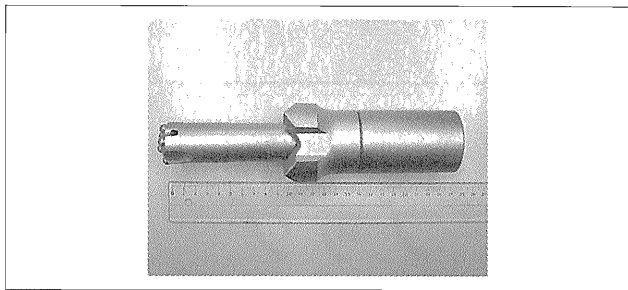
また、今回の2件の実績においては、覆工背面の空洞厚さおよび覆工の厚さの最大誤差が15mmという精度で判定できることを実証した。

5. SOM（自己組織化マップ）による判定法³⁾

PVMシステムでは、これまでに実施した基礎実験及び実工事の多種類の機械データを複合的に判読し、客観的かつ精度よく削孔対象を判定するための手法として人工知能の一種であるSOM（Self-organizing map）による分類・予測手法の適用性も同時に検討しており⁴⁾、今後、更にデータを蓄積することでSOMによる分類・予測手法の有効性が高まると思われる。

6. システムの運用について

PVMシステムでは空洞を調査することを目的とした技術であるが、覆工を削孔する手法であるため、その孔を将来の注入用に利用することも可能である。その場合、調査孔の直径33mmに対し、注入管用の直径65mmに拡張削孔を行うことになる。また、あら



写真一4 親子ビット

かじめ覆工背面の空洞が既知の場合、あるいは天端部の調査の結果、天端部に空洞が判明し、空洞の有無に係らず拡張することが決まっている場合には、写真一4に示す親子ビットを使用して一度に直径65mmを削孔することができる。

PVMシステムは様々な利用法に適応できる機能を有しているため、調査のみを行う場合や調査後直ちに注入用の拡張を行う場合などの運用方法がある（表一4）。

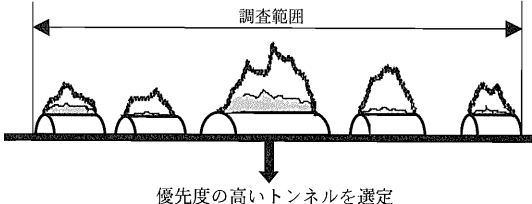
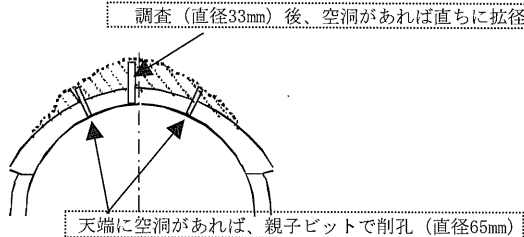
7. おわりに

これまで、コアドリルによる調査が一般的であったトンネル覆工背面の空洞調査に対して、今回開発したPVMシステムは、高速調査を実現するとともに、調査の機械化、省力化を図ることができたと考えられる。

本システムにより、空洞や地山を高精度で判読することがわかった。しかし、判定にはヒューマンエラーの可能性もあることから、今後はコンピュータによる自動判定システムの開発、あるいは5章で述べた人工知能による予測手法の開発に力をいれる所存である。また、本システムでは覆工コンクリートの劣化状況も検知できることから、将来は覆工全体の健全度評価への適用も視野に考えていきたい。

社会資本ストックを効率的に維持することやライフサイクルコストを延命することが急務である中、今回紹介したトンネル覆工背面空洞調査システムは、アセッ

表一4 PVMシステムの運用方法

<p>1 注入優先度の高いトンネルの選定等 (PVMを「調査専用機」として適用)</p>	<p>複数のトンネルで優先候補トンネルを選定あるいは1本のトンネルで優先箇所を選定 ○複数あるいは1本のトンネルの天端のみ調査 (直径33mm)</p> 
<p>2 特定のトンネル (空洞未知) を調査し注入 (PVMを「調査、削孔兼用機」として適用)</p>	<p>○天端のみ調査 (直径33mm) 後、空洞があれば直ちに拡張 (直径65mm) ○天端に空洞があれば、両肩部は親子ビットで削孔 (直径65mm)</p> 
<p>3 過去の空洞調査から空洞の存在が判明しており、注入を前提とする場合 (PVMを「削孔機」として適用)</p>	<p>○天端と両肩部を親子ビットで調査削孔 (直径65mm) ○天端の調査孔がφ33mmの場合は拡張 (直径65mm)</p>

トマネジメントの見地からも有効な調査技術として、社会的に貢献するところが大きいと考える。 **JICMA**

《参考文献》

- 1) 日本道路公団：矢板工法トンネルの背面空洞注入工：設計・施工指針，2002.10
- 2) 大嶋，西村，河野，阿部：既設トンネルの覆工背面空洞調査法（PVMシステム）の開発（その1），土木学会第58回年次学術講演会，2003.9
- 3) T.コホネン著，徳高・岸田・藤村訳：自己組織化マップ，シュプリンガー・フェアラーク東京，1996.
- 4) 城間，大嶋，本多，若林，安部：既設トンネルの覆工背面空洞調査法（PVMシステム）の開発（その2）—SOMによる判定法—，土木学会第58回年次学術講演会，2003.9



【筆者紹介】

大嶋 健二（おおしま けんじ）
中日本高速道路株式会社
横浜支社
富士工事事務所
富士東工事区



伊藤 哲男（いとう てつお）
西日本高速道路株式会社
中国支社
鳥取工事事務所
鳥取工事長



西村 晋一（にしむら しんいち）
清水建設株式会社
土木技術本部
技術開発部
課長

建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」（環境庁告示）が平成8年度に改正され，平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については，その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等，騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに，建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく，建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と，円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

■掲載内容：

- 総論（建設工事と公害，現行法令，調査・予測と対策の基本，現地調査）
- 各論（土木，コンクリート工，シールド・推進工，運搬工，塗装工，地盤処理工，岩石掘削工，鋼構造物工，仮設工，基礎工，構造物とりこわし工，定置機械（空気圧縮機，動発電機），土留工，トンネル工）
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程，建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法，建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説，環境騒音の表示・測定方法（JIS Z 8731），振動レベル測定方法（JIS Z 8735）

■体 裁：B5判，340頁，表紙上製

■定 価：会 員 5,880円（本体5,600円）送料 600円

非会員 6,300円（本体6,000円）送料 600円

・「会員」本協会の本部，支部全員及び官公庁，学校等公的機関

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

めがねトンネル中央導坑からの本坑支保工の構築 —先行アーチ支保による地山補強工法 (PSS-Arch 工法)—

稲田 正毅・松本 壮太郎

PSS-Arch 技術は、トンネル等の地下空洞構築による周辺環境への影響抑制、安全性向上、建設コスト縮減、工期短縮要請に応える「掘る前にトンネル断面形状の支持体を設置できる工法」の開発を目的とし、めがねトンネルのほぼ全延長に初めて実用化した「先行支保技術」である。施工法は、めがねトンネル（本坑）施工に先行して掘削される中央導坑内から、本坑のアーチ状断面に沿ってウォータージェット併用の刃口推進方式により曲線鋼管を圧入し、鋼管から薬液注入により地山補強するとともに、この鋼管を本坑トンネル支保工とするプレ・サポーティング・システム (PSS) である。

キーワード：トンネル，先行支保，刃口推進，ウォータージェット，周辺環境，安全

1. はじめに

近年、都市部山岳工法（都市 NATM）によるめがねトンネルや大断面トンネルが、数多く施工されるようになり、土被りの小さい箇所での地表面沈下や地下埋設物の防護のために、多種多様の補助工法が発展している。自立性が低い脆弱地山においては、剛性の高いパイル状部材を切羽面に打設する（長尺）先受け工やそれに伴う薬液注入工による地山改良で切羽安定、沈下抑制を図る工法が多く用いられるが、切羽前方の補強範囲には限界があり、切羽における掘削作業との交互施工であるため、切羽での安全性を十分に確保しているとは言えない。また、これに伴って建設コスト

も増大しているのが現状である。

このような背景を踏まえ、「掘る前にトンネル断面形状の支持体（先行アーチ支保）を地山中に設置することにより『地山のゆるみ』を極力抑える」技術構想に着目して、

- ・地表面沈下抑制による品質向上、
- ・切羽接近作業の軽減による安全性向上、
- ・多大な補助工法を伴わないことによるコスト縮減、
- ・工程短縮、

を可能とした工法を開発し、めがねトンネル（金沢外環状道路涌波トンネル）で実用化した「PSS-Arch 工法」について報告する。

2. PSS-Arch 工法

（1）工法概要

PSS-Arch 工法は、曲線ボーリングを用いて曲線鋼管を地山に挿入設置していく工法で、めがねトンネルにおいて本線トンネルの掘削に先立ち、中央導坑から事前にトンネル支保工を設置することができる。また、鋼管を用いて薬液注入を行うことにより、注入式長尺先受け工と同程度以上の地盤改良が可能である。さらに、鋼管内をモルタル充填することにより、剛性の非常に高いトンネル支保工を本坑掘削作業前のはるか先方に連続して設置することができる（図-1）。

（2）工法の特長

あらかじめ設置された支保工の中を掘削するため、

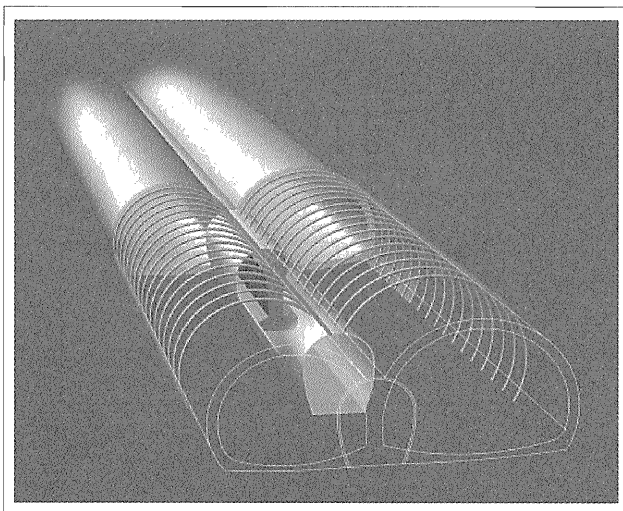


図-1 PSS-Arch 工法概念図

先行変位の抑制効果が大きく、支保工をトンネル掘削底盤より根入れさせることによる沈下抑制の効果も大きい。また、トンネル掘削工程に影響しない工法であるため、工期の大幅な短縮が図られる。安全面においても、先行変位抑制の効果が大きいと、地表面沈下や切羽崩落の減少につながるるとともに、支保工建込み時の切羽での作業も少なくなり、非常に安全性の高い工法となっている。

(3) 施工方法

PSS-Arch 工法の施工順序は、図-2 に示すとおりである。

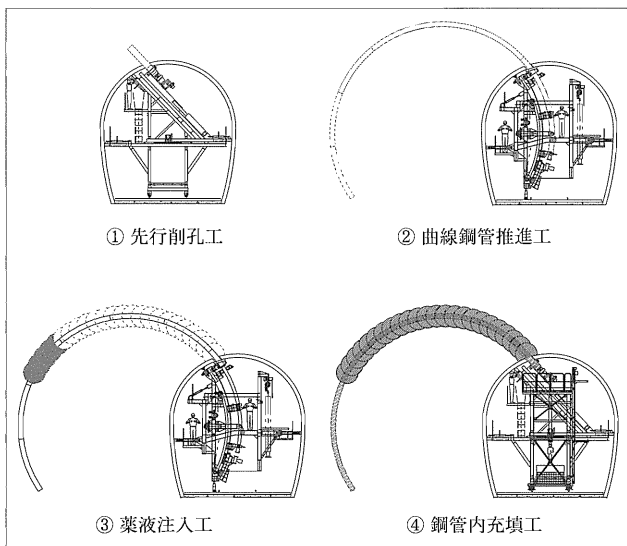


図-2 施工順序図

① 先行削孔工

中央導坑の支保部材である吹付けコンクリート等の切削に大口径ボーリングマシンを使用し、先行削孔を行う。

② 曲線鋼管推進工

1 ピース $L=3\text{ m}$ の曲線鋼管 ($\phi 267.4\text{ mm}$) を溶接等で順次接続しながら所定の長さまで、後述する掘削機構により推進する。泥水は坑外に設置されたバキュームポンプで直接吸引、排出する。

③ 薬液注入工

地山と鋼管の間を充填する1次注入を行い、さらに2次注入として浸透性のある水ガラス系溶液型無機長結材を使用し、地山改良を行う。

④ 鋼管内充填工

先行支保としての鋼管の剛性向上のため、鋼管内にモルタルを充填する。

(4) 数値解析による効果の検証

PSS-Arch 工法では、切羽到達より前に支保工が地

中に設置されることとなり、先行変位の抑制効果や沈下抑制効果が非常に大きいと考えられる。そこで2次元および3次元 FEM 解析を用いてこれらの効果について確認を行う。

図-3 に示す3次元解析では、先行変位率、沈下量についての抑制効果を比較検証するために、通常の掘削方法として、

- ・切羽到達直後に支保工 (H-200) を施工するケース、
 - ・切羽到達前に PSS-Arch 鋼管 ($\phi 267.4\text{ mm}$) が事前に設置されているケース、
- の2ケースについて行った。この結果によれば、先行

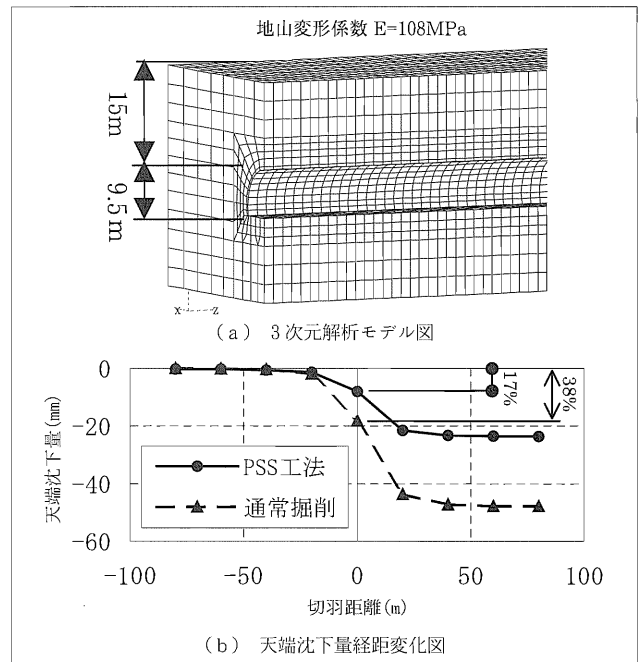


図-3 3次元 FEM 解析結果

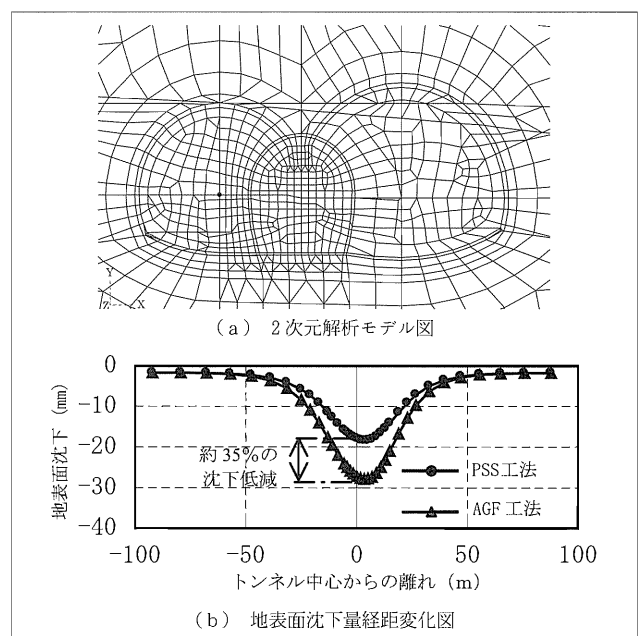


図-4 2次元 FEM 解析結果

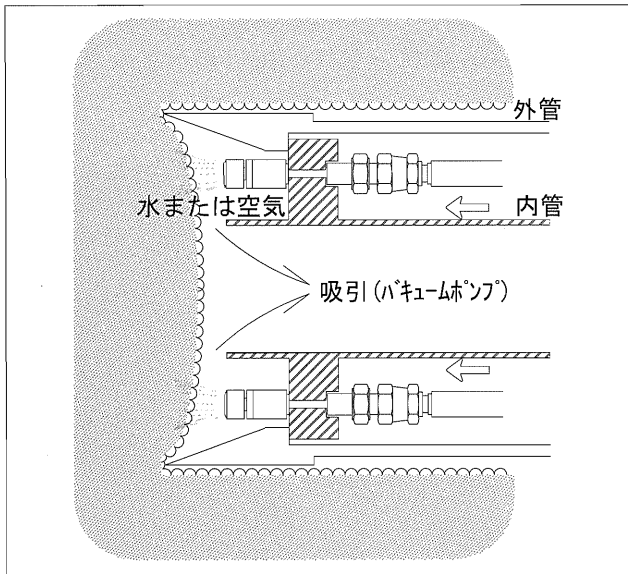
変位率は、通常の掘削工法の 38% に対して本工法では 17% に抑制され、全沈下量も通常の掘削工法 47 mm に対して 24 mm と約半分に抑制される。

また、図—4 に示す 2 次元解析では、PSS-Arch 工法は、通常の補助工法を適用した掘削工法（AGF（All Ground Fasten）工法）と比較して、地表面沈下量が 35% 低減されている。2 次元、3 次元の数値解析結果より、PSS-Arch 工法は AGF 工法よりも、先行変位、沈下量に対して大きな抑制効果があることが確認できた。

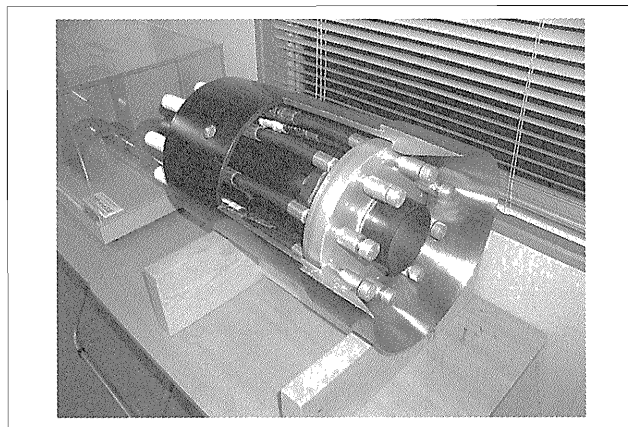
3. PSS-Arch 工法の技術

(1) 掘削機構

PSS-Arch 工法における曲線鋼管推進のための掘削機構は、従来の回転式の推進機を使用した方法とは異なり、新たに開発した「先端に取付けた刃口とウォータージェット及び圧縮空気の併用で、刃口を圧入させ



図—5 削孔システム

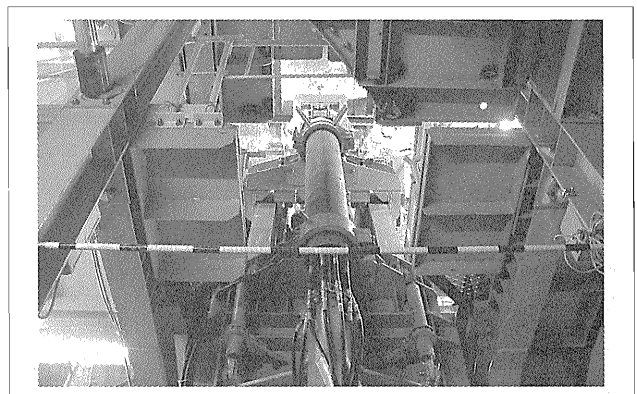


写真—1 刃口と先端ノズル

ながら掘削を行う非回転式方法」であり、泥水の排出は中央の排泥管（内管）からバキュームポンプにより吸引するもので、これまでに施工実績のない全く新しい方法である（図—5、写真—1）。

(2) 推進機構

推進方法は、推力 80 kN のチェーンフィード方式で、内管を元押すことにより先端で外管を引っ張る先端牽引方式を採用している。また、地山の締付け等による推力不足に備えて、サブ推進ジャッキ（350 kN × 2 台）を搭載しており、チェーンフィードとの併用が可能となっている（写真—2）。



写真—2 推進機

また、推進中に外管（曲線鋼管）が変形することで、内部の削孔機械が回収できなくなる危険性を回避するため、外管の変形に追従できるような特殊フランジを開発し、これを内管の継手部他に適用した（写真—3）。



写真—3 特殊フランジを用いた内管

(3) 鋼管接続機構

鋼管の接続は角度や方向を修正して仮止め溶接を行ったのち、自動溶接機で本付け溶接を行う方法としている（写真—4）。



写真-4 鋼管の自動溶接

(4) 薬液注入機構

鋼管を利用した地山への薬液注入工には、各々が独立して作動する重層ダブルパッカー（2連式）を新たに開発、適用し、注入時間を大幅に短縮することが可能となった（写真-5）。

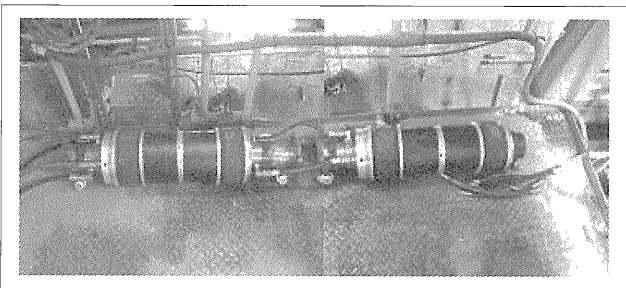


写真-5 重層ダブルパッカー

4. 涌波トンネルでの実績

(1) 工事概要

- ・工事名：金沢外環状道路（山側幹線） 鈴見新庄線道路改築（街路）工事（涌波トンネル）
- ・工事場所：石川県金沢市錦町～大桑町地内

・工期：平成12年9月30日～平成17年9月30日

・工事内容：

- 先進中央導坑……………掘削・覆工延長 636 m
掘削断面積 50.2 m²
- 本坑（先行トンネル）…掘削・覆工延長 636 m
掘削断面積 71.5 m²
- 本坑（後行トンネル）…掘削・覆工延長 636 m
掘削断面積 111.2 m²
- 連絡道トンネル…………掘削・覆工延長 154 m
掘削断面積 120.6 m²

涌波トンネルは都市計画道路・鈴見新庄線のうち、浅野川と犀川に挟まれた金沢市錦町～大桑町に位置し、本線のめがねトンネルとその直上の連絡道トンネルから構成される全国的にも例のない三つ目構造のトンネルである。

地上部は住宅地で、土被りは最小で約12mと小さく、本線トンネルと連絡道トンネルの離れも3～12mである。また、トンネルの掘削対象となる地質は、第四紀更新世前期の大桑層を主体とする固結度の低い細粒砂岩、シルト岩である。地下水位は全体に高く、均等係数4以下、細粒分含有率10%以下であるため、

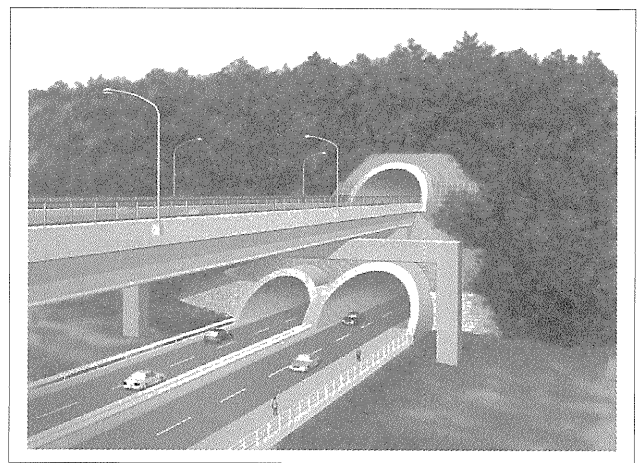


図-6 完成予想図

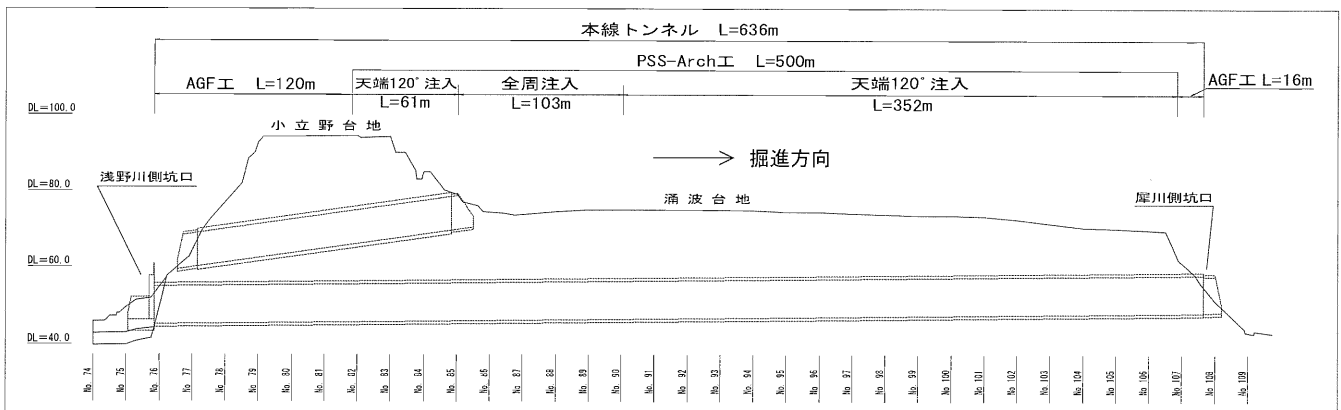


図-7 PSS-Arch 工法施工範囲図

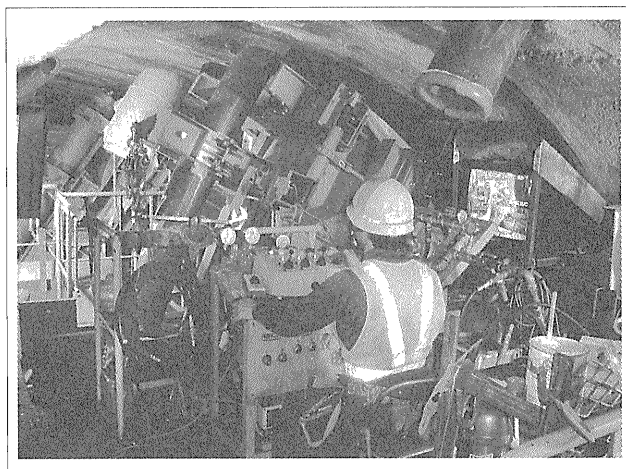
地下水は砂分の流出や天端の崩落等、地山の安定性に強く影響を与える。

このような条件の下で地表面沈下の抑制、切羽作業の安全性向上、また、コストの縮減をはかるため、PSS-Arch 工法を開発し、契約後 VE 方式により採用され、本線トンネル延長 636 m のうち 500 m で施工している。

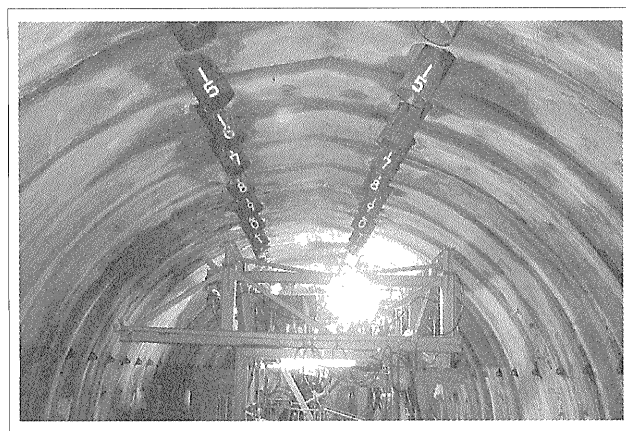
図一6 に完成予想図を、図一7 に PSS-Arch 工法施工範囲を示す。

(2) PSS-Arch 施工状況

涌波トンネルでの PSS-Arch 工法による施工状況を写真一6、写真一7 に示す。



写真一6 鋼管推進状況



写真一7 鋼管推進完了全景

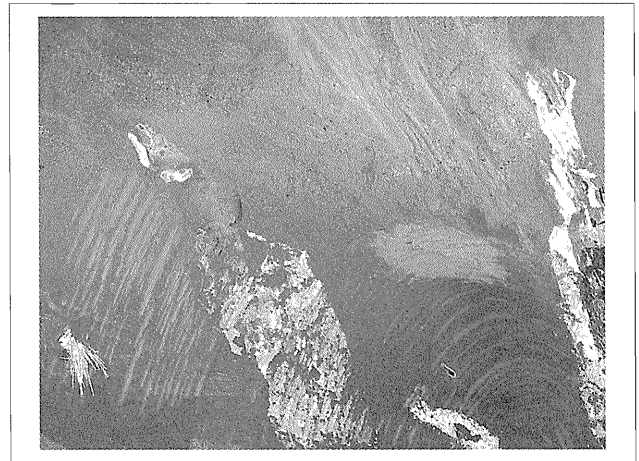
施工開始当初は、不慣れによる遅延やトラブルによる作業の損失時間が多く、また、部分的にシルト層を挟む地質であったため推進速度が小さく、1基の施工に17時間を要していたが、現在は、機械やシステムの改良を行うことで1基の施工を9時間程度で行うことが可能となった。

鋼管を所定の位置に推進する精度は、地質状況によ

り左右され、礫や隣接管に当たり施工途中で推進が不能となった箇所もある。推進不能な箇所は、従来通りトンネル掘削時に補強支保工を建込むこととしている。

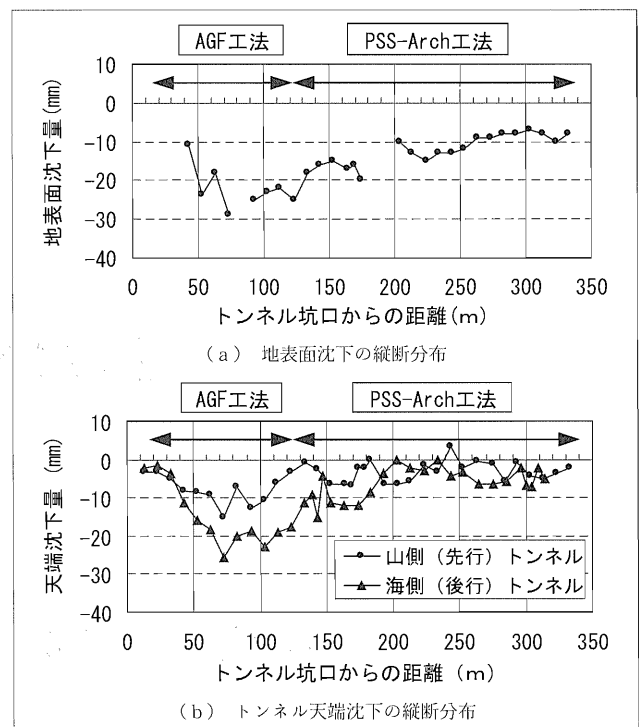
(3) PSS-Arch 工法の効果

PSS-Arch 工法により、本坑掘削時のトンネル周辺地山は比較的固結度が高く、あらかじめ鋼管支保が設置されているため、切羽崩落・肌落ちの危険性は著しく低下している(写真一8)。



写真一8 掘削により露出したPSS鋼管

図一8 に計測結果(地表面沈下、トンネル天端沈下)を示す。実際の地表面沈下量は予想解析結果と同等以下で、AGF 工法に比べて約 10~15 mm (35~50% 減) 小さくなっている。トンネル天端沈下量は、



図一8 実計測結果

AGF 工法区間が 10~25 mm 沈下しているのに対し、PSS-Arch 工法では 10 mm 未満と沈下抑制効果が大きく現れており、早期に収束（切羽進行 10 m 程度：1D、ここで、D はトンネル径）する傾向を示す。また、AGF 工法区間は後行トンネルの沈下が先行トンネルに比べて大きいのに対し、PSS-Arch 工法では先行・後行トンネル天端沈下に差がなく、左右（隣接）トンネルへの影響が抑制されていると考えられる。

5. おわりに

今回、開発・実用化した PSS-Arch 工法は、涌波トンネルの地質に合わせて開発したものであり、鋼管を推進するための掘削機構としてウォータージェットを併用した刃口推進方式を用いた。このため、この掘削機構は、涌波トンネルの地質のような固結度の低い砂質（土砂）地山に限定される。

この工法は都市部の土被りの浅い軟弱な地質にある程度、適用することが可能であるが、鋼管（φ267.4 mm）内の排土径（10 cm）を超える礫が混入している場合、鋼管の推進に支障をきたすことが考えられる。

今後、この工法を幅広く活用するためには、上記の掘削機構に改良、改善を加え、めがねトンネルへの適

用だけではなく、都市部の流出入トンネルランプ部のような超大断面トンネルおよび既設トンネルの拡幅・変状補修のトンネルリニューアル等に採用していきたいと考えている。

最後に PSS-Arch 工法の施工を実施する上で貴重なご意見を頂いた東京工業大学大学院理工学研究科・太田秀樹教授をはじめとする山側幹線施工委員会の各位、契約後 VE 方式により PSS-Arch 工法を採用していただいた石川県の関係各位に深く感謝する次第である。

J C M A

【筆者紹介】

稲田 正毅（いなだ まさたけ）
株式会社熊谷組
北陸支店
熊谷・西松・北部・豊蔵 JV
涌波トンネル作業所
工務課長
（監理技術者）



松本 壮太郎（まつもと そうたろう）
株式会社熊谷組
北陸支店
熊谷・西松・北部・豊蔵 JV
涌波トンネル作業所
工事主任



建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々、そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格 2,500 円 送料 600 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

遠心力トンネル吹付け工法と現場展開

—吹付け作業の低粉じん化を目指して—

長野 祐司・丸山 信一郎

近年、粉じんによる労働災害が社会問題化しており、粉じん障害への取組みについて感心が高まっている。建設業界においては平成12年度に厚生労働省より「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」が示され、坑内作業の粉じん低減が緊急な課題となっている。このガイドラインに沿って事業者及び施工者に対してトンネル工事の粉じん低減対策の実施を求めている。坑内作業のうち最も粉じんを発生する工種は吹付け工であるが、粉じん低減化のため、三井住友建設株式会社は通常行われるエア式吹付け工法と全く原理の異なる遠心力を利用した「遠心力トンネル吹付け工法」（ダストレスショットクリート工法）を開発してきた。現在、試験段階から実施段階に移行しつつある。本報文では同工法を用いて作業環境向上を目的にした現場実施工の概要と結果を報告する。

キーワード：吹付け、ガイドライン、粉じん、遠心力、粉体急結剤

1. はじめに

遠心力トンネル吹付け工法は平成4年に開発された深礎用遠心力吹付け機にその原型を發する。深礎の山留めに用いられるライナープレートに替えてモルタルを遠心力を利用し地山に吹付け、山留めとする工法である。

吹付け機を深礎センターに吊下げ、遠心力を与える回転羽根（インペラー）が水平方向全周にわたって材料を吹付ける。吹付け機を上下させて重ね吹きをし規定の吹付け厚さに達する。圧縮空気を用いないため粉じんの発生が少なく小口径深礎において作業環境を損なわないという特長がある。

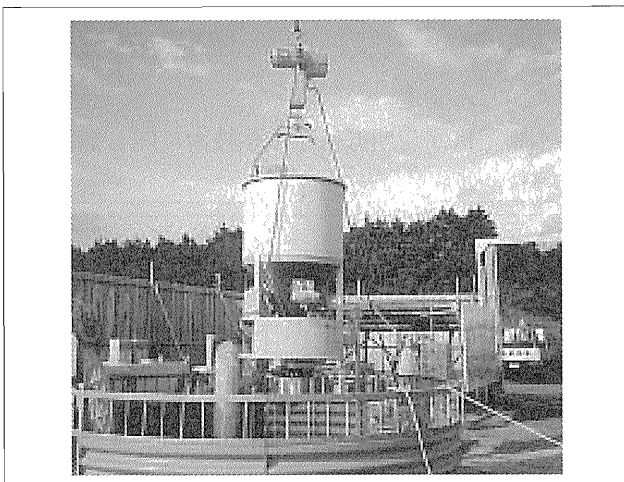


写真-1 遠心力深礎用吹付け機

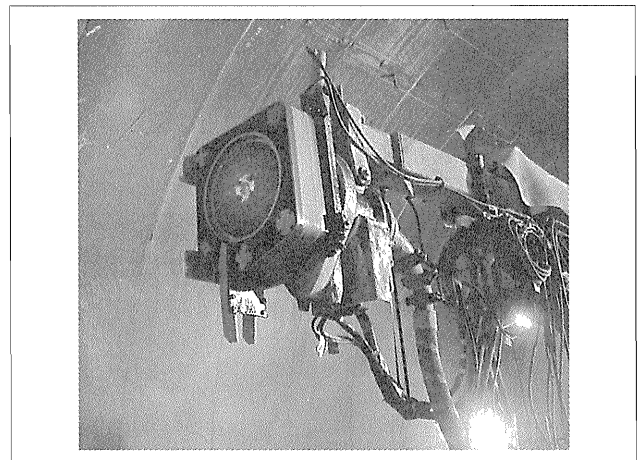


写真-2 遠心力トンネル用吹付け装置

水平方向全周にわたり吹付けを行う深礎用遠心力吹付け機に対し、遠心力トンネル吹付け機は吹付け方向を全周ではなく一方向のみに絞ると共に垂直水平吹付けも可能となる構造としたものである。

遠心力系の吹付け機は急結剤供給用の少量のエアを使用するだけであるため吹付け材料のエア拡散が少なく低粉じんを特徴としている。写真-1に深礎用吹付け機、写真-2にトンネル用吹付け装置を示す。

2. 遠心力トンネル吹付け機の構造と特徴

遠心力トンネル吹付け機の全体姿を写真-3に、遠心力トンネル吹付け装置を図-1に示す。

遠心力吹付け装置は①～③の3つの部分で構成され

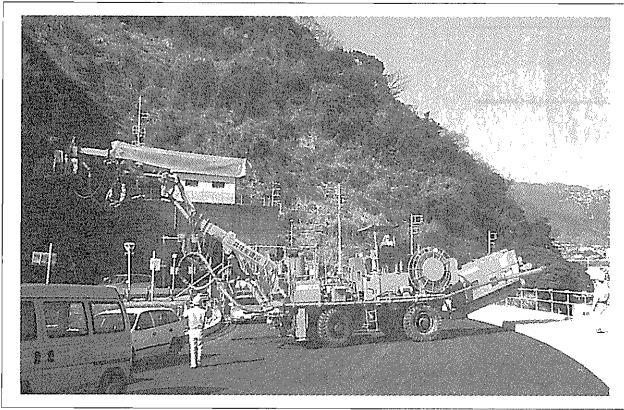


写真-3 遠心力トンネル吹付け機の外観

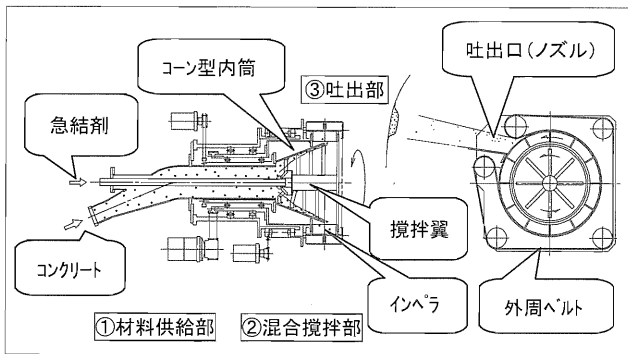


図-1 遠心力吹付け装置

ている。

- ① コンクリートポンプからコンクリートを受取るコンクリート供給管と急結剤を搬送する急結剤供給管で構成される材料供給部。
- ② テーパ状の内筒管と高速回転する攪拌翼で構成される混合攪拌部。
- ③ 高速回転するインペラで混合吹付けコンクリートに遠心力を付加し吐出口から壁面に投射する吐出部。吹付け材料は通常の配合の吹付けコンクリートを用いる。また、急結剤も通常の粉体急結剤を用いる。材料系に関しては通常のエア吹付けと変わらないことが特徴である。

3. 現場への投入

遠心力トンネル吹付け機は以前行った2回の試験施工の後、改良を行い道路断面トンネルと小断面トンネルに投入した。実サイクルでの作業環境改善を目的として粉じん低減効果、及び施工性の確認を行うこととした。このため次の目標値を掲げた。

- ① 切羽作業環境向上のため、ガイドライン基準値以下を目指す。
- ② 施工能率が従来工法と同等以上であること。
- ③ 通常のエア吹付け方式と同等配合のコンクリート

を使用すること。

- ④ 同じく粉体急結剤を使用すること。

(1) 立岩トンネル工事(道路トンネル)

一般道路トンネルである静岡県国道135号線立岩トンネル工事において平成16年3月の掘削開始から投入した。実際の掘削サイクルの中で吹付け施工を行い5月末までに延長160m、総吹付け量1,147m³となった。以下に工事概要を示す。

- ・工事名称：135号道路改良工事立岩トンネル
- ・工事場所：静岡県熱海市網代地内
- ・工事内容：NATM タイヤ式機械掘削

トンネル延長 $L=284$ m

- ・掘削断面積：87.21~23.3 m²
 - ・工期：平成15年10月17日~同17年6月22日
- 遠心力トンネル吹付け機の外観及び主要仕様を写真-3、表-1に示す。

表-1 立岩トンネル工事主要仕様

吹付け方式	遠心力方式
吹付け能力	6~15 m ³ /h
コンクリート供給	コンクリートポンプ (20 m ³ /h)
使用急結剤	粉体急結剤
急結剤混合方式	強制攪拌方式
台車	タイヤ走行式
電動機出力	105 kW

(a) 吹付け材料

吹付け材料コンクリートは通常のエア吹付けに使用する配合とし、急結剤は粉体(デンカナトミック T-5)を使用した。表-2に配合を示す。24時間プルアウト強度は9.9 N/mm²、28日圧縮強度は27.7 N/mm²であり基準強度を満足した。

表-2 立岩トンネル吹付けコンクリート配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位置量 (kg/m ³)				急結剤 添加率 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
58	58	209	360	1,030	755	7.0

(b) 粉じん測定

粉じん測定は同時期低粉じん化技術に関し独立行政

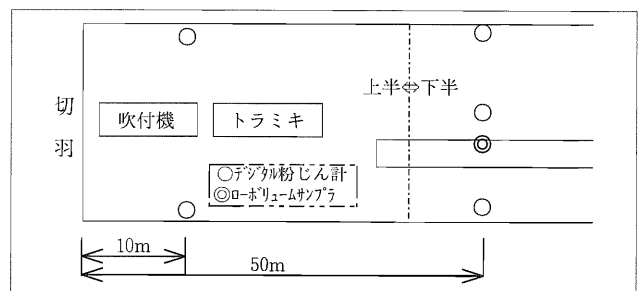


図-2 立岩トンネル工事粉じん測定機器の配置

表-3 立岩トンネル粉じん測定結果

坑内換気量 (m³/min)			1回目	2回目	3回目	使用機器
ローボリューム サンプル	質量濃度	切羽より50m (mg/m³)	1.09	1.66	0.08	LV-40 B
	算出K値		0.00099	0.00119	0.00039	
デジタル粉じん計	相対濃度 (カウント値)	①切羽より50m左 (CPM)	997	1,448	208	LD-3 K
		②切羽より50m中 (CPM)	1,106	1,393	214	
		③切羽より50m右 (CPM)	1,234	1,591	206	
	①, ②, ③平均 (CPM)	1,112	1,477	209		
質量濃度	①, ②, ③平均 (mg/m³)	1.01	1.76	0.08	算出K値採用	

法人士木研究所と共同研究を行っていた関係者で行った。測定方法は図-2に示す通り切羽後方50m地点にデジタル粉じん計3台とローボリュームサンプル1台を配置した。粉じん測定結果を表-3に示す。

この結果、切羽後方50m地点で3mg/m³以下とする厚生労働省ガイドラインの目標レベルを下回ることを確認した。

(c) 施工性

遠心力トンネル吹付け機を投入したことによる施工サイクルの影響は無く、通常のエア吹付けと同等程度の施工能力を発揮したものとする。留意点として以下の3点が挙げられる。

- ① コンクリートポンプでブーム先端の吹付け装置まで吹付け材料を圧送するため、圧送性の確認をする事。
- ② ブーム先端の吹付け装置を切羽に衝突させないように注意する事。

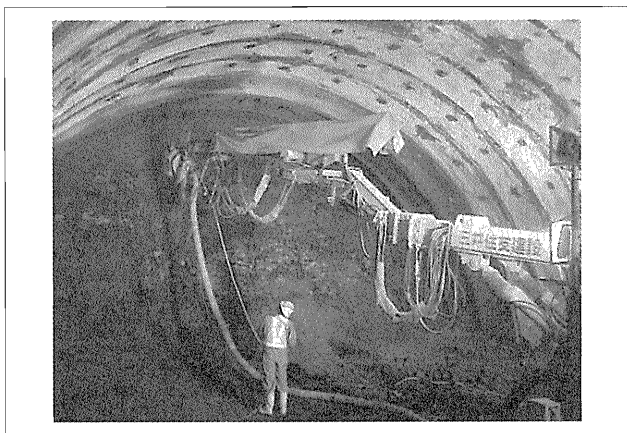


写真-4 立岩トンネル工事吹付け状況

- ③ 吹付け後の吹付け装置の洗浄を十分に行う事。
写真-4に吹付け状況を示す。

(2) 相模原トンネル工事(小断面トンネル)

小断面トンネルにおいては内空断面の関係で低粉じん化技術の選択肢が少ない。ガイドラインでも粉じん濃度目標レベルの達成が困難な中小断面のトンネルでは緩和策が取られているのが現状である。

遠心力トンネル吹付け機の特徴を生かして小断面トンネルへ適応展開を図るために、平成16年9月に投入した。吹付け延長102m、吹付け総量276m³を施工した。工事概要は以下の通りである。

- ・工事名称：公共下水道溝上大野台雨水幹線整備工事
- ・工事場所：神奈川県相模原市麻溝台
- ・工事内容：工事延長 945m
標準掘削断面積 17.63m²
内空断面積 11.039m²
- ・工期：平成15年6月25日～平成18年2月28日

遠心力小断面トンネル吹付け機の全体図及び主要仕様を図-3、表-4に示す。

表-4 相模原トンネル工事主要仕様

吹付け方式	遠心力方式
吹付け能力	3~10m³/h
コンクリート供給	コンクリートポンプ (10m³/h)
使用急結剤	粉体急結剤
急結剤混合方式	強制攪拌方式
台車	レール走行式
電動機出力	75kW
重量	9,000kg

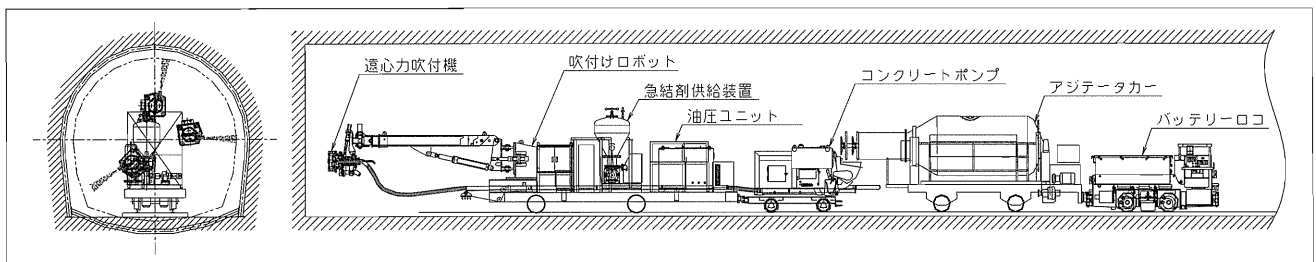


図-3 遠心力小断面トンネル吹付け機全体図

(a) 吹付け材料

吹付け材料コンクリートは通常のエア吹付けに使用する配合とし、急結剤は粉体（デンカナトミック T-5）を使用した。表-5 に配合を示す。また、同時に行ったエア吹付け方式と比較した強度試験結果を表-6 に示す。

表-5 相模原トンネル工事吹付けコンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				急結剤 添加率 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
56	65	202	360	1,075	596	7.0

表-6 相模原トンネル工事吹付けコンクリートの強度

吹付け方式	プルアウト試験 (24h) (N/mm ²)	圧 縮 強 度 (28日) (N/mm ²)	急結剤添加率 (%)
遠心力吹付け	7.2	26.2	7.0
エア吹付け	7.7	28.5	7.0

(b) 粉じん測定

現場の換気設備は排気方式であり、坑内で発生した粉じんの多くは風管を通して郊外へ排出される。切羽後方 5 m 地点と切羽後方 50 m 地点にデジタル粉じん計を設置し、遠心力吹付けの場合とエア吹付け（アリバー 285）の場合の両方の測定を行った。図-4 に測定機器の配置、表-7 に測定結果を示す。

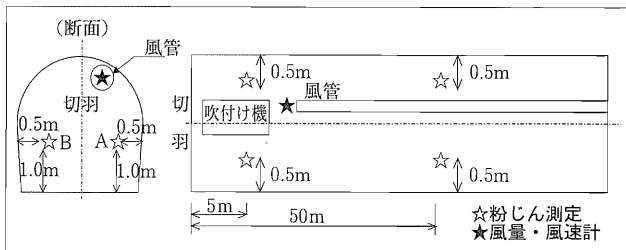


図-4 相模原トンネル工事測定機器配置

表-7 相模原トンネル工事粉じん測定結果

吹付け方式	吹付け条件		粉じん濃度	
	コンクリート 吐 出 量 (m ³ /h)	換 気 量 (m ³ /min)	切羽から 5 m (CPM)	切羽から 50 m (CPM)
遠心力吹付け	9	63.0	247	—
	9	63.0	218	—
	8.5	63.0	318	4
	9	—	298	3
エア吹付	—	59.6	610	—
	—	59.6	658	104
	10.5	53.0	815	—
	10.5	53.0	791	9

* 測定器 P-5 L₂

ローボリュームサンプラを設置しなかったため、K 値の算出はできなかったが、切羽後方 5 m 地点で遠心力吹付けはエア吹付けの約 1/3 程度の粉じん濃度となっている。換気設備が排気方式であるため大部分の

粉じんが風管を通じ排気され、切羽 50 m 後方では小さな値となっている。

エア吹付けで一部大きな値となっているのは、粉じんにより視界不良となった吹付け面を良く見えるように生エア噴射を行っているが、この一部が粉じんを伴い風管吸入口をすり抜け、後方まで逆流浮遊したためと思われる。

写真-5 に遠心力小断面吹付け機の全体姿、写真-6 に吹付け状況を示す。

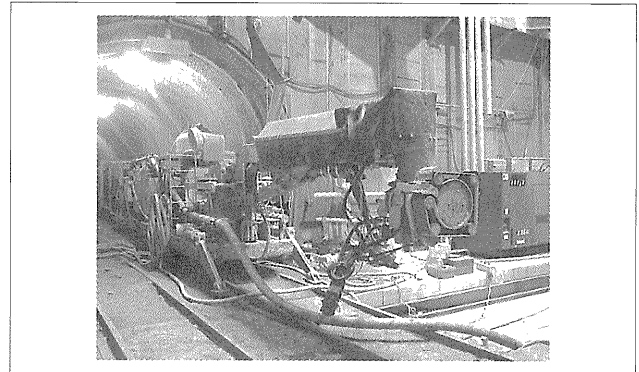


写真-5 小断面トンネル吹付け機の全体姿

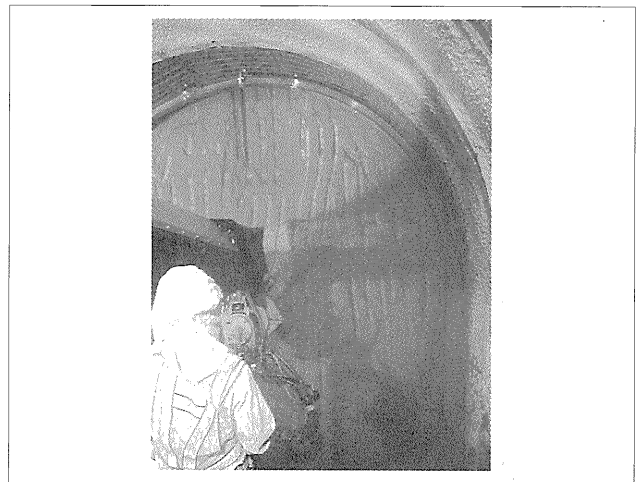


写真-6 吹付け状況

4. 土木研究所での吹付け試験

独立行政法人土木研究所において民間提案型共同研究「ずい道建設における吹付け作業時の発生粉じん量の低減技術および局所集じんシステムの開発」が行われ、当遠心力トンネル吹付け機も新吹付け方式の一案として参加した。ここでは一般的な吹付け材料を用いて行った遠心力吹付け機による吹付け試験の結果について述べる。

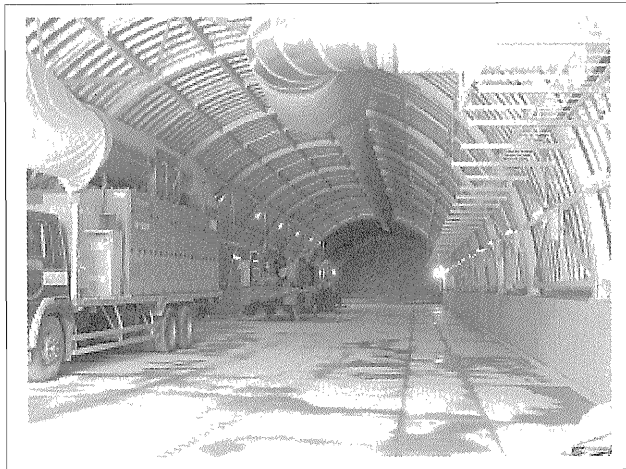
(1) 試験設備

土木研究所において平成 14 年度に建設工事環境改

善実験施設（以下、模擬トンネルと記す）が建設された。この模擬トンネルは断面積 80 m²、延長 100 m の規模を持ち、粉じん対策技術の実大規模の実験を行うことができる。写真—7 に模擬トンネル外観を、写真—8 に模擬トンネル内部を示す。



写真—7 模擬トンネル外観



写真—8 模擬トンネル内部

(2) 使用機材及び材料

吹付け試験に使用した遠心力トンネル吹付け機は、写真—3 に示す立岩トンネルに使用した機材を用いた。又、今回示す粉塵データに用いた吹付けコンクリート

は通常の吹付け配合のものであり、急結剤も通常の粉体急結剤を用いた。表—8 に吹付けコンクリートの配合を、表—9 にその強度試験結果を示す。

表—8 土木研究所吹付けコンクリート配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				粉 体 急 結 剤 添 加 率 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
58.3	60	210	360	1,020	684	7.0

表—9 吹付けコンクリート強度試験結果

吹付け方式	プルアウト試験 (24 h) (N/mm ²)	圧 縮 強 度 (28 日) (N/mm ²)	粉体急結剤 添 加 率 (%)
遠心力吹付け	14.1	22.9	7.0

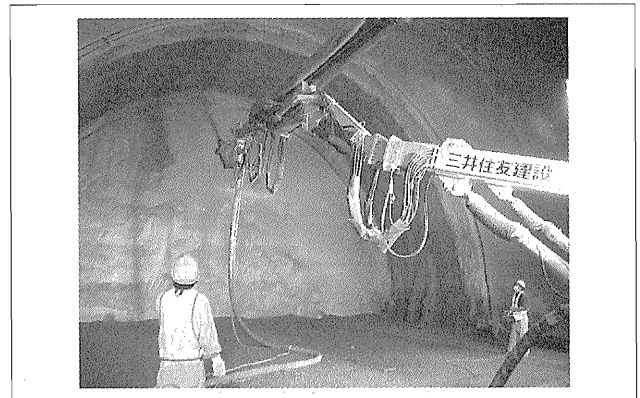
(3) 粉じん測定

粉じんの測定に当たり、試験条件を統一するため事前

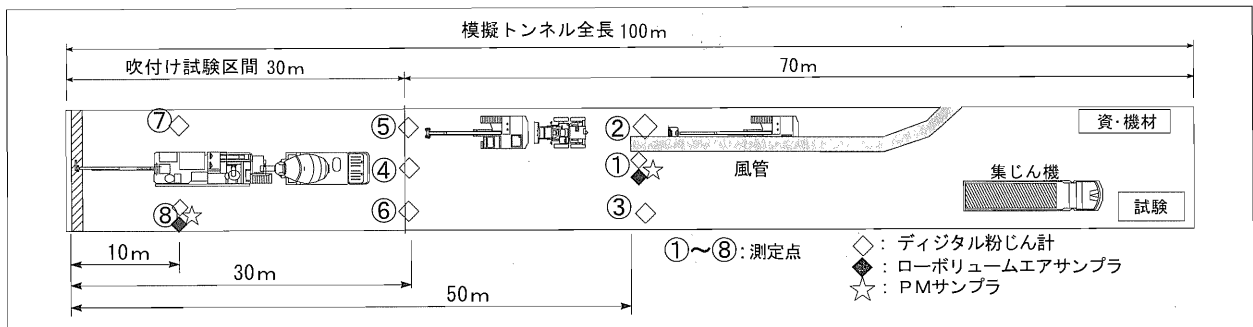
表—10 粉じん測定結果

	測定位置 (単 位)	1 回目	2 回目	3 回目
ローボリューム サン プ ラ	50 m 後 方 (mg/m ³)	1.09	1.14	1.74
	10 m 後 方 (mg/m ³)	1.13	1.43	2.50
デジタル粉塵計	50 m 後 方 (CPM)	1,232	1,297	1,505
	10 m 後 方 (CPM)	1,433	1,427	2,059
K 値	50 m 後 方	—	0.00088	0.00116
	10 m 後 方	—	0.00079	0.00100

コンクリート吐出量：約 11 m³/h
ローボリュームサンブラ：LV-40 B
デジタル粉じん計：LD-3 K



写真—9 模擬トンネル内の吹付け状況



図—5 粉じん測定器配置図

に換気設備の設定を行った。模擬トンネル内で通常のエア吹付け（低粉塵化技術は無対策）を行い、切羽50 m 後方で粉じん濃度 7 mg/m^3 の環境を作った。この時の送気換気量 $1,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 、集じん機による集じん量 $1,200 \text{ m}^3/\text{min}$ を吹付け試験時の統一換気条件とした。図—5 に粉じん測定器配置図、表—10 に測定結果、写真—9 に吹付け状況を示す。

5. おわりに

遠心力吹付け機の原型である深礎用遠心力吹付け機は姿を変え、遠心力トンネル吹付け機として登場した。

今回の施工により遠心力方式が持つ低粉じん性能が時代の要求に合致し、厚生労働省の「ずい道建設工事の粉じん対策ガイドライン」の粉じん濃度目標レベル 3 mg/m^3 を満足することが確認されたと考える。又、実現場での施工を通し、いくつかの課題を解決できたのも大きな収穫であった。今後、更に発展させ低粉塵

化技術の一翼を担える技術として確立するよう努力したい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン 2000.12
- 2) 大下武志：トンネル工事における粉じん対策技術の開発，平成15年度土木研究所講演会講演集，2003.10.8

【筆者紹介】

長野 祐司（ながの ゆうじ）
三井住友建設株式会社
技術研究所
土木研究開発部
土木生産技術研究室
室長



丸山 信一郎（まるやま しんいちろう）
三井住友建設株式会社
技術研究所
土木研究開発部
土木生産技術研究室
研究員



現場技術者のための

建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約180点の用語解説と約70点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 120頁

■ 定価：会員 1,050円（消費税込），送料420円

非会員 1,260円（消費税込），送料420円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

トンネル・シールド 特集

大断面分割シールド工法による (仮称)外苑東通り地下通路整備工事 —都市再生における地下立体交差「ハーモニカ工法」—

湯口正樹・門脇直樹・岩元篤史

鉄道や道路の地下立体交差を非開削工法で施工する場合、シールド工法を除く従来工法では直線施工しかできず、また距離も50~100mと短いものに制約されていた。一方、操車場の横断や、鉄道横断部の前後の道路などから数百mを地下立体交差で施工するには大断面のシールド工法に限定せざるを得なかった。そこで大断面を小断面に分割し、1台の掘削機械で複数の断面を繰返し掘削することにより、掘削機械を小型化し、セグメントを薄肉化する工法を採用することで全体の工事費を抑えることが可能となる。本報文では、東京都港区の(仮称)外苑東通り地下通路整備工事における「ハーモニカ工法」の施工記録について紹介する。

キーワード：大断面、アンダーパス、非開削トンネル、矩形断面、分割シールド、曲線施工、地下立体交差

1. はじめに

東京都港区では(仮称)外苑東通り地下通路整備工事が進められている。本工事は、都市再生交通拠点整備事業の一環として、東京都港区に建設される「東京ミッドタウン」周辺の広範囲な歩行者地下ネットワーク

ク形成を目的として地下通路の施工を行うものである。

市街地における地下通路の建設は、通常土留め杭の打設から路下の掘削、構築作業までの大半を夜間工事で行わざるを得ない。そのため、路上における作業帯の設置期間が長くなり、工事期間中の道路渋滞や地域住民等とのトラブル等を余儀なくされていた。

本工事においては、地下埋設物が多数存在し、構築

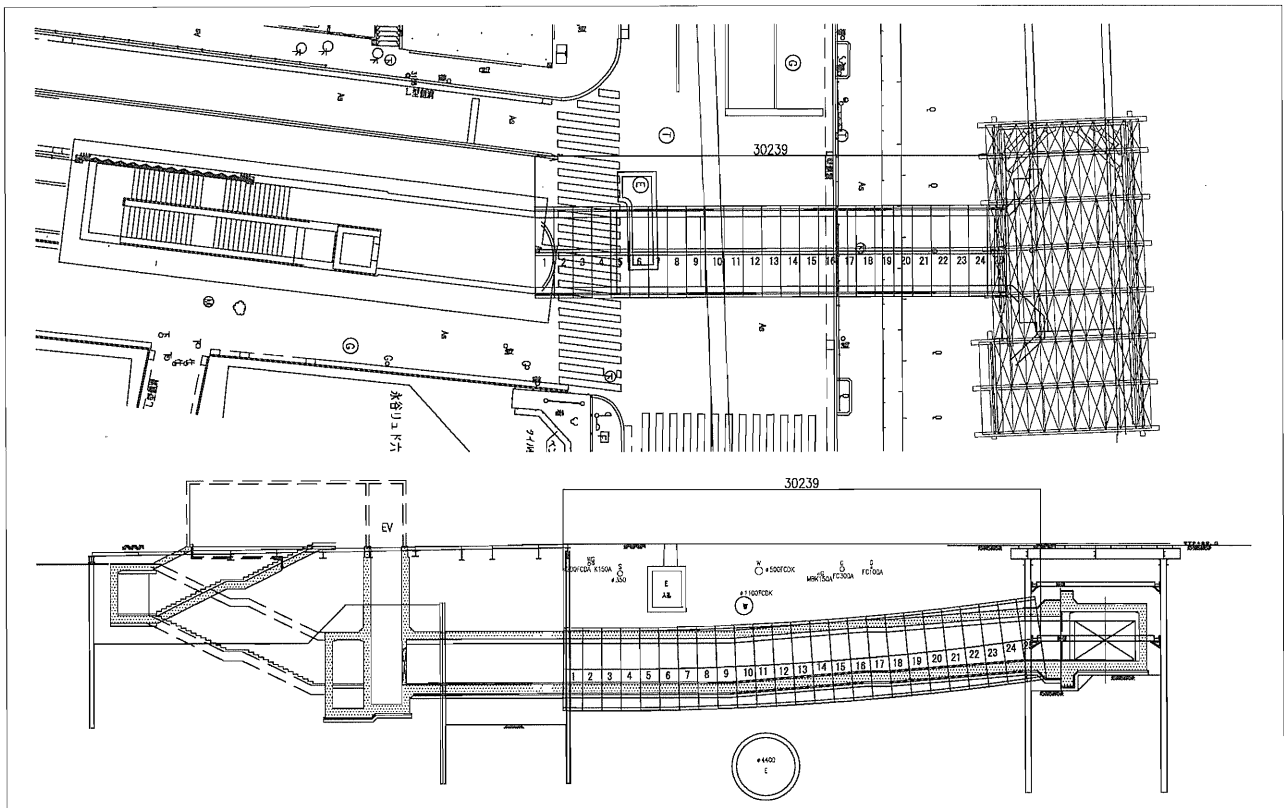


図-1 工事概要図

躯体の断面形状が均一区間である星条旗通り連絡通路の中の約 30 m (4 分割断面) 区間 (図一1) と、六本木駅連絡通路の中の約 40 m (6 分割断面) 区間において「ハーモニカ工法」を採用する。また、これに使用する推進機は、密閉型の土圧式推進機で、全路線同一のものにて施工を行うものである。

ハーモニカ工法ではまず、大断面トンネルの掘削に際し、全体をおよそ 3~4 m の箱型で格子状に等分割し、それぞれのトンネルを小型の矩形掘進機で、隣りあうトンネルに接しながら地中にブロックを積上げるように掘進することにより、大断面のトンネルを掘削する。

引続いて、トンネルの覆工に使用した鋼製セグメント (鋼殻) を外側の型枠として代用し、掘削された空間の内部に躯体を構築する。さらに養生後に、トンネル内空断面内に残置された鋼殻を撤去し、表面を仕上げることによって完成する工法である。

本報文では、(仮称) 外苑通り地下通路整備工事において、先行して施工した星条旗通り連絡通路の約 30 m 区間の推進に関する実施工の記録について報告するものである。

2. 施工条件

(1) 線形計画

星条旗通り連絡通路は、主要幹線道路下を横断して築造するもので、路下には地中埋設物が複数存在する。構築する地下通路の上部には電力煉瓦人孔及び $\phi 1,100$ mm の水道管、下部には $\phi 4,400$ mm の電力洞道が存在している。そのため地下通路の縦断線形は、それらの地下埋設物を避けて縦断線形を半径約 190 m の単曲線で計画した (図一1)。

(2) 地質条件

本工事地域の地層は東京都大深度地下地盤図によると山の手台地に相当する層序からなっている。地表面より、表土 (有機質ローム層厚 1 m 程度)、ローム層 (5~6 m)、凝灰質粘性土層 (4 m 程度)、新期段丘堆積層、東京層群から構成されている。また、地下水位は GL-15.92 m と深く、今回の施工位置に深に存在する。

3. 推進機

今回の工事で使用した推進機は、カッタヘッドを油圧ジャッキ駆動により左右に揺動させることで掘削を

表一1 矩形推進機仕様

■シールド本体			
外 径	矩形 2,950×2,670 mm		
機 長	3,375 mm		
全 長	3,980 mm		
方向修正ジャッキ	800 mm×35 MPa×65 stmm×8 本		
ローリング修正ジャッキ A	400 mm×30 MPa×100 stmm×2 本		
ローリング修正ジャッキ B	1,000 mm×70 MPa×50 stmm×2 本		
油圧パワーユニット	油圧ポンプ	8.3 L/min×35 MPa	
	電動機	5.5 kW×4 P×440 V	
	台 数	1 台	
■カッタ			
形 式	センタシャフト支持・スポーク型		
トルク	最大 438~548 kN・m		
回 転 数	2.4 rpm		
カッタ揺動ジャッキ	840 mm×35 MPa×440 stmm×2 本		
コピーカッタジャッキ	200 mm×21 MPa×360 stmm×1 本		
油圧パワーユニット	用 途	カッタ揺動系	コピー系
	油圧ポンプ	45 L/min×35 MPa	40 L/min×21 MPa
	電動機	30 kW×4 P×440 V	18.5 kW×4 P×440 V
	台 数	2 台	1 台
■スクリュコンベヤ			
形 式	軸付きスクリュ形式		
トラフ内径×ピッチ	$\phi 419$ mm×350 mm		
排 土 能 力	(100%) 38.7 m ³ /h		
トルク×回転数	11,700 N・m×0~16 rpm		
駆動油圧モータ	2,980 N・m×25 MPa×1 台		
ゲートジャッキ	110 mm×21 MPa×350 stmm×2 本		
油圧パワーユニット	用 途	回転系	ゲート系
	油圧ポンプ	46 L/min×25 MPa	40 L/min×21 MPa
	電動機	30 kW×4 P×440 V	11 kW×4 P×440 V
	台 数	1 台	1 台

行う掘削機構を採用している。また、従来の油圧モータによる駆動形式と比べて経済的である。表一1 に推進機の仕様を示す。

本工事で使用した推進機の特徴を以下に列挙する。

- ①カッタヘッド外周に全方向性の切削に対応するために円錐ビットを装着した。
- ②4 角の隅角部において、粘性土の圧密固着を防止するために、高圧洗浄ノズルを装備した。
- ③推進時のローリング修正のために、可動ソリによる修正装置及び掘進機内部においても油圧修正ジャッキを装備した。
- ④推進後に到達立坑にて解体、発進立坑へトンネル内を引戻し可能な構造とした。

4. 鋼殻 (セグメント)

本工事で使用したセグメントは、4 断面全て同一の基本寸法にて製作したが、鋼殻の隣接部においては、

施工段階における離れ防止のために、ガイド材として先行鋼殻には凹レール、後続鋼殻には凸レールを装備した。鋼殻の配置断面図を図-2に示す。

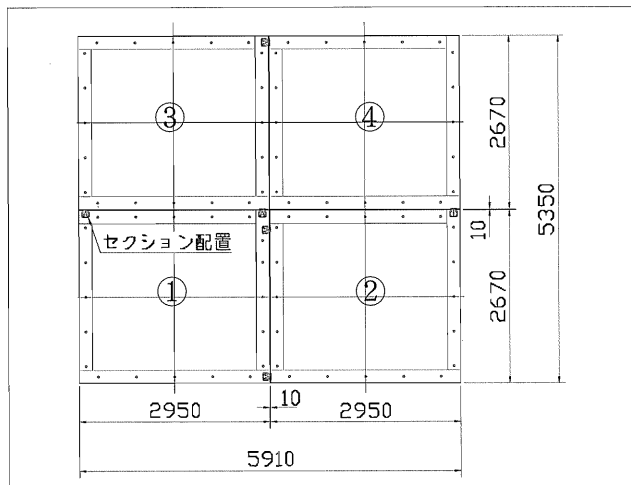


図-2 鋼殻配置断面図

ガイド材は、各函体の推進において施工誤差（水平、鉛直、ローリング）が発生するため、誤差を吸収し継手部における競りを考慮した特殊なガイドレール材を製作した。鋼殻の1函当りの長さは、縦断線形（約200 mR）を考慮して約1,250 mmに定め、全てテーパを設けた。また、鋼殻は1函を一体ものとして工場にて製作し、現場搬入を行った（図-3）。

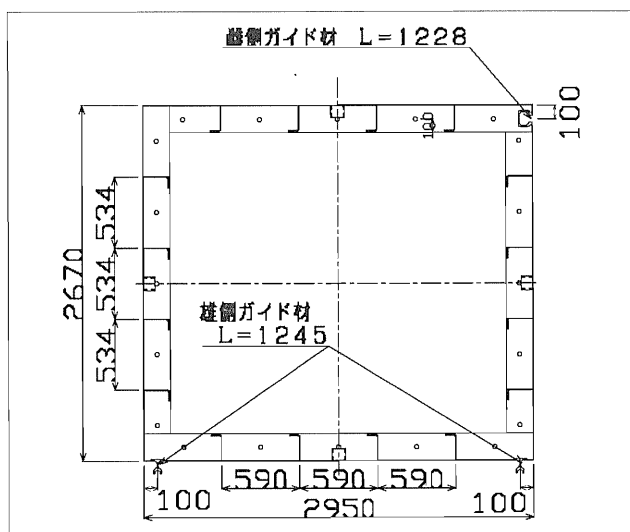


図-3 鋼殻一般構造図

5. 施 工

(1) 推進用設備

主な推進工事用機械設備を図-4に示す。

- ①元押しジャッキ設備（1,500 kN-2,900 mm×4本）
- ②排泥設備（75 kW 真空ポンプ、φ125 mm 管）

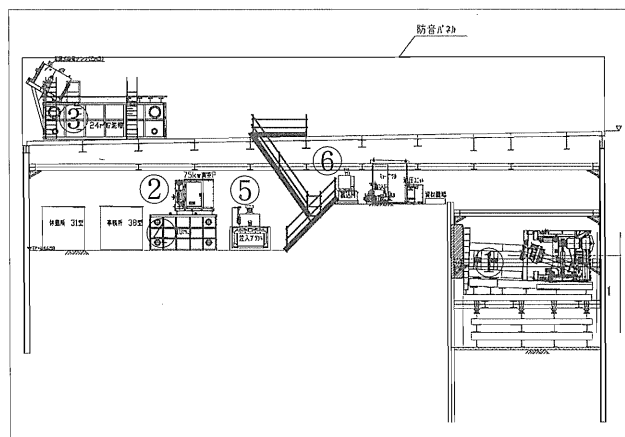


図-4 推進用設備配置図

- ③土砂ピット（24 m³水槽×1基）
- ④清水、排水槽（10 m³水槽×3基）
- ⑤作泥プラント
- ⑥裏込め注入プラント

(2) 施工手順

今回のハーモニカ工法は、図-2の施工順序にて推進を行った。以下に施工手順ステップを示す。

- ①発進立坑築造
- ②下段支圧壁コンクリート施工
- ③各種推進用機械設備設置
- ④下段発進架台設置
- ⑤発進坑ロリング設置
- ⑥推進機組立て
- ⑦推進（写真-1）
- ⑧到達架台設置
- ⑨推進機到達・押出し
- ⑩推進機解体搬出
- ⑪裏込め注入
- ⑫下段発進架台盛替え

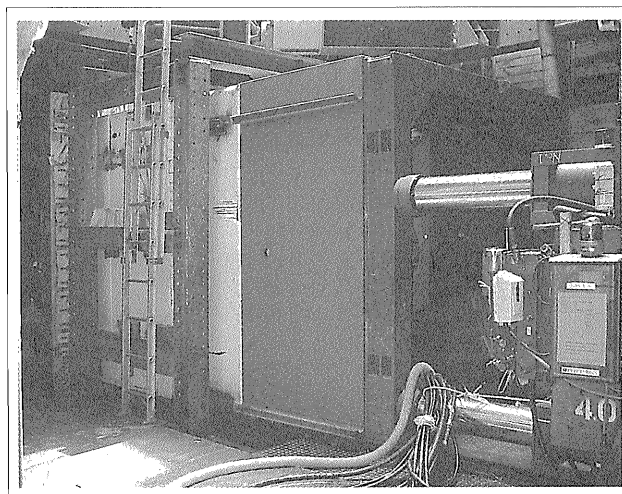


写真-1 2函体目推進状況

- ⑬以降, ⑤～⑪で下段推進
- ⑭上段支圧壁コンクリート施工
- ⑮上段発進架台設置及び山留め盛替え
- ⑯以降, ⑤～⑪で上段推進
- ⑰継手部止水注入
- ⑱推進設備解体撤去

(3) 掘進管理

掘進にあたっては、表—2 に示す管理項目にて管理値を定め掘進を行った。

表—2 掘進管理値

項目	管理値	設定根拠
カッタージャッキ圧	14 MPa	装備圧力の40%
排土量	12.8 m ³	地山体積+地山ふけ量+加泥材
切羽土圧	30 kPa	静止土圧+予備圧
元押しジャッキ総推力	250 kN	計画推力の70%とした
掘進精度(上下)	±40 mm	構築最外周位置より決定
掘進精度(左右)	±70 mm	構築最外周位置より決定

第1回目の推進は、その掘進精度が後続の推進に影響を及ぼす基準となるため、1 函の推進 (L≒1,250 mm あたり) で4 回の水準測量を実施した。また、平面位置測量も1 函毎に実施した。

(4) 加泥材

掘削断面の土質は、関東ローム層及び凝灰質粘土層の非常に粘着力の高い土質である。加泥材には、掘削土のチャンバ内における付着を防止し、塑性流動化を促進するために浸透剤と分散剤を併用した作泥材を選定し、地山体積容量の約30% 添加して掘削を行った。

(5) 裏込め注入工

従来推進工法における裏込め注入は、推進完了後にセメント系の裏込め材を推進中に充填した滑材と置換

える方式で行われていた。しかし、今回のハーモニカ工法では推進完了後も隣接したセグメントにて推進を行うため、先行函体(鋼殻)に装備した凹レール内部及び鋼殻外周に裏込め材の充填される可能性があり、裏込め材の影響で後続函体の推進に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、今回は2 液性の一軸圧縮強度0.2 N/mm² の滑材兼充填材を推進中に注入し、推進完了後に2 次注入を行うことにより施工を行った(写真—2)。

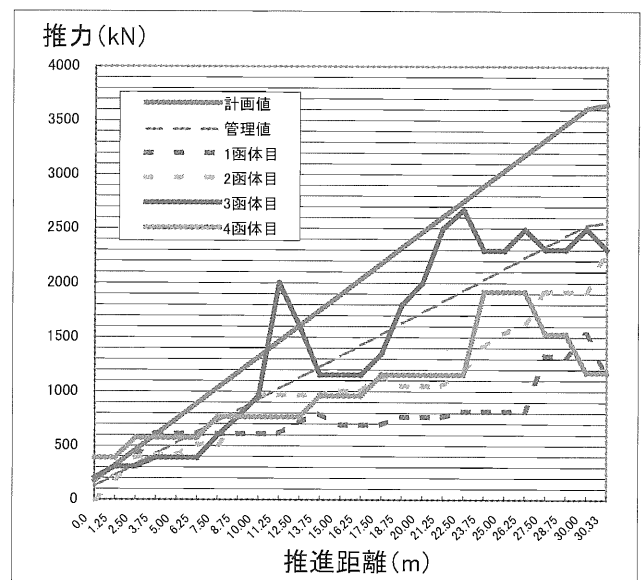
(6) 継手部止水注入工

全ての函体推進完了後、将来の漏水防止のために函体間の継手(ガイド材)部の洗浄を行い、その後止水充填材を注入した。この止水材には、躯体構築後の残置鋼殻の切断撤去時における止水材の劣化及び有害ガスの発生を防ぐためにアクリル系の材料を採用した。

6. 施工結果

(1) 推力データ

図—5 に推進距離と推力の関係を示した。推力については全函体の推進において推進距離に伴い推力の上昇が見られるのがわかる。また、一部の値を除いて全ての函体は計画値以下で推進されている。ここで、推力の変動が大きい部分については、前述した裏込め注入を行った直後の推進時に発生している。



図—5 推進距離—推力関係図



写真—2 4 函体推進完了状況

また、本来ならば、函体間の接する面が最大の2 箇所となる4 函体目の推進において、一番推力が上がるはずであるが、2 函体目の推進の推力データとさほど

変わらない結果となっている。これは、ガイド材との競りによる推力の上昇はさほど影響されないことや、精度良く曲線推進管理が行えた結果と判断する。

(2) 出来形データ

水平・鉛直変位とも管理基準値以内の精度で掘進を完了した。図-6より、水平位置は1函体目の推進出来形の影響が後続推進函体の全てにおいて現れていることが確認できる。

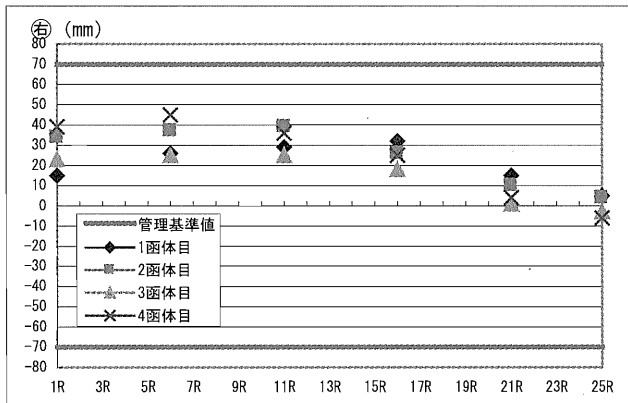


図-6 水平変位量

また、図-7より、鉛直位置は下部函体の推進出来形が上部函体に影響していることがわかる。したがって、ガイド材の余裕分の設定により後続函体の出来形は大きく影響されるものと考えられる。即ち1函体目(基準函)の掘進が全体の掘進出来型精度に大きく影響していることが分かった。

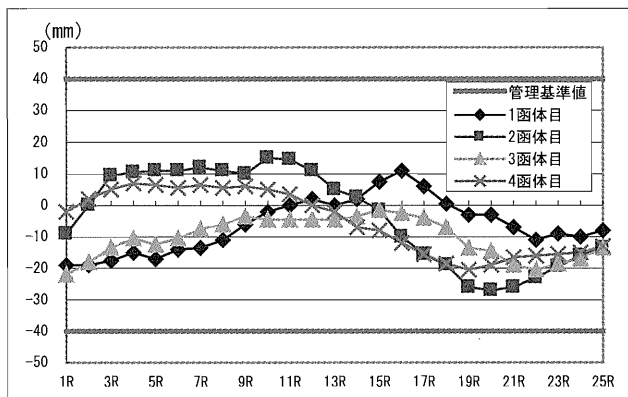


図-7 鉛直変位量

7. おわりに

現在施工中の、(仮称)外苑東通り地下通路整備工事では先行して行っている星条旗通り連絡通路の4断面ハーモニカ区間において、ハーモニカ鋼殻内部の躯体の工事中であり、躯体の完成は平成18年早々を予定している。また、後行で施工する六本木駅連絡通路の6断面のハーモニカ区間は、同様に平成18年早々の発進に向けて立坑の築造及び発進の準備中である。今回の星条旗通り連絡通路での掘進データを詳細に解析し、次回施工する六本木駅連絡通路のハーモニカ推進工事に活かす予定である。

紙幅の都合で本報文には言及しなかったが、星条旗通り連絡通路の掘進では鋼殻の主桁及び縦リブに歪みゲージを設置し自動計測を行っている。現在データ解析中であるが、今後のハーモニカ工法における鋼殻設計に当たっての貴重なデータを提供するものとなることが期待されている。

今回、無事に4函体の推進工事が到達できたことは関係各位のご指導、ご鞭撻のお陰であり、感謝いたします。



【筆者紹介】

湯口 正樹 (ゆぐち まさき)
大成建設株式会社
(仮称)外苑東通り地下通路整備工事六本木作業所
工事次長



門脇 直樹 (かどわき なおき)
大成建設株式会社
(仮称)外苑東通り地下通路整備工事六本木作業所
課長代理



岩元 篤史 (いのもと あつし)
大成建設株式会社
(仮称)外苑東通り地下通路整備工事六本木作業所
工事主任



地盤改良を必要としないシールド発進・到達工法

—立坑用スライドゲート—

佐藤 修一

スライドゲートは、アーバンリング立坑等のケーソン立坑を対象としたものであり、発進・到達用開口とそれを閉塞するゲートを有したユニット（スライドゲート）を地上でケーソン土留内に組込んで立坑を築造した後、ユニット前面にエントランスを設置し、単にゲートを引上げるだけで、安全にシールド発進・到達を行う工法である。

これまでのアーバンリング到達立坑においてこれまで2件の実績を有し、また構造的には試験の結果0.9MPaまでの耐水圧を確認している。平成17年度の国土技術開発賞を受賞し、特に今後の大深度化に向け有効な技術として期待されている。

キーワード：立坑、土留、シールド発進、シールド到達、鏡切り、開口、地盤改良

1. はじめに

アーバンリング工法は、鋼製のセグメント（アーバンリング）を地上で組立てながら地中に圧入する立坑築造工法であり、

- ・狭い作業空間で施工できること、
- ・工期の短縮が図れること、

等、都市内施工に非常に適し、かつ深い立坑でも安定した施工が可能であるという特長を有している。

スライドゲートはこのアーバンリング立坑を主な対象として開発された全く新しい発想のシールド発進・

到達工法である。

これまでのシールド発進・到達方法としては、土留の開口背面を地盤改良して、その後土留を開口（鏡切）する方法が一般的であるが、地盤改良費用が高いうえに、施工上も安全性等に問題があった。

また、近年は土留壁に切削可能な材料を組込むことにより、鏡切を必要としない工法も使用されているが、価格が高いことや、切削に伴う種々の問題点が提起されている。

スライドゲートはこれらの問題を改善するものであり、以下にスライドゲートの構造、施工方法等について説明する。

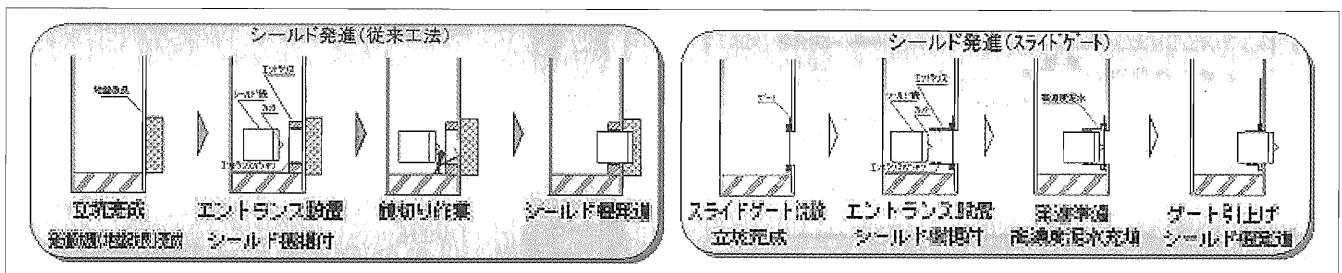


図-1 シールド発進（従来工法（左）とスライドゲート（右））

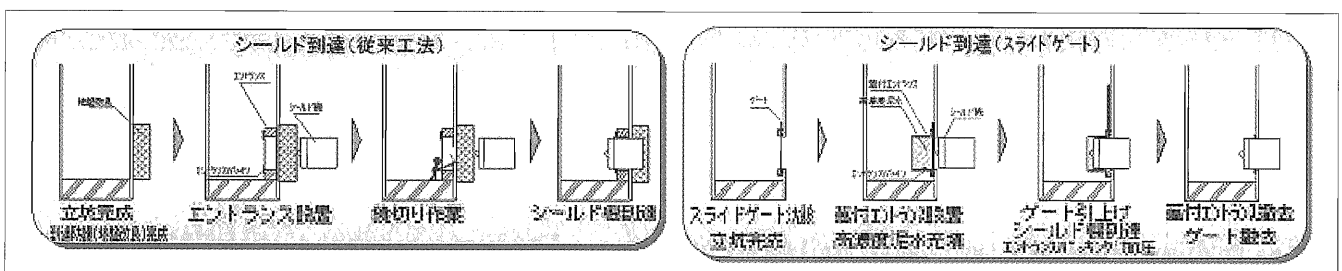


図-2 シールド到達（従来工法（左）とスライドゲート（右））

2. 工法概要

スライドゲートによる発進・到達の従来工法との比較を図-1, 図-2 に示す。

スライドゲートの特長は以下のとおりである。

- ① 地盤改良が不要となることにより、工事費の低減及び環境負荷の軽減が図れる他、道路上の施工が不要となる。
- ② 工程が短縮化され工期の短縮が図れる。
- ③ 鏡切作業が不要となり、高水圧に対する施工の安全性の向上が図れる。

スライドゲートの適用条件を表-1 に示す。

表-1 適用条件

項目	適用条件	備考
開口径	5m 程度以下	開口径が 2.5m を超える場合、分割タイプ適用
深 度	50m 程度まで	試験的には 0.9 MPa の耐水圧確認
路下施工	可能	分割タイプ採用

3. スライドゲート構造

(1) 全体構造

スライドゲートとは、シールド発進・到達位置に開口部を設けて、その開口部を引上げ可能な鋼板（ゲート）で閉塞したユニットを言い、

- ・ゲート背面からの漏水を防止する背面パッキン止水構造、
 - ・ゲート引上げ部スリットからの漏水を防止するゲートパッキン止水構造、
 - ・ゲート背面の土圧水圧に対抗するゲート支持構造、
 - ・開口部の欠円を補強する開口補強構造、
- より構成される。

またユニット上部の土留め部をゲート引上げ部リングといい、ゲートの引上げスペースを確保する構造と

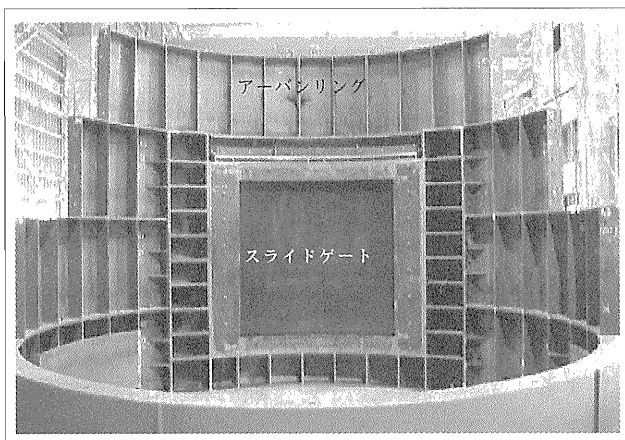


写真-1 スライドゲート仮組み状況

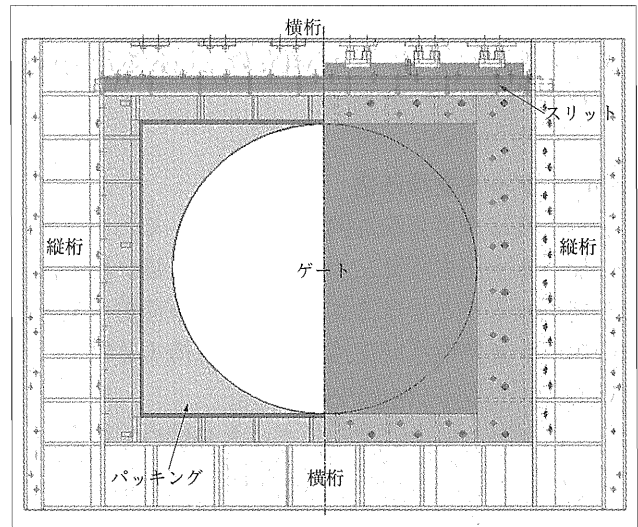


図-3 スライドゲート構造

している。

なお、シールド発進・到達にはスライドゲート前面にエントランスが設置される。

スライドゲートの仮組状況を写真-1 に、またスライドゲートの構造を図-3 に示す。

(2) 背面パッキン止水構造

背面パッキンは地山からの漏水を防止するものであり、ゲート押込みボルトを締めこんで、ゲートを背面パッキンに押付けることにより止水する。ゲート引上げはこのボルトを緩めて行う。モデル試験により最大 0.9 MPa の耐水圧を確認している。

図-4 に背面パッキンの止水構造を示す。

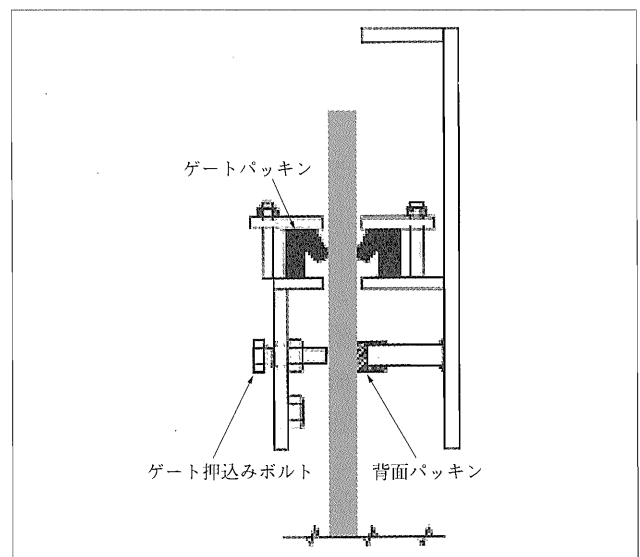


図-4 スライドゲート止水構造

(3) ゲートパッキン止水構造

ゲート引上げに伴うスリットからの漏水を防止するものであり、シールに加わる水圧を利用して漏水を防

止する逆V字型のセルフシールを採用している。

モデル試験により、1.0 MPa以上の耐水圧を確認している。

(4) ゲート支持構造

ゲート板は水平方向に円弧状をしているため、ゲートに加わる土圧水圧は、ゲート板左右両端に軸方向力として加わることとなることから、その荷重を左右両端のゲート支持板及び支持ボルトで支持する構造としている。

なお、ゲート引上げはこのボルトを緩めて行う。

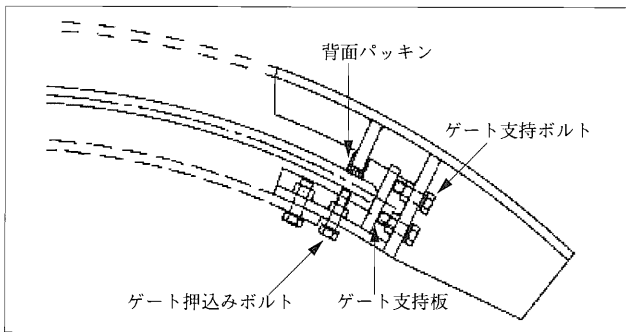


図-5 ゲート支持構造

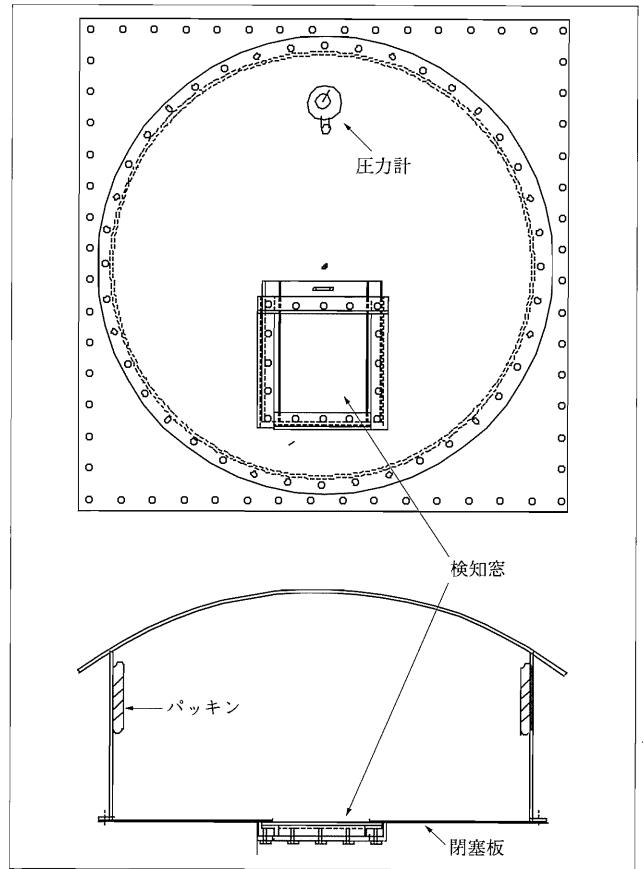


図-7 エントランス構造 (到達用)

(5) 開口補強構造

円形開口の補強を行うものであり、図-5に示すように左右両端の縦桁および上段横桁、下段横桁により構成される。

(6) その他

(a) ゲート引上げ部リング (図-6)

スライドゲートの上部側のゲート引上げ部分の土留めは、ゲートの引上げ空間の確保のためアーバンリング桁高を一般部より低くする必要があり、その補強のため縦リブ補強材を設置する。なお、この補強材は最下端をゲートに密着することによりゲート板にも圧入力を伝達する構造としている。

(b) エントランス構造

エントランスは図-7、図-8に示すように、円筒形の金枠及びパッキンより構成され、また到達の場合は金枠の前面に閉塞板が設置される。

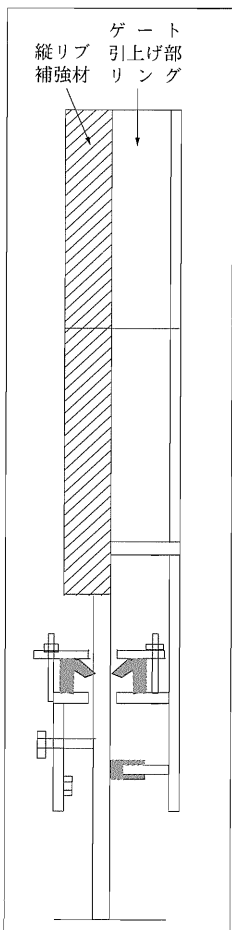


図-6 ゲート引上げ部リング

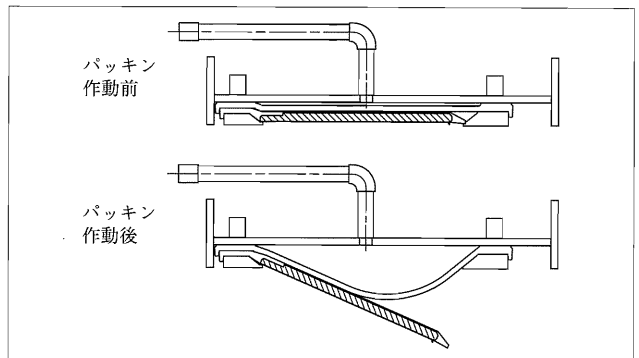


図-8 発進用パッキン例

パッキンは、シールドマシンの態様により、1段又は2段のパッキンが採用される。

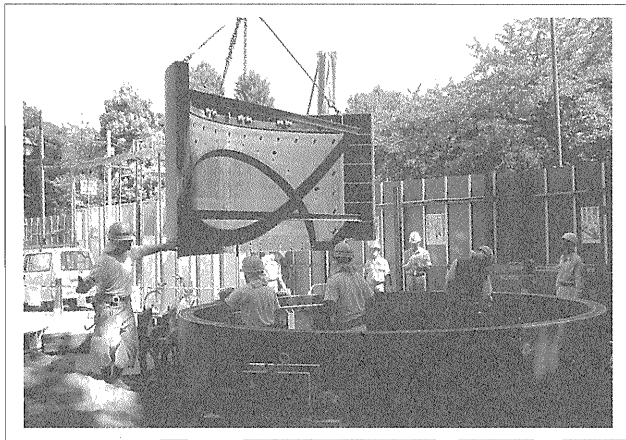
また本エントランスはボルトにより容易にスライドゲートに設置可能である。

4. 施工概要

(1) スライドゲート設置・沈設

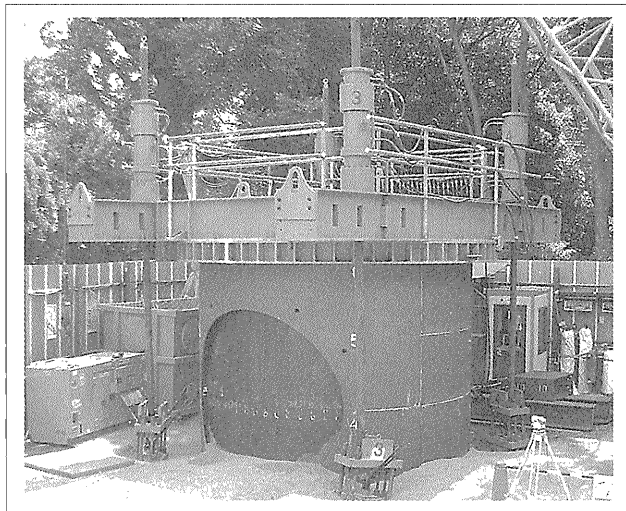
スライドゲートは地上でアーバンリングに組込んで沈設する。アーバンリングの一般的な施工法の説明は省略するが、スライドゲート(分割タイプの場合)に関する部分の施工方法は以下のとおりである。

- ① アーバンリングの所定の位置にスライドゲート下部ユニットを設置する。
- ② 下部ユニット高さ分のアーバンリングを組立て、圧入掘削する。なお、沈設しながらスライドゲート背面部の空隙に砂を充填する。
- ③ 下部ユニット接合面にシール材及び水膨張剤を貼付し、その上に上部ユニットを設置する。ゲート同士はボルトにより接合する (写真—2)。



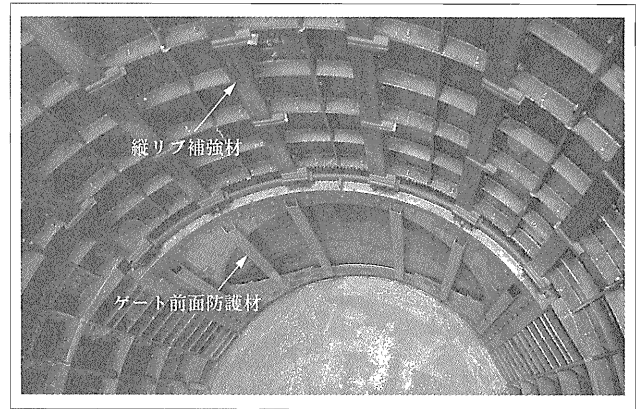
写真—2 上部ユニット設置状況

- ④ 上部ユニット高さ分のアーバンリングを組立て、圧入掘削する (写真—3)。



写真—3 上部ユニット圧入沈設状況

- ⑤ ゲート引上げ部リングを組立て、さらに縦リブ補強材を設置する。
- ⑥ 以下アーバンリングを組立て沈設し、立坑を完成する (写真—4)。
なお、施工上の留意点は以下のとおりである。
- ① アーバンリング圧入沈設装置のテンションロッドの長さは、スライドゲートの高さに応じた長さにする必要がある。



写真—4 立坑完成状況

- ② 特に到達の場合、ゲート部リング周面の裏込め注入は一般部の注入とは別系統として固結度が弱いグラウトを注入する (グラウトの塊がエントランスパッキンに悪影響を及ぼすのを防止するため)。
- ③ スライドゲート前面を掘削バケットによる損傷から防護するため、ゲート前面に溝型鋼の防護材を仮溶接する。

(2) シールド発進・到達

シールド到達の例について施工方法を説明する。

(a) 到達準備

ゲート前面防護材の撤去、作業用足場設置、基礎台設置、注入用バルブの設置等を行う。

(b) エントランス設置 (写真—5)

エントランスを吊り降ろし、スライドゲート前面にボルトで接合した後、配管、バルブ、ゲージ等を取付ける。

また、エントランス前面に閉塞板を設置する。



写真—5 エントランス設置状況

表-2 高濃度泥水配合例 (1 m³ 当たり)

A 液		B 液
クリーンバック助材	水	クリーンバック急硬材
170 kg	822 L	110 L

(備考) 粘性: 30,000 cP

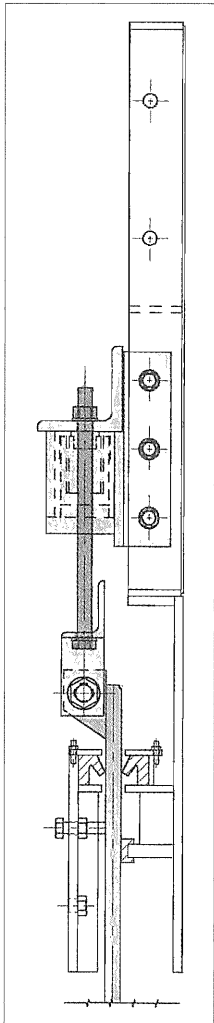


図-9 ゲート引上げ状況

(c) ゲート引上げ準備, 高濃度泥水充填

縦リブ補強材の撤去, ゲートの拔出し防止のためのゲートストップの設置, ゲート引上げ装置 (23 t ジャッキ 2 基) の設置を行う。

エントランス内に高濃度泥水 (表-2) を充填し, 地下水圧と同等になるよう加圧する。

(d) ゲート引上げ (図-9, 写真-6)

ゲート押し込みボルト, ゲート支持ボルトを緩め, ゲートをフリーの状態にした後, ゲート引上げ装置により引上げ, ある程度引上げた後負荷が軽くなったら, クレーンにて引上げる。所定の位置まで引上げたら, ゲートを固定する。

(e) マシン到達 (図-10)

マシン側から高濃度泥水を排出しながらマシンをエントランス内に誘導した後, エントランスパッキンを膨らませ, マシン外周に密着させる。

閉塞板に設置された止水検知用窓を開け, パッキンの止水状況を確認し, 漏水がないことを確かめ

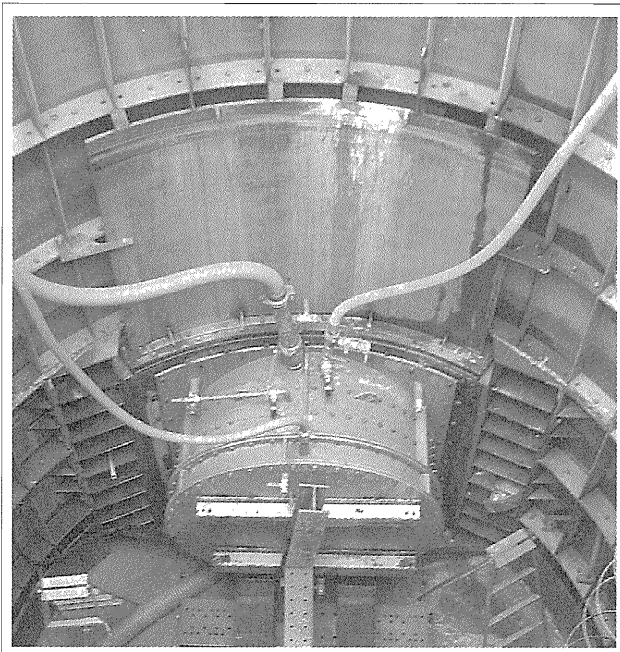


写真-6 ゲート引上げ状況

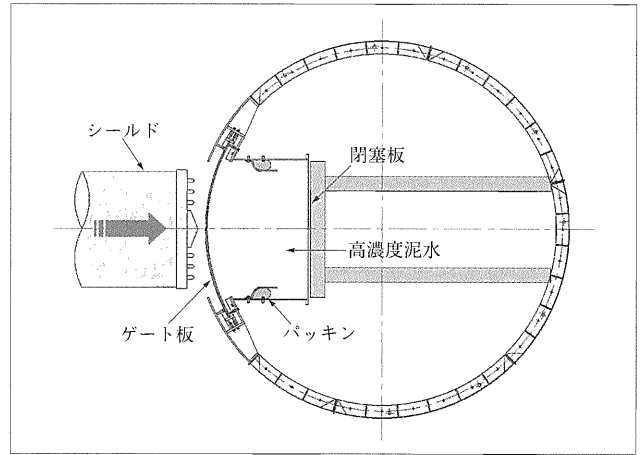


図-10 シールド到達状況

た後閉塞板を撤去する。

(f) 裏込め注入・エントランス撤去

スライドゲート前面のグラウト管から裏込め材 (表-3) を注入し, 高濃度泥水と置換する。

エントランスを撤去する場合は, マシン内側からも裏込めを注入する。さらに必要により, スライドゲート前面の注入用バルブを通じて止水注入も考慮する。

表-3 裏込め材配合例 (1 m³ 当たり)

A 液				B 液
クリーンバック 固化材	クリーンバック 助材	クリーンバック 安定剤	水	クリーンバック 急硬材
260 kg	60 L	3.0 kg	807 L	80 L

5. 耐水圧試験

スライドゲートの各パッキン及び分割ユニット接合部の耐水圧性能確認のため, モデル装置 (横 1.9 m, 縦 1.2 m) を使用して試験を行った (写真-7)。

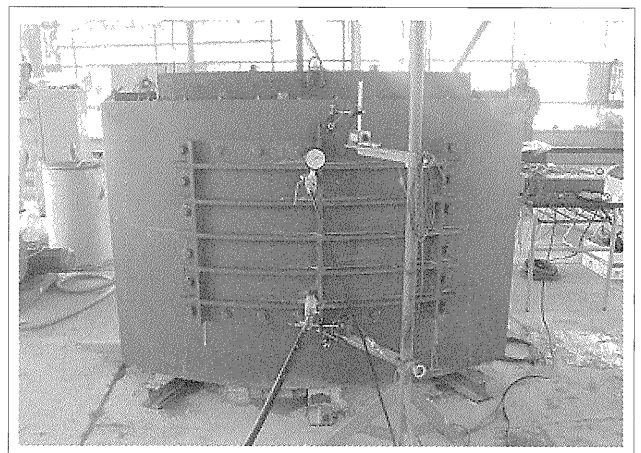


写真-7 耐水圧試験状況

(1) 背面加圧試験

スライドゲートモデル背面側の開口部を閉塞し、背面側に水圧をかけることにより、背面パッキン及びスライドゲートユニット接合部の止水性能を把握する。

(2) スリット部加圧試験

スライドゲートモデルの背面及び前面の開口部を閉塞し、ゲート前面及び背面を導通状態として水圧をかけ、スリット部ゲートパッキンの耐水圧性能を把握する。

試験結果は以下のとおりである。

- ① 背面パッキンの耐水圧は0.9 MPa である。
- ② セルフシールの耐水圧は1.0 MPa 以上である。
- ③ ゲート板接合部の耐水圧は0.9 MPa 以上である。
またユニット接合部（ゲート板接合部は除く）の耐水圧は1.0 MPa 以上である。

6. おわりに

スライドゲートは現在建設工事において求められている経済性、工期短縮、環境負荷軽減という課題を同時に満足させる非常に現代にマッチした工法であると考えており、今後各方面で活用されることを期待している。

最後に本開発の共同開発者でもある佐藤工業株式会社はじめ、ご協力いただきました皆様に深く感謝の意を表します。

JCMA

[筆者紹介]

佐藤 修一（さとう しゅういち）
JFE 建材株式会社
参与（スライドゲートプロジェクト）



建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約 2000 語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価 2,100 円（消費税込）：送料 600 円
会員 1,890 円（消費税込）：送料 600 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

新潟県中越地震から1年

—復興へ始動—

加藤 信夫

新潟県中越地震発生から1年の節目として、これまでの災害調査及び国、新潟県、関係市町の災害の検証と防災計画の見直し、災害復興計画、災害復旧の進捗と課題等の状況について、中山間地域、豪雪地帯という地理的条件における取組みを、その特異性を含め概要を紹介する。

キーワード：中山間地域、豪雪地帯、災害復興、復旧、災害調査、災害の検証、防災計画見直し

表一1 地震後1年の主な動き

	地震発生	地震発生後の1年			
	H16.10.23	H17.1月	4月	7月	10月
住宅・生業等再建		→			
避難所から仮設住宅へ	避難所	→ 仮設住宅			
ライフライン・二次災害防止等応急復旧	応急復旧				
地震後の豪雪対応		雪下ろし等			
復旧・復興計画策定			→ 災害復興計画		
災害査定・災害復旧		災害査定	→ 災害復旧		

1. はじめに

平成16年10月23日午後5時56分に発生したM6.8、最大震度7の新潟県中越地震から1年が経つ。地震被害状況は、死者51人、重軽傷者4,795人¹⁾、被害住宅129千世帯、最大時の避難者数103千人であり、9月末なお2,812世帯が仮設住宅で不便な生活を余儀なくされている。

新潟県中越地震は、平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災のビルや高架橋の崩壊・火災などの都市型災害に対比し、中山間地域の土砂崩れ・地すべり等の地盤災害として特徴づけられる。一時、全村が避難した旧山古志村（平成17年4月1日に長岡市に合併）の14集落をはじめ61山間集落の孤立に象徴される。

中山間地域は、本来、多様な文化や豊かさを保有している地域であるが、過疎化が進むなかで地震による壊滅的なダメージからの復興は、日本の豊かさの継承と創造の可能性において、ひとつのモデルとして注目されている。

本報告では、地震から1年を経た節目として、復興に向けたこれまでの取組み状況について述べたい。特に住宅の再建・生業の再建から復興に繋げる基幹となる公共土木施設の復旧では、中山間地域や豪雪地帯であるがゆえの課題も明らかになってきた。

2. これまでの経過

表一1に地震後1年間の主な動きを示す。地震から2カ月後には、仮設住宅3,460戸の整備も進み平成

16年12月20日までに避難者の入居も終了。これと併せ避難所も閉鎖された。全集落避難指示等の地域を除き積雪期の始まる12月末までにライフラインの応急復旧が完了した。また、2次災害の防止から芋川の東竹沢地区、寺野地区の河道閉塞対策の応急工事も12月28日までに完了し²⁾、ひとつの区切りを越えた。

一方、災害調査等に全国の国の機関、都道府県、市町村職員や団体など、延べ約12千人の応援・支援を得てきた。特に、災害査定については平成16年11月下旬に開始され平成17年1月末には終了出来た。新年度4月からの本格的な災害復旧始動の条件がほぼ整えられた。

当地域は豪雪地帯であり、特に、今冬は19年ぶりの豪雪となり、地震によって損傷した家屋の積雪荷重による倒壊が、除雪の労にもかかわらず157棟となった。そのうち83棟は地震による被害認定で全壊認定を受けた建物である³⁾。なお、地震による土砂崩落や地すべりの融雪による2次災害が懸念されたが、目立つ地すべりや土石流災害に至らなかったことはせめて

もの救いである。

当中越地域は、平成16年7月13日の集中豪雨でも五十嵐川、刈谷田川、猿橋川等の氾濫によって大災害を被り、これらを併せた災害復旧が併行して行われている。

平成17年3月1日に震災復興ビジョン策定懇話会は被災地域の市民と行政が復興目標をいつにできるような創造的復旧を柱にした「新潟県中越大震災復興ビジョン」⁴⁾を新潟県に対して提言を行った。新潟県はこれをもとに同8月に「新潟県中越大震災復興計画」⁵⁾を策定し、災害復旧・復興の具体的な手順と施策を明らかにした。

3. 災害調査の状況

新潟県中越地震災害に関する組織的な取り組みが行われた学術的な調査報告として、土木学会・地盤工学会合同調査団⁶⁾、中越地震新潟大学調査団⁷⁾、日本雪水学会・日本雪工学会合同の新潟県中越地震雪氷災害調査検討会⁸⁾、国土交通省国土技術政策総合研究所・土木研究所・建築研究所⁹⁾および国土地理院¹⁰⁾などが挙げられる。

阪神・淡路大震災時、全国の地震計の数は156箇所であったが、その後、全国の市町村を中心に配置され、平成17年4月には約3,800箇所となった。中越地方の19箇所の地震計のうち、小千谷に設置されている独立行政法人防災科学研究所の地震計で、震度7が観測された川口町役場の地震計記録より大きい計測震度が記録されていた。地震の周期は川口町役場の1.2秒に対して小千谷は0.7秒と小さく、その周辺では建物被害が比較的少ないにもかかわらず、多く発生した地盤の液状化や崖崩れに反応したのではないかと等、計測地震動調査からの報告⁹⁾がある。

一方、墓石の転倒などの被害の広域的な調査から、震源から同心円状ではない異常振動帯として、北北東-南南西方向と西北西-東南東が顕著であるとして、これは褶曲、主要な断層方向との見解である⁷⁾。これらの調査結果は、今回の地震が場所によって被害状況がずいぶん異なる実感を裏付けるものとして興味深い。

地盤調査としては、芋川の河道閉塞の地すべり^{6,7,9)}や平野部の旧河道と液状化の関係^{6,7)}などの調査が挙げられる。また、橋梁、土構造物、トンネル、鉄道、上下水道などのライフライン、建物などの被害調査^{6,7,9,10)}が行われている。一方、地震後の豪雪がもたらした複合災害について、道路、雪崩、家屋、融雪等について調査^{7,8)}も報告されている。

これらの調査は限られた期間内の速報的な成果であるとし、災害の特性を一層明らかにするための今後の分析が必要としている。

4. 災害の検証と防災計画への反映

平成16年に中越地方を襲った7.13豪雨災害および新潟県中越地震災害をもとに、災害の検証と防災対応の見直しと防災計画への反映が各機関で行われている。

(1) 北陸地方整備局

昨年の両災害とも、北陸地方整備局直轄の河川や道路管理施設の災害に比べ、地域の生活基盤に直結した県、市町村の災害が甚大であった。両災害などに対する当整備局や他の地方整備局の応援や支援の成果を踏まえ、国土交通省防災会議では、平成17年6月に、「災害時の自治体の応援、支援について」を決定した。排水ポンプ車、衛星通信車、照明車などの災害対策用機械や専門家など、人的・物的資源による応援・支援である。

新潟県中越地震時には、発生後3時間40分後に、東北地方整備局防災ヘリコプター「みちのく号」が長岡市上空に到達し、赤外線カメラで主に国道17号沿線の災害の甚大性をいち早く知ることができた。これらを踏まえ、本年7月末に当地方整備局に防災ヘリコプターを配備し、12月にはヘリテレ（ヘリコプターテレビ伝送システム）も搭載する予定であり、災害時のリアルタイムの情報収集能力を充実できることになる。

また、7.13水害時の排水ポンプ車等による応援実績¹¹⁾を踏まえ、自治体からの情報収集能力高めるため、自治体との連携や県庁など自治体にリエゾンを派遣することと、災害対策用機械の運用マニュアルの見直しを進めている。また、これに対応した防災体制の見直しも検討中である。

北陸地方整備局は平成18年1月に合同庁舎に移転することになっているが、災害時には、現在の手狭なところから広い災害対策室で対策本部を設置できることになり、広く情報共有を図った対応が出来るものと考えている。

(2) 新潟県および関係市町村

新潟県では、「新潟県地域防災計画」の見直しを行うため、本年5月に、「7.13水害、中越大震災の検証委員会」および「新潟県危機管理防災センター（仮称）検討委員会」を設置し、鋭意検討が進められた。現在、

県防災会議で地域防災計画の見直しに入り、平成18年度初めまでに新しい防災計画を策定することとしている。

その骨子は、情報収集、情報提供機能を高め、被害情報把握、住民の避難・安全確保、被災者支援を基本とし、風水害では時間の変化とともに事態が変化すること、地震災害は一瞬のうちの事態の変化の認識であることから、大幅な改善の見通しとなっている。なお、本年4月から新潟県庁では、24時間職員が常駐し危機管理に備えている。一方、長岡市では、職員の対応と体験をもとに「中越大震災一自治体の危機管理は機能したか」¹²⁾を公表し、他の自治体や防災関係機関の参考に供している。さらに、新たな防災体制の整備を目的に防災の専門家からなる「長岡市防災体制検討委員会」をこの10月に発足させた。平成18年1月に提言を得て、6月までには防災体制見直しに反映させることとしている。

他の市町村については、概ね新潟県の「地域防災計画」の見直しと連携を図り、防災計画の見直しを予定しているとのことである。防災計画に地震編などを有しない1自治体では、避難場所を含むハザードマップ等を盛込んだ防災ハンドブックを各戸に配布することで、当面、防災情報を提供する方針とのことである。

5. 災害復旧・復興計画

「新潟県中越大震災復興ビジョン」では、特に、中山間地域について、震災から10年後に至るまでの復興の経過を「2つの記録」として想定し、どちらを選択するか、興味深い提示をしている。そのひとつは、全国が注視する中、中越地震が「日本の中山間地の息の根を止めた地震」となり、「中越の轍を踏むな」の

失敗事例としての記録である。一方の記録は、不幸な災害を乗り越え、中山間地に残された「日本の原風景」といえる資産をも活用して、都市との交流が進み、子供たちの明るい声が響き渡り、復興を契機に「中山間地を再生・新生させた」との記録である。当然、本ビジョンは後者の記録獲得を提唱。新潟県は、これを復興の「新潟モデル」とすべく「新潟県中越大震災復興計画」に反映させ、災害復旧・復興の具体的な手順と施策を明らかにした(表-2)。

一方、山古志村は、全村が避難している村民が希望を抱けるよう強い意志で、早い段階の同3月に「山古志復興プラン」¹³⁾を策定し、「帰ろう山古志へ」と帰村の目標時期を平成18年9月に設定した。復旧復興の基本的考え方、スケジュール、方針および8つのプロジェクトについて取上げている。これらは合併後の「長岡市復興計画」¹⁴⁾、新潟県の復興計画に反映されている。

また、小千谷市¹⁵⁾、十日町市¹⁶⁾、栃尾市¹⁷⁾、川口町においてもすでに復興計画が定められ、新潟県計画と整合が図られている。これらのスケジュールは、地震発生後概ね10カ年(平成26年)を目標年とし、地震発生後の3カ年を復旧段階、同6カ年を再生段階、同7カ年以降を発展段階としている。なお、魚沼市においても現在総合計画と併せ同計画を策定中である。

6. 災害復旧の進捗状況と課題

(1) 災害復旧の概要

表-3に示すように、中越地震関連の土木系災害復旧費の全体額は1,684.8億円である。このうち北陸地

表-2 「新潟県中越大震災復興計画」施策・事業展開

			復旧段階		再生段階		発展段階	
			H17	H19	H22	H26		
生活再建支援策	住宅再建	生活再建	→					
		生活支援	→					
	生業再建	→						
	生活基盤の復旧	→						
	中山間地域の復興	→						
復興施策	産業・観光の復興	→						
	まちの再生	→						
	災害に強い県づくり	→						
	震災の経験と教訓の継承・発信	→						
	砂防施設	→						

表-3 中越地震災害復旧関係事業費

(単位：決定ベース、億円)

工種	全 体		直轄工事		県 工 事		市町村工事		
	箇所数	金 額	箇所数	金 額	箇所数	金 額	箇所数	金 額	
土木施設	河 川	491	193.2	46	79.5	417	110.2	28	3.5
	道 路	2,663	910.2	59	156.4	926	498.1	1,678	255.7
	橋 梁	89	34.6			44	27.0	45	7.6
	砂防施設	74	31.0			74	31.0		
	下水道	290	182.9			21	16.0	269	166.9
	公園	39	7.4	2	0.6	3	0.5	34	6.3
	官庁官籍	3	0.9	3	0.9				
	計	3,649	1,360.2	110	237.4	1,485	682.8	2,054	440.0
土砂災害関連緊急事業	砂 防	16	106.2	10	86.0	6	20.2		
	地すべり	52	174.4			52	174.4		
	急傾斜地	13	26.7			13	26.7		
	同(特例)	7	6.5			7	6.5		
	計	88	313.8	10	86.0	78	227.8		
県から市長村へ補助	がけ崩れ	20	6.8					20	6.8
	同(特例)	22	4.0					22	4.0
	計	42	10.8					42	10.8
合 計	3,779	1,684.8	120	323.4	1,563	910.6	2,096	450.8	

方整備局担当の直轄が323.4億円である。これには、旧山古志村の芋川の東竹沢、寺野沢などの河道閉塞対策等直轄施工することになった「直轄砂防災害関連緊急事業」および国道291号の「直轄権限代行による災害復旧事業」²⁾をも含む。新潟県が910.6億円、市町村が450.8億円であり、その比率はそれぞれ19%、54%、27%と新潟県のウエートが高い。工種別には、道路が最も比率が大きく全体の54%を占める。中山間地を中心とした地盤災害の復旧として、土木施設を除く土砂災害関連緊急事業と県から市町村への補助の砂防、地滑り、急傾斜地、崖崩れが全体の19%も占めている。これに加え、例えば道路では、谷側路肩斜面・山側斜面崩壊などにみられるように、地盤災害に関係したものが多く。

新潟県は、復旧事業が集中する長岡市山古志地域、同太田地域、小千谷市東山地域、川口町の4地域の工程表を示す¹⁰⁾とともに、地域住民の理解・協力、地域や現場の安全確保、円滑で効率的な復旧事業から、官民を含めた関係機関の情報共有、連絡、調整等の連携を図ることを目的に、平成17年5月に国、県、関係市町村および関係機関からなる「中越大震災・7.13水害復旧事業及び公共事業連絡調整会議」が設置された。さらに、市町村単位やブロック単位で連絡協議会や、工事の安全協議会が設置され工事が進められている。

(2) 災害復旧の進捗状況

土木関係の災害復旧は、生活再建など復興の基幹になる事業である。特に中山間地域においては、砂防・地すべりなどの安全基盤や道路の復旧の後、周辺の復旧が始まる。今でも全村に近い住民が仮設住宅などで避難している旧山古志村などでは、生活の再建と生業を営む見通しを担保する要でもある。当災害復旧は、国庫負担法により平成19年度末までであるが、豪雪地帯で冬期の工事が困難であり、復旧の進捗管理がひとつの重要なポイントとなっている。

災害復旧の発注関係業務は、3月から本格化され平成17年度4月以降も、新潟県が27都道府県から47名、関係5市町村では23都道府県に及ぶ66都市区から81名の自治体からの職員の派遣（派遣元と併任）を受けて鋭意進められている。

災害復旧工事の契約状況は、9月末で災害箇所ベースで直轄、新潟県、市町村の全体で8割台となったが、契約金額ベースでは、箇所ベースより小さく12月末までに100%に近づけるよう組織を挙げた取組みが行われている。

(3) 災害復旧事業を進める上での課題

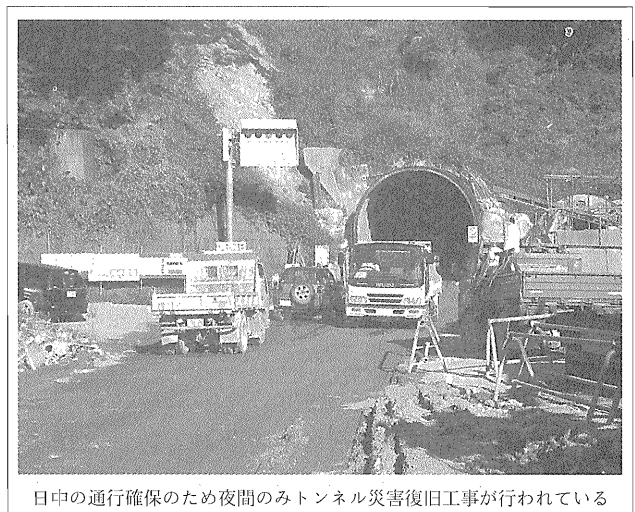
(a) 集中する復旧工事と豪雪地帯の工程管理

① 中山間地域

災害復旧工事の契約は進捗し、着工の条件が整いつつあるが、中山間地域では次の理由から工事がはかどらない要素を持つ。

道路の災害復旧は路線上に連続的であり、中山間地には迂回路が少なく、迂回路がある場合でもそこに災害復旧箇所を多く持つ。むしろ、1本道が多く、片押し of 工事にならざるを得ない場合が多い。国道、県道の奥に市町村道、林道、農地また地すべりや砂防の災害復旧が控えているが、奥の方ほど着工が遅れる。

例えば、旧山古志村の県道柏崎高浜堀之内線羽黒トンネルの災害復旧工事では、迂回路が無く、日中は他の工事車両の通行を確保するため、夜間のみ工事を行っている。また、旧山古志村に隣接する、小千谷市塩谷集落内の災害復旧工事は、集落に繋がる途中道路が被災による通行止めで着手の見通しが立ち難い状況にある。このような状況が多く生じているなかで、直轄での国道291号及び土砂災害関連緊急事業等の工事用道路の先行は、当地域の工事進捗に果たす役割が大きい。



日中の通行確保のため夜間のみトンネル災害復旧工事が行われている

写真一 羽黒トンネル日中の工事車両通行状況

② 平地及び市街地

下水道の敷設されている区間の道路災害復旧は、下水道の災害復旧を伴うことが多い。下水道の復旧が完了してから道路の災害復旧である。下水管路の上部に上水道が敷設されており、上水道を仮移設した後、下水道の復旧後、上水道を元に戻す。道路の災害復旧までには長い工期が必要になる。

③ 豪雪への対応

当地域は豪雪地帯であり、特に中山間地域では工事を中止せざるを得ない時期もあるので、これを見込ん

だ工事の進捗に配慮していかざるを得ない。

(b) 建設副産物対策

災害発生後直ちに実施した応急復旧工事において、発生したアスファルト塊により、被災地に立地する中間処理場の仮置き場が軒並み飽和状態に陥った。さらに建設副産物の大量発生が予想される本格復旧工事の際し、再生アスファルト材の積極的な利用を図り、リサイクルの環を円滑に循環させることが非常に重要になった。

このため、平成17年3月より9月まで関係機関により、「中越地区災害復旧資材及び建設副産物対策連絡会議」を概ね2カ月毎に開催し、検討を行っている。

中越地区の災害復旧を含む公共工事で、平成17年度にアスファルト塊については、発生量76万 m^3 、再利用率88%が見込まれ、コンクリート塊は43万 m^3 、再利用率100%が見込まれる。建設発生土については、平成17年9月～18年3月までに発生土量は170万 m^3 となり、150万 m^3 が残土として見込まれる。アスファルト塊については、グリズリーアンダー材の路床盛土までの拡大や再生合材プラントにおいて再生材混入率を上げるなど再利用率の向上を図ることとしている。残土については、再利用先、処分先を探す等の対応が必要であるが、量が多いことから今後の課題である。

(c) 景観の再生と創出

中山間地では、「災害で風景が一変した」との言葉にあるように地震により、景観も破壊的なダメージを受けた。災害復旧、復興にあたっては、棚田などの里山の風景の復旧、再生、創出が求められており、観光など都会との交流を視野に入れた今後の取組みが課題となっている。

北陸地方整備局では、被災した中越地域を対象に「道」を通して地域の復興と活性化を支援する具体策について協議する「ふるさとニッポン よりみち街道『中越』推進協議会」を学識経験者、新潟県、関係市町、関係団体と平成17年10月に発足させた。

また、民間を含めたより良い景観づくりについて、景観法に基づく景観行政団体としての景観区域などを指定した施策およびまちづくり交付金の制度の活用が場所によっては検討される必要がある。

7. おわりに

「震災から1年」というテーマで、県、市町村の防災担当、土木系公共事業担当部局から出来るだけ広く情報収集を行うよう努め、ここにその状況を示した。

現在、復旧工事が軌道に乗ってきたときである。これから積雪期を迎え、特に中山間地域では、工事中断など復旧に時間を要することになる。この負の要素を好機と受け止め、一層、良好な里山づくりなど良い復興に繋がる復旧を考える「神が与えた時間」の認識に立ちたい。

地震から1年、追悼式、復興記念式典、これからの復興を祈念した講演会やシンポジウム、コンサートや展示会などが数多く行われてきた。これらが、社会経済の変革の中で、今後の復興に向けた更なる課題の発掘と対応のエネルギー醸成の場になって欲しいと思う次第である。

JCMIA


《参考文献》

- 1) 新潟県中越地震災害対策本部：「平成16年新潟県中越地震による被害状況について（第166報）」、2005.10.14現在
- 2) 国土交通省北陸地方整備局：「平成16年度新潟県中越地震による被害と復旧状況（第2報）」、2005.1
- 3) 新潟県融雪災害警戒本部：「雪による家屋等被害（建物滅失）状況」、2005.5.10現在
- 4) 震災復興ビジョン策定懇話会：「新潟県中越地震復興ビジョン」、新潟県、2005.3.1
- 5) 新潟県：「新潟県中越地震復興計画」、「新潟県中越地震復興計画事業概要書」、新潟県、2005.8
- 6) 土木学会（第1次）・地盤工学会合同調査団：「調査速報」、Ver.1.0、2005.1.11
- 7) 新潟大学・中越地震新潟大学調査団：「新潟県連続災害の検証と復興への視点—2004.7.13水害と中越地震の総合的検証—」、新潟大学・中越地震新潟大学調査団、2005.8
- 8) 新潟県中越地震雪氷災害調査検討会（日本雪氷学会、日本雪工学会合同）「地震後の豪雪を乗り越えて—中越地震地2005豪雪が残した課題—」、2005.5.19
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)土木研究所、(独)建築研究所：「平成16年（2004年）新潟中越地震被害に係わる現地調査概要」、2005.1
- 10) 国土地理院企画部：「国土地理院の災害対応—2004年新潟県中越地震—」、国土地理院技術資料A・1-No.299、2005.3
- 11) 国土交通省北陸地方整備局・新潟県「平成16年7月新潟・福島豪雨（第2報）」、2004.7
- 12) 長岡市災害対策本部編集：「中越地震—自治体の危機管理は機能したか—」、ぎょうせい、2005.7.15
- 13) 山古志村：「山古志復興プラン」、山古志村、2005.3
- 14) 長岡市：「長岡市復興計画」、長岡市、2005.8
- 15) 小千谷市：「小千谷市復興計画」、小千谷市、2005.7
- 16) 十日町市：「十日町市復興計画」、十日町市、2005.9
- 17) 栃尾市：「栃尾市復興計画—見直そう栃尾—」、栃尾市、2005.8
- 18) 新潟県長岡地域振興局：「長岡地域震災等復旧・復興事業実施計画（工程表）」、新潟県長岡地域振興局、2005.8

【筆者紹介】

加藤 信夫（かとう のぶお）
国土交通省
北陸地方整備局
企画部
環境調整官




 ざいそう

天と地の隔たり

河村 壮一



中国が有人宇宙船「神舟6号」の打ち上げに10月12日成功した。2年前の第1回に続きこれが2度目になる。5日間にわたる宇宙飛行では、二人の飛行士が宇宙服を脱いで船内を動き回り、育種などの科学実験に取り組む予定とのことである。中国の宇宙開発にかける意気込みと成長への強い意欲がひしひしと伝わってくる。

これに先立つ7月末から8月初めのこと、アメリカがコロンビア号の事故以来2年半ぶりに打ち上げたスペースシャトル「ディスカバリー」は、国際宇宙ステーションとのドッキングに成功し、ミッションを完遂して無事地球に帰還した。船外活動で耐熱タイルの修理など見事な成果を挙げた日本人宇宙飛行士・野口聡一さんらの活躍ぶりは、生中継で日本にも伝えられ、子供たちばかりでなく多くの人々に興奮と感動と未来への夢を与えた。

これら宇宙における夢と希望に溢れためざましい活躍の反面、地上における現実「悲惨」の限りである。10月8日にパキスタン北部で発生したマグニチュード7.6の地震で、カシミール地方を中心に首都イスラマバードも含め甚大な被害が生じた。石積みの平屋や2階建ての住宅が崩壊して瓦礫の山となったほか鉄筋コンクリート造の学校や中層住宅もパンケーキ状に崩れ落ちた。死者は4万人にも上ると伝えられている。日本からも緊急援助隊が派遣され被災者の救出活動に当たった。傷を負い家族と家を失って寒風に身を震わせ飢えている人々の姿はまことに痛ましい。

8月末にアメリカ南部を襲ったハリケーン「カトリーナ」は、ニューオーリンズ市の8割を水没させ、1,000人を超す死者と50万人にも及ぶ避難民を生んだ。石油精製施設の被災により原油価格が高騰したり、防災施策や救援措置の遅れに対する住民の不満が政府に対する不信感を生むことにもなった。引き続き襲来したハリケーン「リタ」の分も合わせると、被害総額

は1,300億米ドルにも上るといふ。世界一の先進国アメリカにおいてすら、このような自然災害に対し脆弱であったことは、ある種の驚きでもあり、アメリカ社会の襲と脆さを感じさせるものでもあった。

科学技術の進歩は、夢を現実のものとし人類の生活を豊かにするうえで必要不可欠である。しかし、それは地に足をしっかりと踏まえ、堅実でバランスのとれたものでなければ危険である。わが国における昨今の先端技術分野の目覚ましい進展は、人々の生活の豊かさや利便性を増し、国際競争力を強化するという面で大いに評価されてよい。ただし、それと同時に国民の生活の基盤である住宅・都市インフラストラクチャを整備し、安全で安心して住まうことのできる快適で魅力ある生活環境を構築することも、同時に行われなければならない。頭でっかちで足腰の弱い社会では世界に伍していくことも世界から信頼されることもない。

生活インフラストラクチャの整備が必要であることは万国共通であり、特に発展途上国においてはその必要が大である。現在、東南アジア、インド、アラビア、アフリカ、トルコ、東ヨーロッパなどにおいて交通、エネルギー、公共施設など社会インフラストラクチャの建設が活発化している。ダム、橋梁、トンネル、高層建築、環境浄化関連など日本の誇る建設技術が、これら海外での住環境整備に役立っていることは、わが国建設産業の国際的発展という観点のみならず、世界の人々の幸せにつながるという点からも、喜ばしいことである。

昨今の「天と地の隔たり」を感じさせる一連の出来事は、光と影の織り成す世界の現状をまざまざと見せつけた。「まずは地上にこそ楽園を！」と思うのは私だけだろうか？

—かわむら そういち 大成建設株式会社常務役員、
技術センター長兼原子力本部長—

ざいそう

恩返し

大澤 龍一



私の記憶は、おおよそ小学校に通い始めた頃から、部分的に頭に残っているようである。

その当時も、70件ほどの集落だったが、住民は大人も、子供もみな顔見知り、どこの家で何があるか、すべて共通認識。子供のけんか等は日常茶飯事であったが、年長者がうまくなだめ、舵取りをしてくれた。いわゆる地域の中での集団生活みたいなものである。

農村においても、まだ機械化されておらず、各家庭の大人はみな農作業にかかりきりの時代である。子供は朝から日暮れまで、群れをなして遊びんでいたものだ。地域の大人みんなが親代わりみたいなもので、わけ隔てなく、良いことは良い、悪いことは悪いとはっきり教えてくれた。いまの時代のような、いじめ、はなかったように思う。テレビもまだ数件しか普及していない時代である。そういう環境で育ち、親、大人の言うことは絶対であった。その中で叱られ、教えられ、今でも物事を考え、創造するときには様々なところで役に立っている。

記憶に残っていることで、ご飯は「こぼしたら拾って食べる、人に食べられる為に1年掛けて実ったもの」とよく言われたりもした。そういう話にも後があり、人間一人一食一合、1日三合、要は1日一坪の広さで採れる米を食べている。昔の人は一反360坪で1年食べたと聞かされてきた。その話を、今の田圃の規格に当てはめると少し違っているようだ。一反が300坪であり、何時の頃から違ったのか、太閤検地の頃なのかよくわかっていない。その当時、私はまだ小学生であり、中身は理解してもいなかったと思う。ただ、ものの存在と考え方、ものを大切にする意味を教えてもらったと思っている。いまの飽食の時代、大量消費の時代にも心に留めておきたいものである。

それから私が中学生になる頃までに、時々近くの神社に、よく榊を上げに行ったこともあった。「行った」と言うよりも行かされたと言ったほうがいい。それも

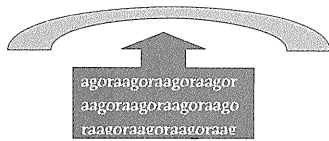
その当時は、ただ行って水を替え、榊を替えてお参りしてただけだった。後になり、その行為そのものよりも、それを行う心のあり方と思うようになった。とかく社会生活のなかで、物事に対する不平、不満、欲望、願望はすべて自分の心次第であり、その気持ちのコントロールで結果は出てくると思っている。私にそれを行わせたのは、その心をいつか理解するだろうと思う気持ちからなのか、良い方に解釈をした。

時代が過ぎ、家族、周りを見渡した時、何か自分がやるべきことを忘れてきたような気がする。周り、地域とともに生きる気持ちなのかもしれない。自分にはまだそれだけの気持ちのゆとりがないのかもしれない。「温故知新」ではないが古いものを知り、受け入れ、良いものは現代にマッチしたものにしてゆきたいものである。

現在、私は建設機械の販売店に勤務しており、サービス部門も担当している。「企業は人なり」の言葉にあるように人づくりが重要な課題である。人づくりには、営業職、サービス職、事務職と分野はあるにしろ、やはり物事の文化、歴史、原理原則、想いも伝えなければならない。とりわけサービス職では体で覚えることも重要である。特に技術職は昔から徒弟制度なるものがあるが、最高の人づくりと思っている。親方の技量、技術のみならず、気持、考え、方法、効率、どれをも伝承してくれる。企業にとっては、世の中の高齢化社会、少子化に対応した現代版徒弟制度、それは豊富な教育機材、人材を駆使して取り組んでゆかねばならないと思っている。

とりわけ、身近なものから周囲に感謝、地域に感謝で、接する人に繋げていきたいものである。

—おおさわ りゅういち 中日本キャタビラー三菱
建機販売株式会社北陸事業部長—



携帯電話の今後の動向

川野輪 滋 美

この10年、携帯電話の急速な進歩と普及は、人々の暮らしを大きく変えた。小型軽量化、購入価格や通信料金の大幅低下等により広く普及し、機能の向上とインターネットの利用により、携帯電話の使い方の幅を広げた。

今後もデータ通信の高速化が更に進行し、音楽や画像や動画データをサクサク送ったり受けたり出来るようになり、新しい便利な機能がどんどん加わって行く。まだまだ進化を続け世の中を変えて行く「ケータイ」について、その内容を紹介する。

キーワード：第3世代の携帯電話（3G）、W-CDMA、モバイルマルチメディア、おサイフケータイ、テレビ・ケータイ、第4世代の携帯電話（4G）、ユビキタスネットワーク社会、RF タグ

1. 携帯電話の現状

（1）携帯電話の進化

携帯電話は、1G、2G、3Gと進化した。「G」とは「Generation」の略で「世代」を意味する。

（a）1G（第1世代）

1Gの携帯電話は、「音声中心」のいわゆる「アナログ方式」で、携帯電話の歴史の中では、「自動車電話」や初期の携帯電話がこれにあたる。なお、日本では1Gの携帯電話サービスを終了している。

（b）2G（第2世代）

2Gは1993年に開始された「デジタル方式」の携帯電話サービスで、2Gからは留守番電話や転送電話などの付加サービス、eメールやWebアクセスといったモバイルインターネットなどが利用可能となった。

（c）3G（第3世代）

固定電話並みの高品質な音声通話、384 kbps（W-CDMA*1方式の場合）と高速なデータ通信、更にテレビ電話、動画像の送受信といった機能を持つのが3Gである。3Gの携帯電話のキーワードは「モバイルマルチメディア」。携帯電話で気軽に文字や画像、動画、音楽、音声などを楽しむことができるようになった。

*1 CDMAは第3世代の携帯電話が採用している通信方式。各ユーザは同一周波数を共有し、ユーザ毎に異なる拡散符号を使用し、周波数/電力が広がる（拡散する）ようにして通信を行う。従来のCDMAの周波数帯域は1.25 MHzであるが、W-CDMAは5 MHzと広い周波数帯域を使用し、より高速通信に対応。

（2）小さな箱に詰められた機能

携帯電話には、電話、時計、電卓、手帳、辞書、インターネット接続やマルチメディア処理などを行うパソコン、ボイスレコーダ、音楽プレーヤ、デジタルカメラ、ゲーム機、GPS受信機、ショッピングのための財布（電子マネー）、映画館やイベント会場などのチケット、クレジットカード、鍵（入退室カード）、交通機関の定期券、赤外線リモコン、ラジオ、テレビなど多くの機能が、小さな箱に詰められて入っている。

2. 携帯電話の今後の動向

（1）サービスの多様化

（a）非接触ICチップ搭載

非接触IC（FeliCa*2）チップを搭載した「おサイフケータイ」が、各通信事業者から発売している。ケータイ財布として、各店舗での利用、自動販売機のドリンク購入、映画館やイベント会場のチケット、航空機の搭乗手続き、レンタルビデオなどの会員証、ポイントカードなど、多くのサービスを開始している。

また、JR東日本から定期券を搭載した「モバイルSuica」が、2006年1月にサービス開始される。

（b）テレビ・ケータイ

携帯電話向けデジタルテレビ放送（1セグメント放送）が2006年4月に開始される。動画像符号化は

*2 FeliCa：ソニーが開発した非接触ICカードの技術。13.56 MHzの電波を使用し、10 cm程度の近接で無線通信を行う方式。

H.264 という MPEG-4^{*3} よりも圧縮率が高い方式を採用し、デジタル方式なので、移動時も乱れない安定した画質が期待できる。また、携帯電話のメモリーに録画し、後で再生して楽しむこともできるようになる。

(c) ナンバーポータビリティ (MNP)

携帯電話は、事業者を切替えると電話番号も変わってしまい、事業者の変更は、新しい番号を知人などに周知する手間が煩わしく、障壁になっていた。

ナンバーポータビリティは、加入者が別の事業者に契約を切替えても、元の番号がそのまま使える制度で、2006年10月に実現する見込みとなっている。

(d) 緊急通話

総務省は、2007年4月から発売の全ての3G携帯電話に、GPS受信など位置情報機能を搭載することを義務付けると発表した。ユーザの位置情報(経度、緯度、精度情報)と電話番号を、携帯電話の緊急通話で警察機関、消防機関、海上保安機関に通報するシステムで、安心できる社会を目指すものである。

(e) 通信事業者の新規参入

携帯電話は現在、800MHz帯、1.5GHz帯、2GHz帯の周波数を使用し、NTTドコモ、KDDI、ボーダフォンがサービスを提供している。

総務省は新たに1.7GHz帯を携帯電話に割り当てた。「全国バンド」は、新規事業者(最大2社)を年内に決定する予定になっていて、ソフトバンク、イーアクセスが参入を表明し、2006年~2007年にはサービスを開始する。

「東名阪バンド」は、周波数のひっ迫に応じて基準を満たす事業者(最大4社)に割り当てるとしている。

また、2GHz帯もTD-CDMA^{*4}という、データ通信に適した新たな通信方式に割り当て、アイピーモバイルが参入を表明した。

(2) 高速データ通信の進展

(a) 通信速度の変遷(図-1)

第2世代のPDC(Personal Digital Cellular)方式は、1993年に2.4kbpsの通信速度でサービスを開始し、以降9.6kbps、28.8kbpsと高速化した。また、KDDIが採用したcdmaOneは、1998年に14.4kbps

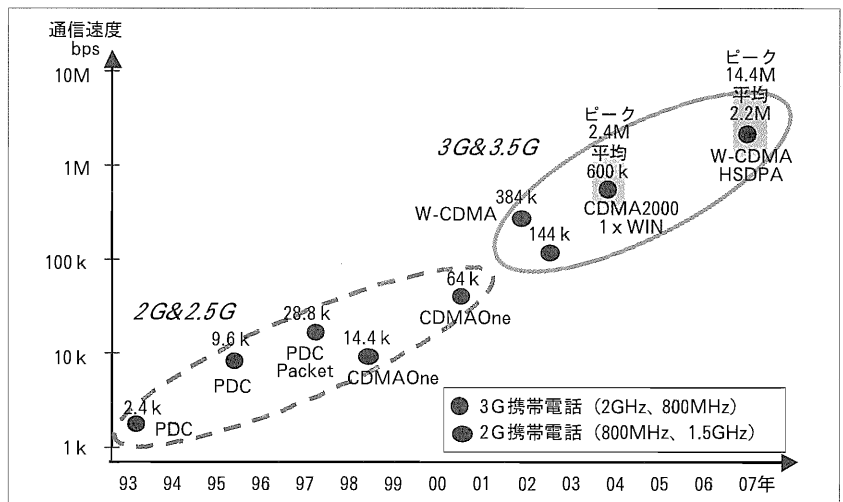


図-1 通信速度の変遷

で開始し、以降64kbpsまで高速化した。

第3世代のW-CDMAは、NTTドコモが2001年に開始し、下り(基地局から携帯電話に送信する方向)384kbpsを実現した。また、KDDIが採用のCDMA2000 1xは下り144kbps、CDMA2000 1X WINでは下り平均600kbpsと高速化した。

(b) 3.5世代の携帯電話(3.5G)

NTTドコモはHSDPA^{*5}(High Speed Downlink Packet Access)という新しい通信方式を採用し、2007年頃に下り最大14.4Mbps、平均2.2Mbpsと高速化することを予定している。現在の通信速度(384kbps)に比べると最大で37.5倍高速化されることになり、「Superサクサクなパケット通信!」が実現する。

(c) 第4世代の携帯電話(4G)

2001年に情報通信審議会が答申した第4世代の移動通信システムの主なイメージは、

- 下り50M~100Mbpsを2010年までに実現、
 - ホットスポットでも利用可能な100Mbps以上を実現、
 - 高精細な動画像伝送を含むマルチメディアモバイル通信、
 - 次世代Bluetooth、無線ホームリンク等、近距離無線リンク及びデジタル放送等、他メディアとのシームレス性、
 - 5G~6GHzより下の周波数帯域が候補、
- などである。

NTTドコモは実験環境で、下りの通信速度が静止時1Gbps、移動時100Mbpsを達成したと発表した(2004年12月)。通信方式はCDMAとOFDM^{*6}を組

*3 MPEG-4:現在の携帯電話が採用している動画像符号化方式。

*4 TD-CDMA:基地局と端末間の、上りと下りの周波数の割当て時間の比率を変えられ、モバイルADSLとも呼ばれている。

*5 HSDPA:携帯電話と基地局間の、電波状態が良い時は高速な通信方式とし、悪い時は低速な通信方式とする方式を採用。


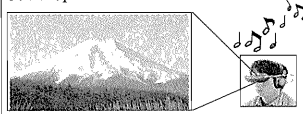
合わせた方式を開発し、MIMO という方式で、複数アンテナで並列に送受信し、高速化した。

(3) サービスの高度化 (表一)

100 Mbps を実現すると現在より 260 倍高速化し、10 MB^{*7} のファイルのダウンロードに 260 秒かかっていたのが、1 秒と大幅に短縮される。携帯電話で撮影した動画を添付して e メールしたり、Web にアクセスして音楽や、より高精細な動画コンテンツを受信するなどの用途がますます広がる。

オーディオ、ビデオは臨場感があり、あたかもその場所で聞き、見るようなよりリアルな立体音響、高精細な立体映像が可能になる。

表一 サービスの高度化

世代	第3世代 (3G)	第4世代 (4G)
通信速度	384 kbps (W-CDMA)	100 Mbps (260 倍)
ファイルダウンロード	260 秒 10 MB	1秒 10 MB
画像 映像 サウンド	QVGA 240×320 ピクセル QVGA 320×240 ピクセル 64 kbps 	QUXGA 3,840×2,400 ピクセル(120倍) Hi-Vision 1,950×1,080 ピクセル(27倍) 384 kbps 
リアリティ	12.2 kbps 音声 64 kbps テレビ電話	100 Mbps 立体音響, 立体映像, 触覚・臭覚・味覚通信

(4) ユビキタスネットワーク社会の到来

あらゆる生活の場に組込まれたコンピュータから、「いつでも」「どこでも」「なんにでも」、ネットワークに接続し、便利さと快適さをもたらす、ユビキタスネットワーク社会が始まった。

携帯電話はユビキタスネットワーク社会を実現する重要なツールで、「おサイフケータイ」のサービスが既に始まっている。更に、非接触 IC チップを埋込んだ RF タグを物に取付け、携帯電話で RF タグを読み書きすることで、新たなサービスが提供される。

以下に携帯電話の新たなサービスの一例を示す。

(a) 歩行者支援

国土交通省は、RF タグと携帯電話などとの連携による歩行者支援の実用化の実証実験を進めている。

歩道、交差点、地下街、公共施設、交通機関、住所表示板などに RF タグを設置し、携帯電話で RF タグを読み取り、歩行者に位置情報や関連情報を提供する。更に、高齢者や体の不自由な人などに、目的地までの

歩行経路を音声でガイドするサービスを提供する。

(b) 農産物トレーサビリティ

生産者は、農産物の産地、品種、収穫日時、トレーサビリティセンターの URL などを記録した RF タグを農産物に貼付ける。

消費者は小売店の店頭で、農産物に貼られた RF タグの情報(産地、品種、収穫日時、トレーサビリティセンターの URL など)を、携帯電話で読取る。URL にリンクすると、より詳細な農産物情報や料理法などを知ることができる。

(c) 家庭生活支援

外出先から帰宅する途中、位置情報と連携し、携帯電話から、自宅のエアコン、炊飯器、風呂の給湯などが帰宅時に最適な状況になるようにする。

外出先で、携帯電話により自宅の冷蔵庫内の食品に貼られた RF タグをチェックし、中身を確認でき、買い物が便利になる。

携帯電話向けデジタルテレビ放送のクイズ番組に参加し、出演者と正解を競い合う、といったことが可能になる。

3. おわりに

携帯電話が爆発的に普及し、人々の暮らしの必需品になり、社会の仕組みを変えた。

また、世界の携帯電話の加入者数は、2004 年半ばに 15 億人に達した (ITU 発表)。一方、モバイルインターネットの利用は、日本と韓国がトップで、日本は世界の携帯電話の進化を牽引している。

携帯電話の経済的波及効果は大きく、関連技術は裾野が広い。その技術革新と発展は、人々に便利で快適な生活をもたらすものと期待される。

最後に、いろいろとアドバイスを頂いた、パナソニックモバイルコミュニケーションズ株式会社技術研修所顧問・大津健二様に感謝申し上げます。 JCM A

《参考文献》

- 1) パナソニック モバイルコミュニケーションズ株式会社技術研修所編：携帯電話の不思議、(株)SCC 発行
- 2) 大津健二；仕事とパソコン、2005 年 10 月号 pp.67-71 「携帯電話の「不思議」が氷解する Q&A」、(株)研修出版発行

【筆者紹介】

川野輪 滋美 (かわのわ しげよし)
松下電器産業株式会社
パナソニックシステムソリューションズ社
ソリューション本部システム技術センター
ターミナル技術グループ

*6 OFDM：地上デジタルテレビ放送や無線 LAN が採用していて、信号を多数の搬送波に分割し、高密度に並べて通信する方式。

*7 10 MB：デジタルカメラなら、300 万画素の写真で 5~15 枚分の容量に相当。音楽データなら、3~5 時間分の容量に相当。

JCMA 報告

■見学会報告

京極発電所上部調整池現場／
株式会社カナモト苦小牧機械
整備集約センター

建設業部会

1. はじめに

建設業部会では部会の事業活動として、各地の代表的な建設現場の見学会等を実施しているが、秋季見学会を平成17年9月8～9日に開催したので報告する。

今回の見学場所は、初日に情報化施工（IT 施工）システムにより工事を実施している鹿島・大林・飛島・伊藤組共同企業体京極発電所上部調整池 JV 工事現場を、2日目は北海道で幅広くレンタル事業を行っている株式会社カナモト苦小牧機械整備集約センターの見学を19名の参加者で行った。また、この情報化施工システムは「平成17年度日本建設機械化協会会長賞」を受賞した（本誌、8月号、pp.58-60, 2005）。

京極発電所上部調整池工事現場の見学は、台風の影響で現場までの道路が通行止めとなり、本事務所にて北海道電力株式会社の藪課長、鹿島建設株式会社の堀川所長の工事説明のみとなった。京極発電所の位置を図-1に示す。

2. 京極発電所建設工事の概要

京極発電所は、北海道で初めての純揚水式発電所である。北海道虻田郡京極町の北部に位置する標高850～910mの台地に高さ22.6mの表面アスファルト遮水壁型フィル堤体による上部調整池（有効貯水量4,120千 m^3 ）を、また尻別川水系ペーペナイ川と美比内川の合流地点には高さ54.0mの中央土質遮水壁型フィルダム下部調整池（有効貯水量4,120千 m^3 ）を築造する。

上部調整池底部に設ける取水口から最大使用水量190.5 m^3/s を取水し、延長約600mの水圧管路により、地下約400mに設置する発電所に導水し、有効落差369mを利

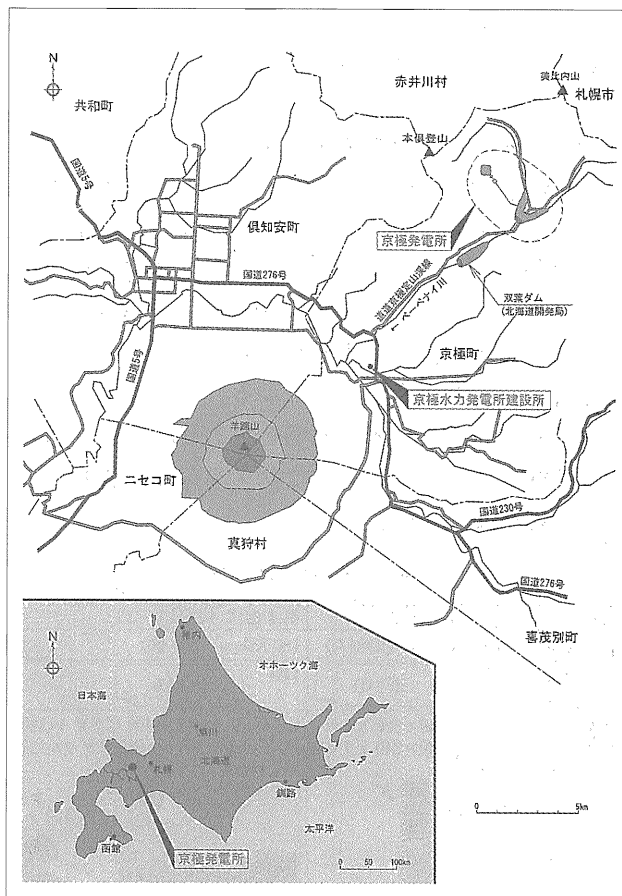


図-1 京極発電所位置図

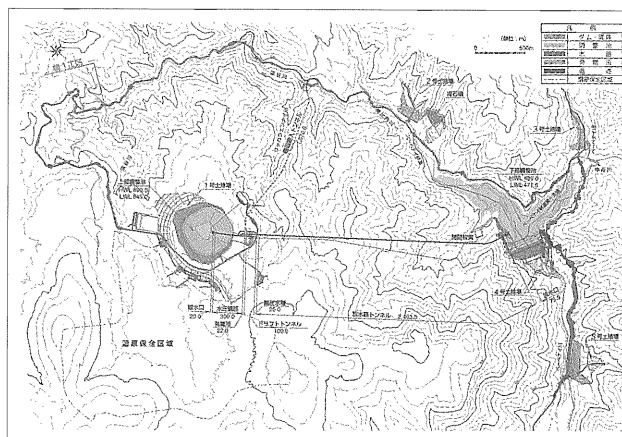


図-2 全体計画図

用して最大600,000kWの発電を行い、延長2,483mの放水路を経て美比内川右岸に設ける放水口より、下部調整池に放流する。

京極発電所新設工事は4工区から形成され、その主な工事は以下のとおりである。第1工区は上部調整池工事、第2工区は機器搬入トンネル工事、第3工区は放水路トンネル工事、第4工区は下部ダム本体工事である。図-2に全体計画図を示す。

3. 上部調整池工事（第1工区）の工事概要

上部調整池工事は、上部調整池ならびに調整池取付け道路（3,480 m）の新設工事を行う。上部調整池（図-3）は、表面アスファルト遮水壁型フィルの堤体により築造され、国内初の厚層舗設工法などの新技術、新工法を採用している。

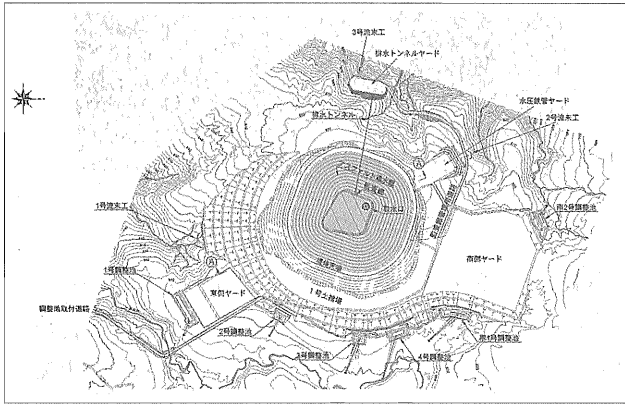


図-3 上部調整池平面図

表-1 工事概要

上部調整池	総貯水量	4,400,000 m ³
	有効貯水量	4,120,000 m ³
	湛水面積	0.16 km ²
	利用水深	45 m
	満水位	EL+890.0 m
堤体	形式	表面アスファルト遮水壁型フィル
	堤高	22.6 m
	堤頂長	1,108.6m
	堤頂幅	13 m
	堤体積	1,251,000 m ³

表-2 工事仕様

工事名称	京極発電所新設工事のうち土木本体工事（第1工区）
工事場所	北海道虻田郡京極町字春日（国有林内）
工期	2001年3月26日～2014年11月20日
発注者	北海道電力株式会社京極水力発電所建設所
施工業者	鹿島・大林・飛鳥・伊藤組共同企業体

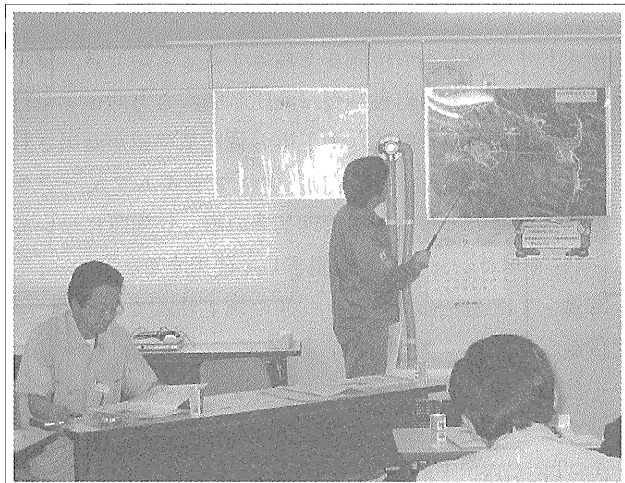


写真-1 工事概要説明

る。また、近年進展が著しいITを施工管理に取入れ新技術の展開をしている。

また、豪雪のため稼働期間が夏季の5カ月間に限定されること、総掘削土量が600万m³を超える大規模土工事という特徴を有している。

工事概要と工事仕様は表-1、表-2の通りである（写真-1）。

4. 情報化施工（IT施工）

上部調整池工事では、3次元CADによる設計データ、GPS等による3次元側位及び重機の油圧制御技術を融合した3次元施工システムを中心に調査した。設計、施工、施工管理までを一連のシステムで管理できるIT施工管理システムを開発、導入した。IT施工のイメージ図は図-4に、主な情報化施工システムは表-3に示した通りである。

表-3 主な情報化施工システム

システム名	システム内容
3次元ダム設計施工支援システム（3D-DAM CAD）	ダムの設計・施工に係わる膨大なデータを3次元電子データとして処理し、大幅な省力化と高品質化を実現した設計・施工支援システム
3次元マシンコントロールシステム（3D-MC）	3次元設計データと、施工機械に搭載されたRTK-GPSの受信機または自動追尾TSの受光センサから得られる位置情報をリアルタイムに照合させ、施工機械の自動制御や重機オペレータへの施工支援を行う施工システム
3次元位置誘導システム（3D-NAVI）	3次元設計データと、RTK-GPSまたは自動追尾TSを連動させ、ワンマンで短時間に測量などを行うことが可能なシステム

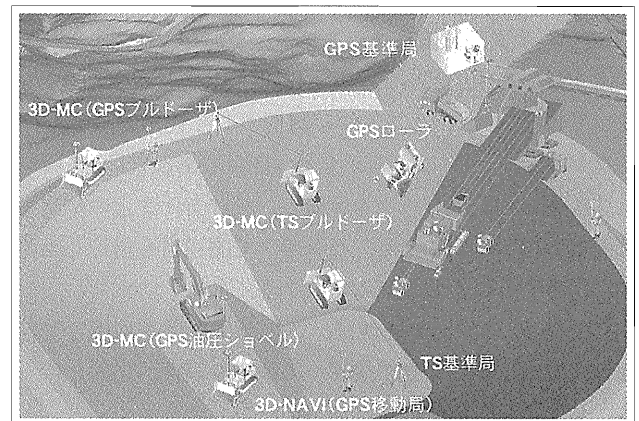


図-4 IT施工イメージ図

（1）情報化設計施工支援システム（3D-DAM CAD）

本システムは、AutoCADをベースとして開発したシステムであり、ダム等の設計、施工に伴う膨大なデータを3次元図形処理により、計画の変更、追加に迅速に対応するとともに、大幅な省力化及び高品質化を実現した設計施工支援システムである。特徴は以下の通りである。

- ①3次元測量結果からの地形図の自動作図
- ②ダム、トンネル、道路造成等の3次元自動作図

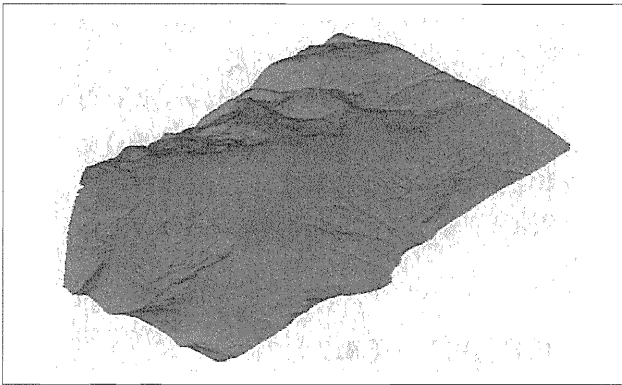


図-5 上部調整池着工前 CG

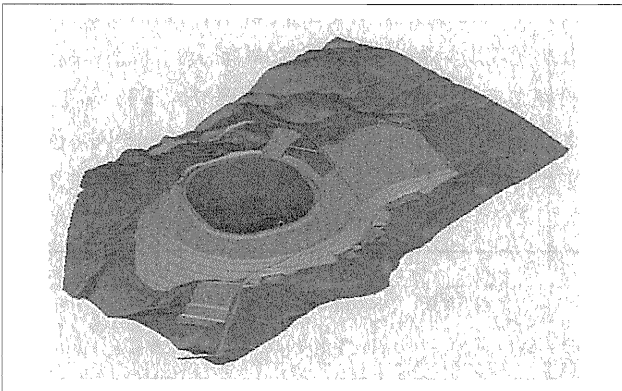


図-6 上部調整池完成後 CG

- ③土量、面積等の自動数量計算，帳票出力
- ④出来形数量の自動作図，数量計算，帳票出力
- ⑤景観 CG の自動作図（図-5，図-6）

（2） 3次元位置誘導システム（3D-NAVi）

本システムは、RTK-GPS、自動追尾トータルステーション（TS）等をポジショニング機器として使用し、ペンタイプコンピュータにあらかじめ3D-DAM CADで作成した3次元メッシュデータを登録し、設計データ上の位置を画面上で指示することで、ワンマンで測定者を指定した位置に誘導することができるシステムである。

3D-NAViの最大の特徴は、この基本機能を利用して法面の切出し位置や盛立て位置への誘導を簡便、迅速に行うことができる。その機能は以下のとおりである。

- ①RTK-GPSまたはTSとの連動が可能
- ②進行方向へのペンタイプコンピュータ画面回転機能（常に進行方向へ正対）
- ③音声ガイダンス誘導機能
- ④ポイント誘導：指定点への誘導
- ⑤法杭誘導：法面盛り立て、切出し位置への誘導
- ⑥方向杭誘導：方向杭設置位置への誘導
- ⑦標高差測定：設計面と現在位置との標高差測定
- ⑧座標差測定：登録点と現在位置とのxyz差測定
- ⑨出来形測定：自動測定機能による連続測定



写真-2 3D-NAVi 測定状況

写真-2に3D-NAVi（TS）による測定状況を示す。

上部調整池工事では本システムを5セット導入し、その測位システムの違いによる測定精度は以下の通りである。

- ①RTK-GPS：平面 ±10 mm／高さ ±20 mm
- ②自動追尾 TS：平面 ±1 mm／高さ ±1 mm

（3） 3次元施工システム（3D-MC）

本システムは、3次元設計データとRTK-GPS、TSによって測定された重機の位置情報をリアルタイムに照合させ、設計データどおりに重機の油圧をコントロールし自動制御を行うことが出来るシステムである。

3次元設計データをもとに重機の排土板、ばけつの高さ、傾きを自動制御することにより、現場に3次元設計データをそのまま再現できることが特徴である。これにより従来、種々の工程を踏まえて行われてきた作業（丁張り等）を省力化し、かつより高い精度で効率的な施工を実現できるようになった。

3D-MCには、ブルドーザと油圧ショベルを導入しているが、ブルドーザについてシステムの概要を紹介する。

（a） 3D-MC ブルドーザ

ブルドーザを所定の位置まで誘導することができ、排土板の高さやチャルトの自動制御（油圧制御）と方向指示を行うことができる。一般的な土工事の管理基準値が適用される場合はRTK-GPSを使用し、アスファルトフェーシングの施工基盤のような施工管理基準の厳しい箇所については、TSをポジショニング機器として使用する。

写真-3に3D-MCブルドーザの施工状況を、写真-4に搭載コンピュータ画面を示す。

上部調整池工事では本システムを4セット導入し、その測位システムの違いによる施工精度は以下の通りである。

- ①RTK-GPS：平面 ±50 mm／高さ ±50 mm
- ②自動追尾 TS：平面 ±25 mm／高さ ±25 mm



写真-3 3D-MC ブルドーザ施工状況

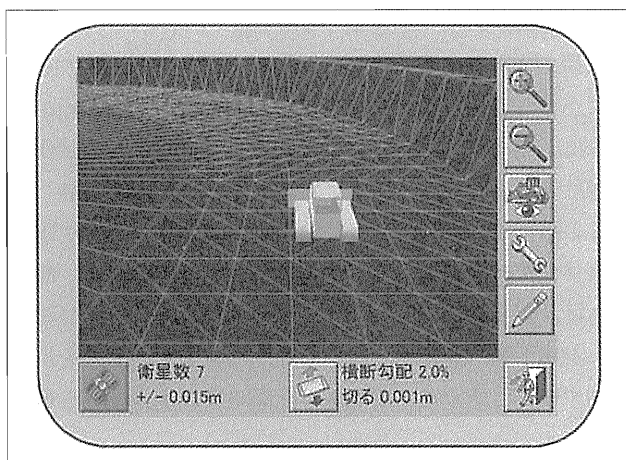


写真-4 3D-MC コンピュータ画面

5. 情報化施工システム導入による技術的、経済的効果

システム導入による具体的な効果は以下のとおりである。

- ①出来形図の自動作成，土量，面積等の自動数量計算が可能となった。
- ②盛立て位置，切出し位置を現場で現況地形を確認しながら自動的に表示できるので，測量のための内業及び測量作業自体が，大幅に削減できる。また，丁張りを設置することなく施工可能なため，大規模な土工事にもかかわらず少人数での現場管理が可能となった。
- ③重機土工工事における多大な省力化，省人化と高い施工精度を確保することが可能となった。
- ④土工事では初めて，面的な管理が可能となり，各層毎のトレーサビリティを保証することが可能となった。
- ⑤出来形の数量計算及び出来形図の作成が迅速になり，土工事における運搬計画，度量変化率の算定を迅速に行うことが可能になった。

6. 施工状況

施工現場は平成 17 年 9 月 8 日現在，以下のように進捗している。

堤体盛立て量 10 万 m³/125 万 m³

調整池切り取り量 280 万 m³/620 万 m³

発電所の運用開始（1 号機）は平成 27 年 10 月の予定であるが，2 号機，3 号機は平成 28 年度以降に運用開始する予定。

7. 株式会社カナモト苫小牧機械整備集約センター見学

2 日目は北海道札幌市に本社を置く建設機械レンタル会社株式会社カナモトの苫小牧機械整備集約センターの見学を行った。センターでは金本社長による会社説明があり，場内にて主力製品の紹介（写真-5）をお聞きした。この中で環境に配慮された製品として，電動自動車コムス（排ガスゼロの 4 輪原動機付き自転車），アクアリフト（水力を動力源とした高所作業台），その他の目新しい商品の紹介があった。全国に店舗を置き，所有機械の 98% が第 2 次排ガス規制，低騒音規制対応機種を導入し，環境対策に万全な対応をとられていた。

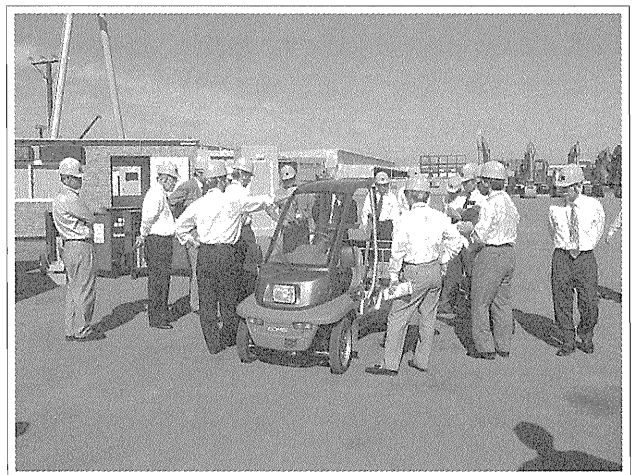


写真-5 電動自動車コムス（製品紹介）

8. おわりに

本見学会の初日は天候に恵まれなかったものの，スケジュール通り挙行できた。今回の見学会を快く引受けて下さり懇切丁寧に現場紹介ならびにセンター紹介をして頂いた北海道電力株式会社京極水力発電所建設所・藪課長，鹿島・大林・飛鳥・伊藤組共同企業体京極発電所上部調整池 JV 工事事務所・堀川所長，株式会社カナモト・金本社長には心より感謝申し上げます。

CMI 報告

飛行船を利用した シールドトンネル点検システムの 研究開発

安井 成豊

1. はじめに

都市部近郊における都市化の進行と豪雨の頻発により、中小河川の氾濫等に伴う浸水被害が問題となっています。その対策として、地下にトンネル構造による調整池や放水路等の大規模施設が各地域にて建設されています。

首都圏外郭放水路も、これまで頻発していた浸水被害の解消を目的として、国道16号の地下約50mに建設された延長6.3kmの地下放水路です。施設は、各河川から洪水を取入れる流入施設（立坑）、地下で貯水・流下する地下水路（トンネル内空 ϕ 10m）、そして地下水路から洪水を排出する排水機場等で構成されています。

施工技術総合研究所では、国土交通省関東技術事務所の委託により、上記放水路（シールドトンネル）を維持管理するうえで必要となる点検作業を安全かつ効率的に実施するために必要とされる点検システムについて、各種実験・検討を行ってきました。今回は、その中から飛行船を利用したシールドトンネル点検システムについて紹介します。

2. シールドトンネル点検システムの開発

(1) 開発コンセプト

トンネルの点検には、各種点検（詳細点検、定期点検、緊急時点検等）があります。中でも地震発生後や維持点検作業の開始前に、最初に内部の状況を確認する作業（初動点検と呼ぶ）においては、余震による壁面の崩落や危険ガスの発生などの可能性が考えられるため、点検員による点検作業はリスクを伴うものとなります。また、坑内には専用の照明施設がないことと大断面であることから、路面上を歩く点検員が内部全体の状況を効率よく点検する

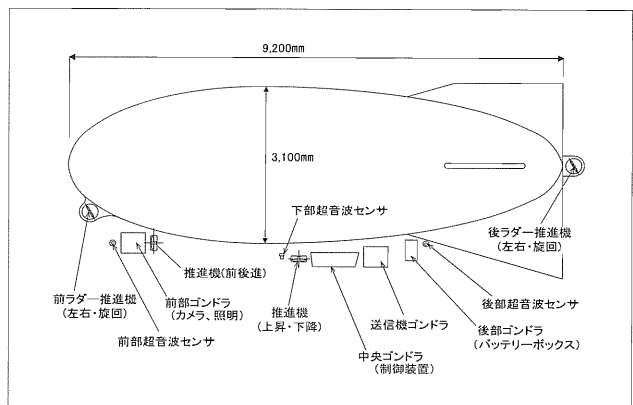
ことは困難な状況にあります。そのため、初動点検に利用する点検システムの開発コンセプトとして、以下の項目を掲げ、開発を行うものとなりました。

- ・内部全体の概略状況が迅速に把握可能であること
- ・無人化システム（坑内に人が入らない）であること
- ・底面状況（堆泥など）に左右されないこと
- ・トンネル壁面に新たな施設を設けないこと
- ・トンネル壁面に損傷を与えないこと
- ・機動性があること（特殊なクレーン等が不要）

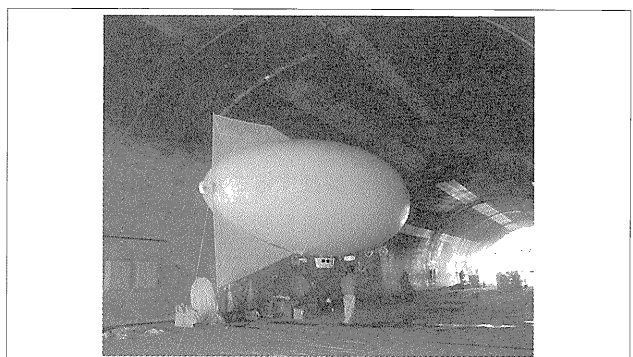
(2) 点検用飛行船の概要

(1)節のコンセプトを満足する初動点検用のシステムとして、様々なアイデアを比較検討した結果、飛行船を利用した点検システムを考案しました。

点検システムの開発検討は、平成14年度から平成16年度にかけて実施しました。当初は、飛行船が坑内壁面をガイドにして沿わせながら移動させることを想定して試作機的设计製作と実験を行いました。しかし、壁面と接触しながらの飛行では飛行船の安定性を確保できないことが確認されました。その後、設計の見直しと実験を繰返し、最終的には、超音波距離センサにて壁面との距離を把握しながら、上昇下降、前後進、左右移動、左右旋回の動きを自律制御することで、常にトンネル断面のほぼ中央位置を飛行



図一 飛行船を利用した点検システム概要図



写真一 構内模擬トンネル内での飛行船全景

させるシステムとしました。その飛行船概要図を図—1に示し、当研究所構内の模擬トンネル内にて実施した最終調整時の飛行船全景を写真—1に示します。

(3) 現地トンネル内における実証実験

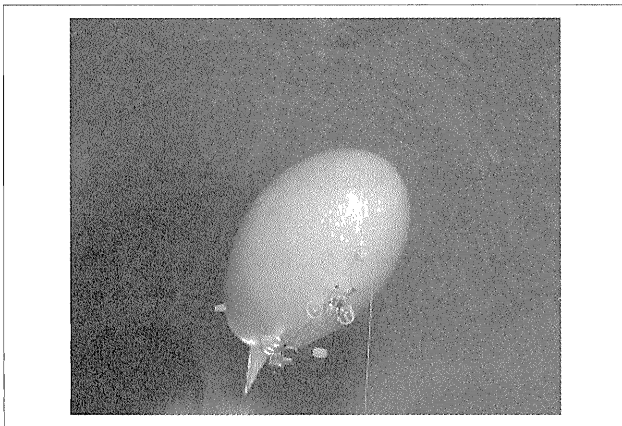
シールドトンネル点検システムに対しては、

- ・立坑内での上昇下降等の操作が容易であること、
- ・曲線区間を含む約2 kmのトンネル中心付近を安定して自律飛行が可能であること、
- ・飛行船に搭載したビデオカメラの画像を地上付近の基地局でリアルタイムに確認可能であること、

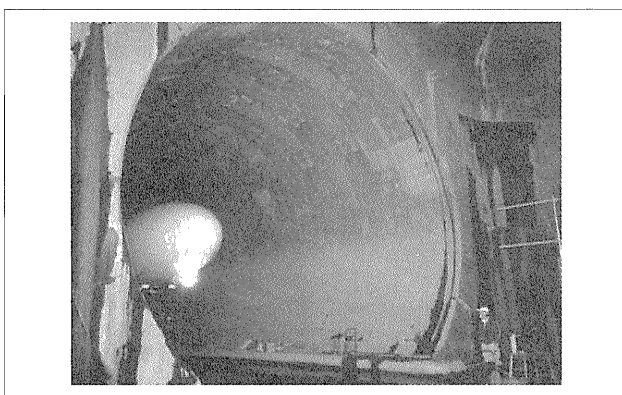
が求められ、その仕様を満たすための改良と能力検証を目的として現地トンネル内にて実証実験を実施しました。以下に実証実験にて確認した各種項目のうち、自律制御飛行と画像通信に関する内容を紹介します。

(a) 自律制御飛行性能の検証結果

現地トンネル内において、第3立坑と第2立坑間約2 kmの区間（曲線半径250 mのS字カーブを含む）で自律飛行実験を実施しました。その結果、この立坑間距離約2 kmを、追い風および向かい風0.2~0.5 m/sの条件下において、トンネル中心から上下左右1 m程度の範囲内にて自律制御を行いながら、30分前後にて飛行が可能であ



写真—2 トンネル内自律飛行状況



写真—3 坑内約2 km 自律飛行の状況（到達立坑側）

ることが実証できました。点検用飛行船の実証実験における飛行状況を写真—2および写真—3に示します。

(b) 画像送信性能の検証結果

トンネル内における長距離無線通信を確立する目的で、各種通信機タイプとアンテナ仕様等の組合せにて坑内通信試験を行いました。当該トンネルにて最適となる組合せとして、免許を必要としない特定小電力データ通信2.4 GHzSS無線機（DSS方式）の超長距離無線装置と八木アンテナを搭載し、飛行実験を実施しました。現地実証実験では、飛行船に搭載したビデオカメラ（暗所撮影機能使用：20 Wハロゲンライト×8）で撮影した画像を坑外両立坑に設けた基地局に無線送信を行いました。その結果、各立坑に設けた基地局から約1 km、約1.3 kmの範囲でリアルタイムに画像が受信され、約300 mのラップ区間を確保しつつ、飛行中に撮影したトンネル全線の画像を立坑に設けた基地局でリアルタイムに確認可能なシステムとしました。

地上付近に設けた基地局に無線で送られてきた約1.3 km先のトンネル内撮影画像を写真—4に示します。



写真—4 立坑から約1.3 km離れた地点からの受信画像

3. おわりに

平成17年度も台風14号に伴う豪雨によって、東京都内を始め、全国各地で多くの浸水被害が発生しました。このような被害を解消あるいは軽減するための施設は、今後益々その重要性を増すものと考えられます。都市機能を維持するための各種施設を安全かつ効率的に点検するうえで、今回紹介したようなシステム開発の重要度は今後高くなるものと考えられます。

JCMIA

〔筆者紹介〕

安井 成豊（やすい しげとよ）

社団法人日本建設機械化協会施工技術総合研究所
研究第三部研究課長

新工法紹介 広報部会

08-040	デュアルウォーター ジェットシステム	ヤマハ化工東京
--------	-----------------------	---------

概要

ケーソンの下端部の刃口に接する硬質地盤を効率よく切削できる水中掘削装置、デュアルウォータージェットシステムを、平成16年度東京都中小企業新製品・新技術開発助成事業に採択され製作、実用化した。

クラムシェルバケットが届かない刃口下部の硬質地盤の掘削は、圧入ケーソン工法の弱点とされているが、掘削位置に吊下ろした装置から高圧のウォータージェットを出し地盤を切崩す仕組みである。地上からジェットの方向や位置を自在に制御でき、超音波探査による地山形状の把握をしながら切削できるとともに、しかもエアリフトで切削土砂を後方に搬送できるので効率的である。

今回開発したのは、鋼材の枠組みに可動式のウォータージェットノズルと電動のプロペラ推進機とを取付けた「デュアルウォータージェットシステム」と呼ぶ装置。この装置をクレーンで吊り、刃口下部の地盤を掘削できる深度にセット。地上から送水・送気管を通じて高圧水と圧縮空気を送りノズルから噴射する。同時にプロペラ推進機を回して外枠をケーソンの内壁に押付け、装置の位置と姿勢を装備した傾斜計で確認して安定させる。ノズルは地上からのジャッキ操作で前後、左右、上下のどの方向にも自由に動かせる上、パソコンの画面で位置や方向をリアルタイムに再現しながらコントロールできる。

本装置は、ケーソン内に水中コンクリートを打設する際、

打継ぎ目の清掃にも使える。

圧入ケーソン工法では、沈設途中に硬い地盤や玉石などが現れると、ケーソンの刃口の抵抗を受けて沈まなくなる。圧入の荷重を増やすには限界がある上、ケーソン内部の掘削・排土用のクラムシェルバケットでは

刃口直下の地盤を崩せない。解決策として、先に開発したシングルウォータージェットシステムによって刃口直下の地盤を切削していたが、硬質地盤における切削力や切削面の地山探査及び切削土の搬送など、効率的な切削が望まれていた。

このため、新開発では、硬質地盤を効率的に切削可能な常用水圧20MPaの2連ウォータージェットを装備し、切削直後の地盤形状把握ができる超音波測定装置と、刃口下に堆積する切削土砂を後方に搬送するエアリフト搬送装置とを装備して作業効率を向上させた。

特長

- ①常用水圧20MPa、2連のウォータージェットを自在方向に2,500mm伸縮させ広範囲な作業領域が切削可能。
- ②地山の形状を超音波測定装置で探査できるので効率的な切削が可能。
- ③刃口下部の切削土砂を後方に搬送できるエアリフトポンプを装備。
- ④地上から遠隔操作でPC画面を見て装置の制御可能。

用途

- ・ケーソンの刃口下部の硬質粘性土・玉石や砂礫地盤の切削および刃口の清掃

実績

- ・東京都下水道局発注の有明北（その1）ポンプ所で実証化試験（平成16年8月）

工業所有権

- ・特許申請中

問合せ先

(株)ヤマハ化工東京

〒171-0014 東京都豊島区池袋2-54-3 KS7ビル

Tel. : 03(5952)0560 ; Fax. : 03(5952)0562

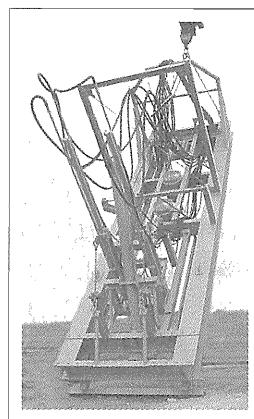


図-2 本体

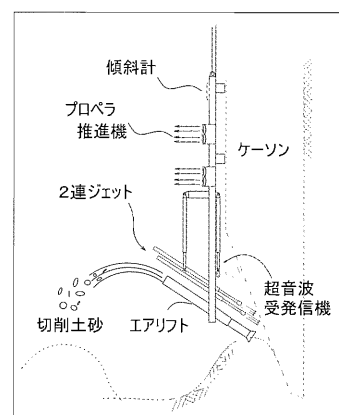


図-3 施工断面図

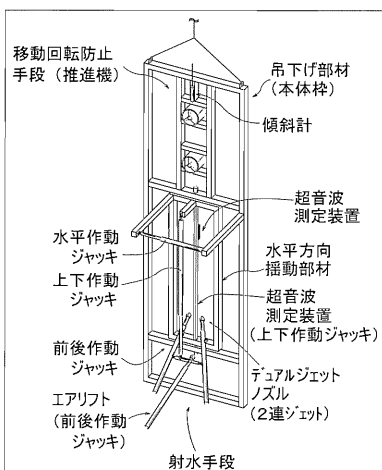


図-1 デュアルウォータージェットの本体

11-081	中継型 VRS 測量システム (ネットワーク型 RTK-GPS 測量)	熊谷組
--------	--	-----

▶概要

中継型 VRS 測量システムは、RTK-GPS および VRS という技術をインターネットを利用して融合することで開発した技術である。

RTK (リアルタイム・キネマティック)-GPS 測量は、最近の土木分野で利用されていて、座標既知点である固定観測局 (基準局) から無線で観測データを移動局の GPS へ電送することで高い精度を得られる測量システムである。しかし、基準局を現場内に固定設置して運用保守することが精度を維持するための条件となる。

VRS (バーチャル・レファレンス・ステーション: 仮想基準点) 方式は、ネットワーク型 RTK-GPS 測量の一種で、携帯電話を利用して移動観測局の概略位置情報を配信会社に送り配信会社では、3点以上の国土地理院電子基準点を使って、その地点の補正観測情報を計算、あたかも基準点があるような状態をつくりだす仮想基準点に置換え、移動局に送信して、RTK-GPS 測量を行う。通信を携帯電話に依存したシステムである。

中継型 VRS 測量システムでは、この携帯電話での通信を安定したインターネット接続に替え、配信会社と現場事務所のパソコンとを ADSL 回線で常時接続し、基準点位置情報を配信会社へ送信し、解析して返信される補正情報を取得し続ける。補正情報等は、パソコンと接続している現場内の無線機に出力される。現場内での移動局は、従来の RTK-GPS 測量と何ら変わることなく既存の GPS 受信機と現場内無線機を使用して測量を行うことが可能となる。

▶特徴

- ①配信事業者との通信は ADSL 回線によるため、携帯電話代のコストがかからない。
- ②常時接続であるため、通信時間にとらわれず作業できる。
通信機器の操作は電源の on/off のみで簡素化している。
- ③測量作業者は 1 名ですむため、光波測量機で行う場合に比較し、約 30% のコストダウンとなった。
- ④携帯電話の届きにくい場所でも安定した通信が可能となっ

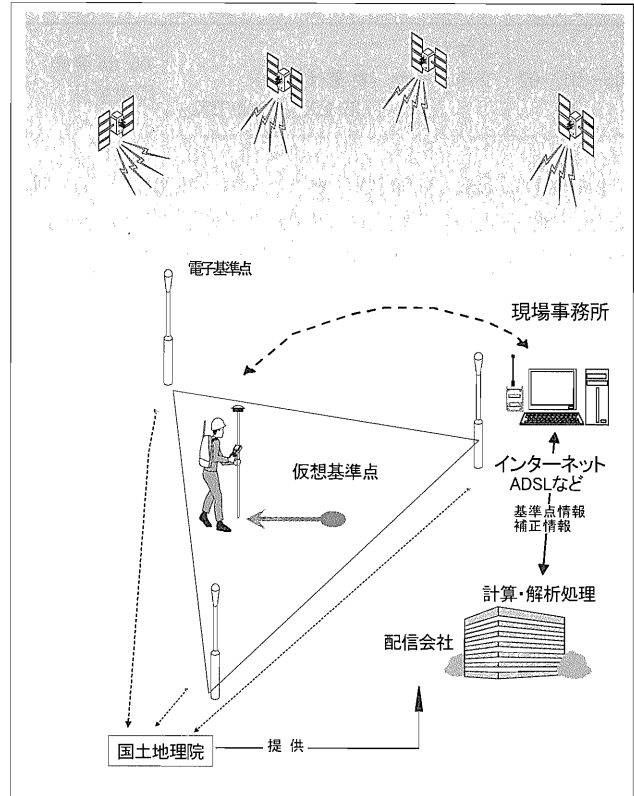


図-1 中継型 VRS を使った RTK-GPS 測量のイメージ

た。

- ⑤配信会社からは、メールや配信ソフトを通して基準局の休止情報などが速やかに報告されるため、利便性が高い。
- ⑥仮想基準点は自由に設定できるため、海洋工事や山岳工事など基準局の設置しにくい現場に適用できる。

▶実績

羽地大川農業利水事業 真喜屋ダム建設工事

▶用途

- ・GPS 測量
- ・建設機械の運行管理
- ・無人化施工
- ・海洋工事、法面観測など

▶問合せ先

(株)熊谷組土木事業本部土木部機材グループ
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1
Tel.03(3235)8627 ; Fax.03(5261)5576

新機種紹介 広報部会

▶ <01> ブルドーザおよびスクレーパ

05-〈01〉-02	コマツ ブルドーザ (林業仕様車) D 37 EX ₂₁ /D 39 PX ₂₁	'05.08 発売 応用製品
------------	--	-------------------

土工用 D 37 EX₂₁/D 39 PX₂₁ をベースに、狭幅ブレード (D 37 EX 土工機 2.720→2.435 m, D 39 PX 土工機 3.330→2.980 m) や木材けん引用ウインチなどを装備して林業仕様車とした製品である。ウインチは単胴正逆転可能歯車駆動・油圧操作式で、ウインチ・クラッチやブレーキは湿式多板の無調整式としている。とくに D 39 PX においてはダブルフランジトラックローラを採用し、クローラ接地長を土工機 2.360→2.535 m として幅広シューとともにバランスと安定性を確保している。そのほか、フルローラガード、リヤネット付き ROPS・FOPS キャノピなどを装備し、オプションとしてロギングアーム、メインドラムフェアリード、大容量バッテリー、消火器、ハイマウントフットレスト、ダブルフランジトラックローラ (D 37 EX) などを用意している。土工機と同じ基本性能を保持しており、排出ガス対策 (2次規制) 基準値をクリアしたエンジンの

表-1 D 37 EX₂₁/D 39 PX₂₁ の主な仕様

	D 37 EX ₂₁	D 39 PX ₂₁
機械質量 (t)	8.03	10.10
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	63(86)/2,000	71(96)/2,200
ブレード幅×同高さ (m)	2.435×0.845	2.980×0.915
ブレード上昇量/下降量 (m)	0.860/0.385	0.900/0.435
ブレードチルト量 /アングル角度 (m/度)	0.330/25	0.430/22
ウインチ質量 (t)	0.66	0.70
ウインチドラム径×幅 (m)	0.180×0.230	0.180×0.230
ウインチケーブル引張力 (フルドラム) (t)	6.9	7.0
走行速度 (A) 前進 1・2・3速/後進 1・2・3速 (km/h)	3.4・5.6・8.5 /4.1・6.5・8.5	3.4・5.6・8.5 /4.1・6.5・8.5
走行速度 (B) 前進/後進 (km/h)	0.8~8.5/0.8~8.5	0.8~8.5/0.8~8.5
登坂能力 (度)	30	30
接地長×シュー幅 (m)	2.240×0.40	2.535×0.51
接地圧 (kPa)	44.1	38.2
最低地上高 (m)	0.315	0.390
全長×全幅×全高 (m)	4.69×2.435×2.70	4.83×2.98×2.77
価格 (百万円)	見積	見積

(注) 走行速度 (A): クイックシフトモード, (B): バリアブルシフトモード。



写真1 コマツ「GALEO」37 EX₂₁ ブルドーザ (林業仕様車)

搭載と2組の油圧ポンプと油圧モータを使用した電子制御 HST 方式の採用により、傾斜地作業、微速接近作業、超信地旋回機能を生かした小回り作業などの林業作業を容易にしている。そのほか、作業に適した走行速度モード選択機能や自動変速機能と電子制御のPalm方式 (Palm Command Control System) 操作レバーにより作業性を向上している。

▶ <02> 掘削機械

05-〈02〉-08	日立建機 ミニショベル (超小旋回形) ZAXIS 30 UR ₂ ほか	'05.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

掘削能力、走行けん引力などの基本性能アップと安全性、居住性、メンテナンス性、環境対応性などの向上を図ってモデルチェンジした3機種である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策 (2次規制) 基準値をクリアするものを搭載し、騒音対策によって同省の低騒音型建設機械 (ZAXIS 30 UR, ZAXIS 40 UR は超低騒音型) にも適合する。また、鉛レス電線の採用やスチール製カバーの採用で環境保全に配慮している。操作レバーを中立にして4秒後にエンジンが

表-2 ZAXIS 30 UR₂ ほかの主な仕様

	ZAXIS 30 UR ₂	ZAXIS 40 UR ₂	ZAXIS 55 UR ₂
標準バケット容量 (m ³)	0.09	0.11	0.22
機械質量 (t)	2.99(3.13)	3.60(3.74)	5.30(5.50)
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	19.7(26.8) /2,200	22.3(30.3) /2,500	33.1(45.0) /2,400
最大掘削深さ ×同半径 (m)	2.86×4.37	3.24×4.86	4.02×5.76
最大掘削高さ (m)	5.16	5.56	6.51
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.585/0.705	0.625/0.755	0.740/0.920
最大掘削力 (バケット) (kN)	27.0	31.1	41.2
作業機最小旋回半径 /後端旋回半径 (m)	0.895/0.775	0.920/0.870	1.050/1.000
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.5/2.6	4.4/2.8	4.5/2.6
登坂能力 (度)	30	30	30
接地圧 (kPa)	28(29)	33(35)	30(31)
全長×全幅 ×全高 (輸送時) (m)	4.08×1.55 ×2.51	4.39×1.74 ×2.51	5.16×2.00 ×2.57
価格 (百万円)	4.50	5.50	6.65

(注) (1) キャノピ仕様(キャブ仕様)の書式で示す。
(2) ゴムクローラ仕様を示す。

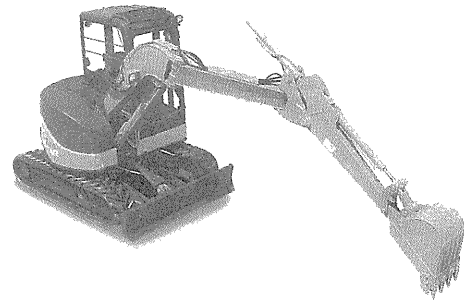


写真2 日立建機「arc」ZAXIS 55 UR₂ ミニショベル (超小旋回形)

新機種紹介

自動的にアイドル回転になるオートアイドル機構（ZAXIS 30 UR, ZAXIS 40 UR はオプション）を装備し、作業機、走行の操作レバーは全て油圧パイロット式として操作力軽減とスムーズな操作感覚を実現した。ZAXIS 40 UR と ZAXIS 55 UR においては、レバーストロークに応じて全てのアクチュエータ（モータ、シリンダなど）に最適な流量を制御する HHH システムを採用して、スムーズな複合動作を可能にした。ステアリングなどで高負荷になると自動的に高速から低速走行に切り替わり、軽負荷になると復帰する走行自動変速システム、バケットが運転室に近づくとき作業機速度が減速し、さらに近づくとき自動停止する干渉防止システム、ニュートラルエンジンスタート機構、旋回および走行のパーキングブレーキ、TOPS/OPG 対応キャブ & キャノピ、大容量のエアコンなどを装備して安全性、居住性を高めている。狭い場所でも開閉可能な上下にスライドするエンジンカバー、傾斜角 40 度のチルトアップフロア、芯金形状などを改良した高耐久性のゴムクローラ、錆にくいアルミ製ラジエータ・オイルクーラ、給脂間隔 500 時間の含油ブッシュ（HN ブッシュ）などでメンテナンス性を向上している。

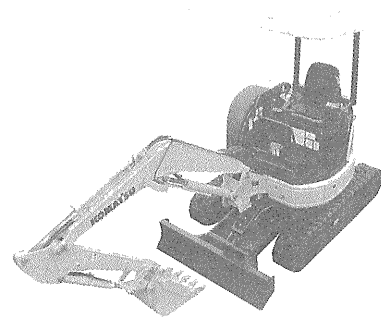


写真-3 コマツ「GALEO」PC 30 MR₂ ミニショベル（道路作業仕様車）

MR₂、PC 35 MR₂ と同様であり、国土交通省の排出ガス対策（2 次規制）基準値をクリアするエンジンを搭載し、防音・吸音構造などの対策により同省の超低騒音型建設機械に適合する。ROPS & ヘッドガード構造規格適合のキャノピまたはキャブを装備し、エンジンニュートラルスタート機構、作業機、旋回、走行の全ての操作をロックするロックレバーを採用して安全性を確保している。曲面形状や開口部が大きくて泥落ちのよい X 形トラックフレーム、点検性を考慮したチルトアップフロア、給脂間隔を 500 時間に延長などでメンテナンス性を向上している。

05-(02)-09	コマツ ミニショベル（道路作業仕様車） PC 30 MR ₂ ほか	'05.09 発売 応用製品
------------	--	-------------------

後方超小旋回形の狭所作業性を生かして、道路工事における作業性を向上した 2 機種である。セミロングアームを装着してアスファルトなどの手前かき寄せ性能を向上し、押土、引均しなどのブレード作業においては、作業中における変速を容易にするためにブレード操作レバーに 1 速⇄自動 2 速の速度切替えスイッチを増設している。使用頻度の高いブレードは、ボルト止めカッティングエッジ構造を採用し、摩耗エッジの反転使用を可能にして経済性を向上した。

車両安定性を向上するために増量ウェイトを装備し、夜間作業にも備えて前照灯を増設した。基本性能・構造は一般仕様の PC 30

05-(02)-10	新キャタピラー三菱 油圧ショベル CAT 320 D ほか	'05.10 発売 モデルチェンジ
------------	----------------------------------	----------------------

低燃費生産性の強化を図るとともに、水平ならしなど作業精度の向上、環境対応の強化、GPS 利用の稼働情報管理機能（Product Link Japan）の標準装備などでモデルチェンジした 6 機種（320 DRR, 320 DLRR は後端旋回半径が小）である。エンジンは、国土交通省、EPA（米国環境保護局）、EU の排出ガス対策（2 次規制）基準値をクリアしており、とくに 330 D, 330 DL のエンジンについては、最大 2,000 気圧の多段噴射の技術を取入れた ACERT（Advanced Combustion Emission Reduction Technology）により、EPA および EU の第 3 次規制に対応している。また、エンジン冷却ファンの可変速ファン採用や防音設計により、国土交通省の超低騒音型建設機械（330 D, 330 DL は低騒音型）にも適合する。エンジン回転とポンプトルク変更で燃費低減するエコノミーモードを搭載しており、モニタ上で設定することができる。本設定は走行時には自動的に通常モードに切り替わる。大断面構造のブーム・アーム、グリース封入式トラックなどの採用で耐久性を向上しており、330 D, 330 DL では、旋回ローラに円筒形ローラを縦横に組合せたクロスローラベアリングを採用して、長期旋回性を維持している。また、330 D, 330 DL では、ヒータ付きエアサスペンションシートを装備して、快適な居住性を確保している。作動油フィルタの交換間隔を 2,000 時間に延長や油圧ポンプ回りに油圧機器の点検箇所を集中させるなどでメンテナンス性も向上している。専用設計のブレーカ仕様、解体仕様など 10 種類の応用製品が用意されており、現場のニーズに対応している。

表-3 PC 30 MR₂ ほかの主な仕様

	PC 30 MR ₂	PC 35 MR ₂
標準バケット容量 (m ³)	0.09	0.11
機械質量 (t)	3.205(3.380)	3.775(3.950)
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	20.6(28)/2,500	21.7(29.5)/2,400
最大掘削深さ×同半径 (m)	2.935×5.225	3.305×5.570
最大掘削高さ (m)	4.985	5.240
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.585/0.845	0.585/0.845
最大掘削力 (バケット) (kN)	29.5	29.9
作業機最小旋回半径 /後端旋回半径 (m)	2.080/0.855	2.115/0.940
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.6/2.6	4.6/2.6
登坂能力 (度)	30	30
接地圧 (kPa)	29.7(31.6)	34.6(36.7)
全長×全幅 ×全高(輸送時) (m)	4.63×1.55×2.53	4.91×1.74×2.53
価格 (百万円)	見積	見積

(注) (1) キャノピ仕様[キャブ仕様]の書式で示す。
(2) ゴムクローラ仕様を示す。

新機種紹介

表-4 CAT 320 D ほかの主な仕様

	320 D	320 DL	320 D RR
標準バケット容量 (m ³)	0.8	0.9	0.8
運転質量 (t)	20.3	20.8	22.8
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	103(140) /1,800	103(140) /1,800	103(140) /1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	6.64×9.94	6.64×9.94	6.64×9.94
最大掘削高さ (m)	9.41	9.41	9.41
最大掘削力 (バケット) (kN)	149	149	149
作業機最小旋回半径 / 後端旋回半径 (m)	3.66/2.75	3.66/2.75	3.66/2.00
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.5/3.5	5.5/3.5	5.5/3.5
登坂能力 (度)	35	35	35
接地圧 (kPa)	47	43	53
全長×全幅 ×全高 (輸送時) (m)	9.4×2.80 ×3.03	9.4×2.98 ×3.03	8.77×2.80 ×3.03
価格 (百万円)	16.2	17.0	17.5

	320 DL RR	330 D	330 DL
標準バケット容量 (m ³)	0.9	1.4	1.5
運転質量 (t)	23.3	33.5	34.5
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	103(140) /1,800	184(250) /1,800	184(250) /1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	6.64×9.94	7.39×11.11	7.39×11.11
最大掘削高さ (m)	9.41	10.24	10.24
最大掘削力 (バケット) (kN)	149	222	222
作業機最小旋回半径 / 後端旋回半径 (m)	3.66/2.00	4.45/3.50	4.45/3.50
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.5/3.5	5.0/3.3	5.0/3.3
登坂能力 (度)	35	35	35
接地圧 (kPa)	48	59	55
全長×全幅 ×全高 (輸送時) (m)	8.96×2.98 ×3.03	11.5×3.29 ×3.35	11.5×3.29 ×3.35
価格 (百万円)	18.3	28.4	29.4

(注) (1) 320 D RR, 320 DL RR は後端小旋回仕様。
(2) L はロングクローラ仕様。



写真-4 新キャタピラー三菱「REGA」CAT 320 D 油圧ショベル

▶ <05> クレーン, エレベータ, 高所作業車およびウインチ

05-<05>-10	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) SL-650 R	'05.10 発売 新機種
------------	--	------------------

比較的狭い工事現場でも使用できる2軸・フルタイム4輪駆動の

コンパクトなボディサイズをもった能力の大きなラフテレーンクレーンである。エンジンは、国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアするものを搭載しており、騒音対策によって同省の低騒音型建設機械にも適合する。起伏低速モード設定のあるブームは6段油圧伸縮式(2・3段同時, 4・5・6段同時)で、先端には無段起伏・2段油圧伸縮のジブを装着している。自動ロックアップクラッチ付きトルクコンバータと前進6段・後進2段の変速機を搭載し、変速機は全自動および手動変速式としている。ステアリング方式には、前2輪, カウンタ, クラブ, 後2輪, 前後輪独立の5モードがあり、4輪ステアリングで車体の通過できる最小直角通路幅は5.39m(ブーム先端では6.90m), 2輪ステアリングで通過できる通路幅は6.75m(ブーム先端では8.11m)である。主ブレーキに2系統空気油圧複合式4輪ディスクを採用し、補助に排気ブレーキや流体式リターダを併用する。クレーン安全装置として、音声警報付き過負荷防止装置, 旋回自動停止装置, ブーム起伏緩停止装置, ブーム伸長緩停止装置, 作業範囲制限装置, アウトリガ張出し幅自動検出装置, ブーム自動降下防止装置, 過巻防止装置, 自動ブレーキ装置などが装備されている。

表-5 SL-650 R の主な仕様

吊上げ能力	65×2.6/4
ブーム/ジブ (75°) (t×m/t)	
最大地上揚程	ブーム/ジブ (m)
45.5/58.6	
運転質量 (乗車定員1人) (t)	39.595
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	257(350)/2,200
ブーム長さ/ジブ長さ (m)	10.0~44.5/8.3~13.2
後端旋回半径 (m)	3.55
最高走行速度 (km/h)	49
登坂能力 (度)	30
最小回転半径 2輪/4輪操向 (m)	11.2/6.44
軸距×輪距 (前後輪共) (m)	5.30×2.41
タイヤサイズ (前後輪共) (—)	505/95 R 25 183 E Road
アウトリガ張出し幅 (H形6段) (m)	2.69, 4.30, 5.40, 6.50, 7.20, 7.60
全長×全幅×全高 (m)	12.59×2.99×3.68
価格 (百万円)	73.5



写真-5 加藤製作所 SL-650 R ラフテレーンクレーン

2004年度建設機械市場の現状

1. 建設機械出荷金額推移

2004年度の建設機械出荷金額（内需・外需の合計）の総合計は、1兆6,533億円で前年度比16.2%増加した。内需は、7,030億円で3.7%の増加、外需は、9,503億円で27.6%増加した。

その結果、内需は2年連続の増加、外需は4年連続の増加と、総合計では3年連続の増加となった。

製品別の出荷金額を見ると、トラクタ、油圧ショベル、ミニショ

ベル、建設用クレーン、道路機械、油圧ブレーカ圧砕機、その他建設機械の7製品が増加した。

内需について製品別に見ると、油圧ショベルは、2,142億円で11.5%増加、ミニショベルは、644億円で12.6%の増加、建設用クレーンは、1,003億円で13.1%の増加など、3製品をはじめ計6製品が増加し、内需全体では3.7%増加した。

また、外需について製品別に見ると、トラクタは、1,630億円で49.9%の増加、油圧ショベルは、4,010億円で15.9%の増加、ミニショベルは、1,084億円で40.6%の増加、建設用クレーンは、

表-1 建設機械出荷金額実績（内需・外需）（百万円）

	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	
トラクタ	内需	128,953	144,529	111,500	88,576	89,095	91,587	87,567	63,612	67,375	73,470
	外需	109,209	130,673	151,012	185,873	93,258	83,276	87,020	100,236	108,696	162,962
	計	238,162	275,202	262,512	274,449	182,353	174,863	174,587	163,848	176,071	236,432
油圧ショベル	内需	376,808	402,362	312,824	247,496	263,380	267,425	188,967	159,521	192,052	214,172
	外需	172,868	189,301	214,421	208,604	176,600	163,180	172,457	246,681	345,935	400,994
	計	549,676	591,663	527,245	456,100	439,980	430,605	361,424	406,202	537,987	615,166
ミニショベル	内需	131,932	140,899	113,169	84,133	82,904	77,058	62,286	50,683	57,222	64,408
	外需	17,968	15,988	25,405	34,978	45,808	48,200	41,716	51,793	77,065	108,351
	計	149,900	156,887	138,574	119,111	128,712	125,258	104,002	102,476	134,287	172,759
建設用クレーン	内需	247,535	290,949	235,651	146,524	121,583	114,087	88,509	75,703	88,724	100,310
	外需	35,341	43,155	52,596	33,711	26,689	15,814	16,801	23,539	29,454	44,617
	計	282,876	334,104	288,247	180,235	148,272	129,901	105,310	99,242	118,178	144,927
道路機械	内需	62,549	69,138	56,413	44,681	39,171	39,754	35,182	32,521	34,443	33,353
	外需	10,862	16,283	15,078	15,605	11,556	16,661	11,917	12,338	14,134	18,361
	計	73,411	85,421	71,491	60,286	50,727	56,415	47,099	44,859	48,577	51,714
コンクリート機械	内需	56,954	62,161	49,335	32,857	30,707	32,612	24,787	20,312	23,955	21,346
	外需	5,338	5,061	3,446	1,924	1,320	1,651	1,302	3,290	2,571	2,082
	計	62,292	67,222	52,781	34,781	32,027	34,263	26,089	23,602	26,526	23,428
トンネル機械	内需	59,064	65,755	63,684	53,323	40,213	38,231	28,503	31,639	34,896	20,580
	外需	2,426	3,142	2,568	5,895	2,734	2,902	5,652	3,398	12,887	13,165
	計	61,490	68,897	66,252	59,218	42,947	41,133	34,155	35,037	47,783	33,745
基礎機械	内需	44,318	41,789	31,437	20,466	19,882	18,067	14,267	14,257	13,983	13,167
	外需	4,580	2,638	2,147	986	986	994	818	260	654	1,449
	計	48,898	44,427	33,584	21,452	20,868	19,061	15,085	14,517	14,637	14,616
油圧ブレーカ・圧砕機	内需	24,090	25,503	19,816	15,120	15,435	15,563	13,808	11,758	13,135	13,426
	外需	5,226	6,433	8,116	8,105	8,375	7,391	6,709	7,414	8,060	9,114
	計	29,316	31,936	27,932	23,225	23,810	22,954	20,517	19,172	21,195	22,540
その他建設機械	内需	92,251	90,239	76,093	57,690	60,752	60,908	46,610	43,285	45,605	46,532
	外需	22,150	30,175	27,798	24,997	27,897	23,696	26,339	50,797	74,008	101,290
	計	114,401	120,414	103,891	82,687	88,649	84,604	72,949	94,082	119,613	147,822
補給部品	内需	156,471	166,352	156,443	138,426	128,335	126,242	115,766	106,865	106,343	102,269
	外需	69,018	74,430	82,118	66,029	60,474	64,871	63,170	63,616	71,189	87,865
	計	225,489	240,782	238,561	204,455	188,809	191,113	178,936	170,481	177,532	190,134
合 計	内需	1,380,925	1,499,676	1,226,365	929,292	891,457	881,534	706,252	610,156	677,733	703,033
	外需	454,986	517,279	584,705	586,707	455,697	428,636	433,901	563,362	744,653	950,250
	計	1,835,911	2,016,955	1,811,070	1,515,999	1,347,154	1,310,170	1,140,153	1,173,518	1,422,386	1,653,283

<参考>

- ・道路機械：ロードローラ、タイヤローラ、振動ローラ、平板式締め機械、アスファルトフィニッシャ、モータグレーダ、ロードスタビライザ、アスファルトプラント等
- ・コンクリート機械：コンクリートポンプ車、トラックミキサ車、コンクリートパイプレータ、コンクリートプラント等
- ・その他建設機械：ドリル、可搬式コンプレッサ、重ダンプトラック、不整地運搬車、建設廃棄物破砕機等

統計

446億円で51.5%の増加、道路機械は、184億円で29.9%の増加など、5製品をはじめ計9製品と補用部品が増加し、外需全体では27.6%増加した。

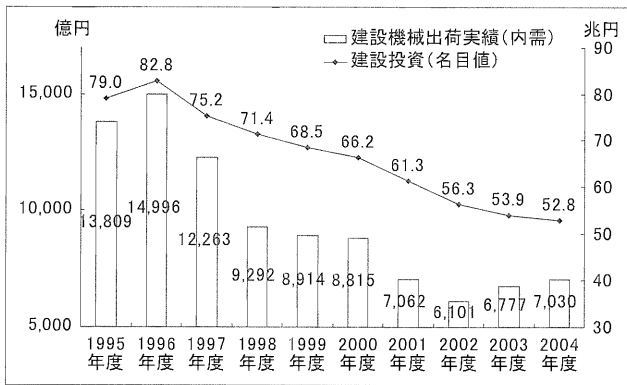
地域別に見ると、全9地域中8地域で増加、3大輸出先である北米、欧州、アジア（中国を除く）は、いずれも大きく増加した。

表一に過去10年間の建設機械出荷金額実績（内需・外需）の推移を示す。

2. 市場動向

(1) 国内市場

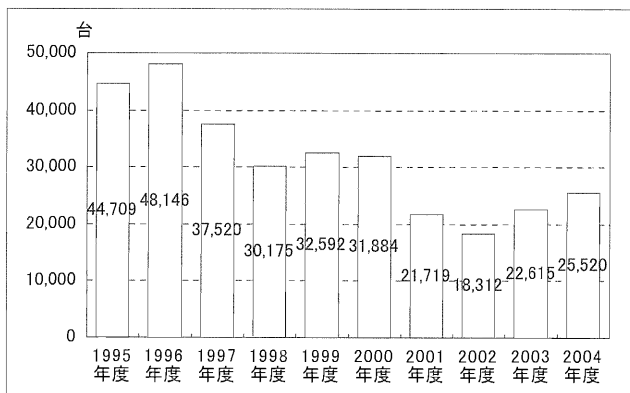
建設機械の国内出荷金額実績は、図一に示す通り、1996年度をピークとした建設投資の減少を反映した推移を示しており、これは我が国の建設投資動向は、建設機械ユーザの投資意欲に大きな影響を与えていることを裏付けている。



図一 建設機械出荷実績（内需）/建設投資（名目値）

しかしながら、2003年度以降、建設投資（名目値）は前年度比減少の推移に対して、建設機械の国内出荷金額は、増加に転じており、2004年度についても、建設投資（名目値）が前年度比2.0%減少の見通しに対して、建設機械の国内出荷金額は、全製品計で前年度比3.7%増加した。

これは海外需要の拡大に伴い、国内からの中古車輸出増加を背景に、油圧ショベルの更新を主とした新車需要が高まった結果と思わ



図二 油圧ショベル国内出荷台数

れる。

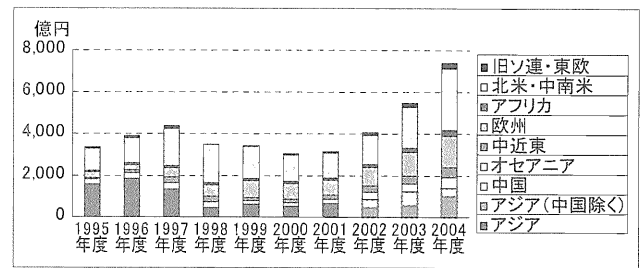
図一に過去10年間の建設機械出荷実績（内需）と建設投資（名目値）の推移を示す。

図二に示す通り、建設機械の主力製品である油圧ショベルの国内出荷台数は、1996年をピークに下降、1990年代終盤には持直すかに見えたが、再度下降に転じた。国内建設市場は既に成熟していることから、需要は景気動向、建設投資等によって左右され、2002年度を底に推移してきたが、2004年度については、前年度比12.8%増加と2年連続増加に転じる結果となった。

図二に過去10年間の「油圧ショベル国内出荷台数」の推移を示す。

(2) 海外市場

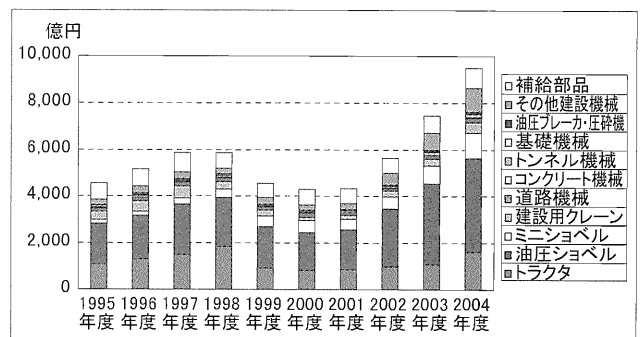
図三に示す通り、1999年以降米国の景気減速感、アジア地区の景気低迷などから出荷金額は減少傾向を示していたが、2002年度以降、主要なマーケットである北米・中南米地区、欧州の好調な経済成長を背景に、また高成長の著しいアジア地区に牽引され、増加傾向に転じた。



図三 建設機械完成品地域別輸出金額

2004年度について地域別に見ると、中国を除いた全地域で引続き大幅に拡大しており、北米・中南米地区は、2,941億円で前年度比49.5%の増加、欧州は、1,507億円で前年度比32.7%の増加、中国を除くアジア地区では、1,007億円で前年度比85.5%の増加となった。一方、これまで高成長を続けていた中国では、政府による金融引き締め策等の影響により、397億円で前年度比42.8%の減少となった。

図三に過去10年間のコンポーネントを除いた「建設機械完成



図四 建設機械別海外出荷金額

統 計

品地域別輸出金額」の推移を示す。(2002年度より、アジア地区を「中国」と「アジア(中国除く)」に区分した)。

製品別では、国内建設機械市場と同様に油圧ショベルの出荷割合が増加してきており、2004年度の総出荷金額は、4,010億円と全体の42.2%を占めるに至り、海外市場においても油圧ショベルの需要が増加している。また、ミニショベルについては、1,084億円と前年度比40.6%と大幅に増加しており、全体の11.4%を占めるに至っている。

図-4に「建設機械別海外出荷金額」の推移を示す。

3. リース・レンタル動向

国内建設業界における建設機械のリース・レンタル化は引続き上昇傾向にある。

2004年度における国内へ出荷される建設機械の内、リース・レンタル業へ出荷される比率は36.7%と前年度比3.2%増加している。

表-2に補給部品を除いた建設機械本体の業種別(リース・レン

表-2 業種別(リース・レンタル/その他)国内出荷金額実績(百万円)

		1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度
ト ラ ク タ	ユーザー等	103,771	113,959	88,823	70,655	72,173	75,113	69,478	50,435	55,305	60,307
	リース・レンタル	25,182	30,570	22,677	17,921	16,922	16,474	18,089	13,177	12,070	13,163
	計	128,953	144,529	111,500	88,576	89,095	91,587	87,567	63,612	67,375	73,470
油 圧 シ ョ ベ ル	ユーザー等	281,586	287,539	222,438	168,490	172,588	161,046	112,477	97,831	111,964	122,191
	リース・レンタル	95,222	114,823	90,386	79,006	90,792	106,379	76,490	61,690	80,088	91,981
	計	376,808	402,362	312,824	247,496	263,380	267,425	188,967	159,521	192,052	214,172
ミ ニ シ ョ ベ ル	ユーザー等	89,138	87,978	68,568	48,473	45,470	40,588	33,206	26,678	28,675	32,865
	リース・レンタル	42,794	52,921	44,601	35,660	37,434	36,470	29,080	24,005	28,547	31,543
	計	131,932	140,899	113,169	84,133	82,904	77,058	62,286	50,683	57,222	64,408
建 設 用 ク レ ー ン	ユーザー等	159,938	178,796	138,509	78,603	68,845	61,643	49,841	42,624	51,665	51,940
	リース・レンタル	87,597	112,153	97,142	67,921	52,738	52,444	38,668	33,079	37,059	48,370
	計	247,535	290,949	235,651	146,524	121,583	114,087	88,509	75,703	88,724	100,310
道 路 機 械	ユーザー等	45,060	48,900	40,638	30,058	26,454	26,708	23,477	22,443	21,587	20,250
	リース・レンタル	17,489	20,238	15,775	14,623	12,717	13,046	11,705	10,078	12,856	13,103
	計	62,549	69,138	56,413	44,681	39,171	39,754	35,182	32,521	34,443	33,353
コ ン ク リ ー ト 機 械	ユーザー等	51,520	58,059	46,137	30,234	27,978	29,894	21,929	18,065	21,228	18,594
	リース・レンタル	5,434	4,102	3,198	2,623	2,729	2,718	2,858	2,247	2,727	2,752
	計	56,954	62,161	49,335	32,857	30,707	32,612	24,787	20,312	23,955	21,346
ト ン ネ ル 機 械	ユーザー等	55,133	64,735	61,252	50,975	37,901	36,303	26,742	31,294	34,746	19,921
	リース・レンタル	3,931	1,020	2,432	2,348	2,312	1,928	1,761	345	150	659
	計	59,064	65,755	63,684	53,323	40,213	38,231	28,503	31,639	34,896	20,580
基 礎 機 械	ユーザー等	42,375	39,778	28,763	18,722	17,149	15,601	13,184	12,831	12,510	11,738
	リース・レンタル	1,943	2,011	2,674	1,744	2,733	2,466	1,083	1,426	1,473	1,429
	計	44,318	41,789	31,437	20,466	19,882	18,067	14,267	14,257	13,983	13,167
油 圧 プ レ ー カ ・ 圧 碎 機	ユーザー等	22,234	22,862	18,096	10,938	10,915	11,614	12,183	10,541	10,850	10,712
	リース・レンタル	1,856	2,641	1,720	4,182	4,520	3,949	1,625	1,217	2,285	2,714
	計	24,090	25,503	19,816	15,120	15,435	15,563	13,808	11,758	13,135	13,426
そ の 他 建 設 機 械	ユーザー等	63,778	57,981	48,696	36,731	40,734	41,338	31,436	30,119	31,233	31,859
	リース・レンタル	28,473	32,258	27,397	20,959	20,018	19,570	15,174	13,166	14,372	14,673
	計	92,251	90,239	76,093	57,690	60,752	60,908	46,610	43,285	45,605	46,532
本 体 計	ユーザー等	914,533	960,587	761,920	543,879	520,207	499,848	393,953	342,861	379,763	380,377
	リース・レンタル	309,921	372,737	308,002	246,987	242,915	255,444	196,533	160,430	191,627	220,387
	計	1,224,454	1,333,324	1,069,922	790,866	763,122	755,292	590,486	503,291	571,390	600,764
補 給 部 品	ユーザー等	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	リース・レンタル	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	計	156,471	166,352	156,443	138,426	128,335	126,242	115,766	106,865	106,343	102,269
内 需 計	1,380,925	1,499,676	1,226,365	929,292	891,457	881,534	706,252	610,156	677,733	703,033	

注) ユーザ等とは、建設業者、官公庁など、リース・レンタル以外の全てを言う。

統計

タル/その他) 国内出荷金額実績の推移を示す。

図-5 にリース・レンタル業向け出荷金額比率(主要5製品)を示す。2004年度における国内市場の主力製品である油圧ショベルのリース・レンタル比率は42.9%と前年比1.2%増加、ミニショベルは、49.0%と前年比0.9%減少と若干減少したものの、リース・レンタル比率は依然として増加ないしは高い比率で推移しており、今後共この傾向は継続するものと思われる。

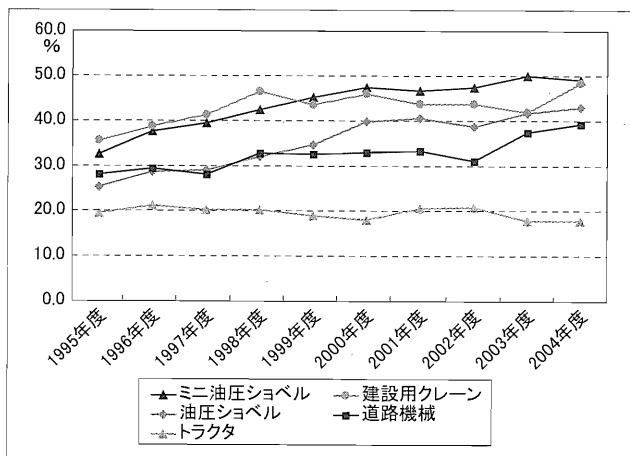


図-5 リース・レンタル業向け出荷金額比率 (主要5製品)

4. 中古車市場動向

国内からの中古車輸出の増加が更新を主とした国内新車需要の喚起になると想定される点については、2章(1)節「国内市場」の項で触れているが、本章では、その中古車の流通状況についての特徴を記した。

(1) 新車販売と中古車の発生

中古車の発生は下取等で新車販売店へ入庫するものと、中古車販売会社を買取りするものと2通りに大別される。その総発生量と新車販売台数を表したのが、図-6である。

なお、主要6機種とは油圧ショベル、ミニショベル、クローラトラクタ、ホイールローダ、クローラクレーン、ラフテレーンクレーンである。

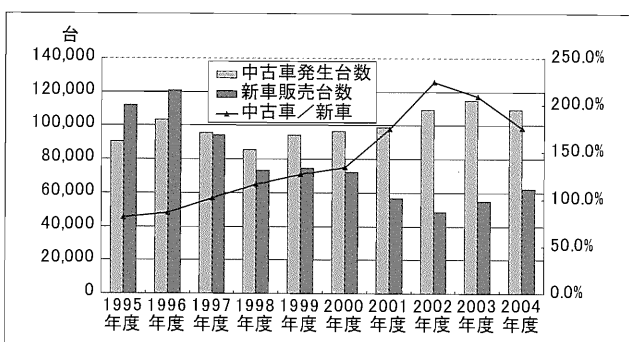


図-6 中古車発生・新車販売台数 (主要6機種)

図-6 に示す通り、1997年度に中古車発生台数が新車販売台数を上回って以来、2002年度の中古車発生は新車の2.3倍とピークになり2004年度では、1.8倍となった。これは、エンドユーザやレンタル会社が新車購入の際の下取りを複数(下取り台数>新車台数)としたり、不要保有機の処分のため、中古車販売会社へ直接売却する等の対策をしているためと思われる。

また建設機械メーカーが低迷している国内新車販売の活性化のために、積極的に下取り等の受入れを進めていることも増加の要因になっている。

(2) 中古車の需要傾向

発生した中古車は一部(部品取・スクラップ等)を除き、大半が国内または海外(輸出)で販売される。これを国内・海外需要として10年間の推移を見ると、図-7の通りである。

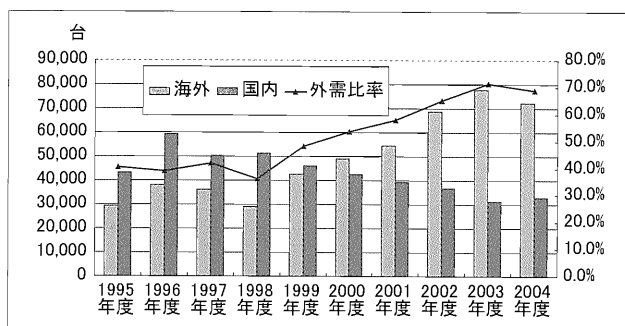


図-7 中古車需要台数の国内・海外構成 (主要6機種)

図-7 に示す通り国内向けは1996年をピークにそれ以降、年々減少し、その反面、輸出は増加し、2003年度は輸出比率が70%を超えた。

ちなみに1998年度と2004年度の対前年度比減(落込み)は、各々、アジア通貨危機、中国の金融引締め策等の影響であり、この時期、中古車は流通量、価格の両面で不安定になる等、大きな影響を受けた。現在、中古車の輸出は、中古車市場において、重要なファクターであり、安定した輸出ルートの育成が建設機械業界として望まれる。

(3) 中古車輸出状況

図-8 は、2001年度~2004年度の中古車の機種別輸出状況を示

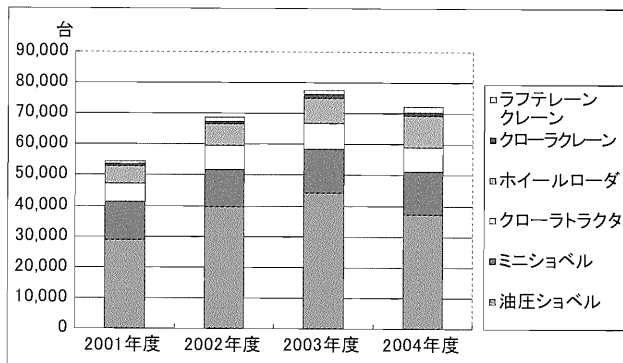


図-8 機種別中古車輸出台数 (主要6機種)

す。2004年度の機種構成では、油圧ショベルが約52%で最も多く、ついでミニショベル(19%)、ホイールローダ(14%)の順である。

また、中古油圧ショベルの輸出先を見ると、図-9の通りであり、2004年度では、前年を下回るとはいえ中国・香港が32%と突出しており、ついで米国(12%)、ベトナム(11%)の順である。東南アジア(マレーシア、タイ、フィリピン等)に約60%を占めている1990年代半ば時の主需要国構成に変化が見られる。

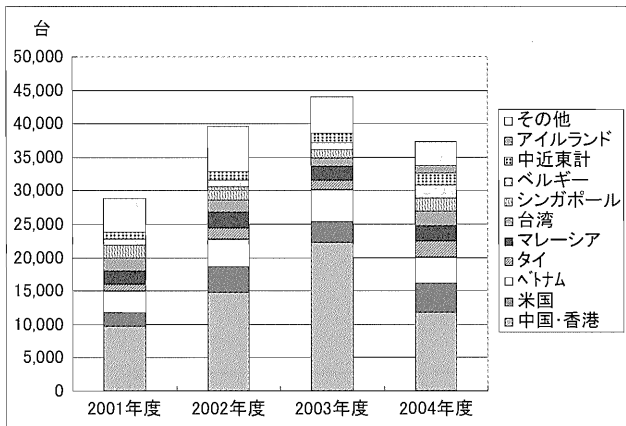


図-9 中古油圧ショベル輸出状況

(4) 中古車の販売方法

中古車の販売にあたっては、従来の相対取引に加え、近年、中古車販売会社が主催するオークションが定着化し、中古車流通の重要な手段となり、2004年度では、中古車販売店の販売扱い総数の約18%となっている。

今後もこれらオークション等の大量販売方式の継続と共に、出展機種の拡大やIT機器を利用した販売方法等の伸展が予想される。

5. 建設機械市場の今後の見通し

国内建設機械市場は、公共投資は依然として厳しい状況にあるものの、災害復旧需要、民間設備投資の増加、中古車の海外輸出による入替え需要等により、引き続き堅調に推移するものと推測される。

一方、海外市場においては、中国向けは金融引締め政策等により先行き不透明な状況にあるものの、他の海外全地域では好調な経済成長を背景とした需要拡大が堅調に推移し、海外全体としては、引き続き好調に推移するもの推測される。

(出典：本報告に使用した統計諸資料は社団法人日本建設機械工業会発表の統計資料による)

JICMA

絵で見る安全マニュアル

〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

■要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5判 70頁 定価650円(消費税込) 送料270円

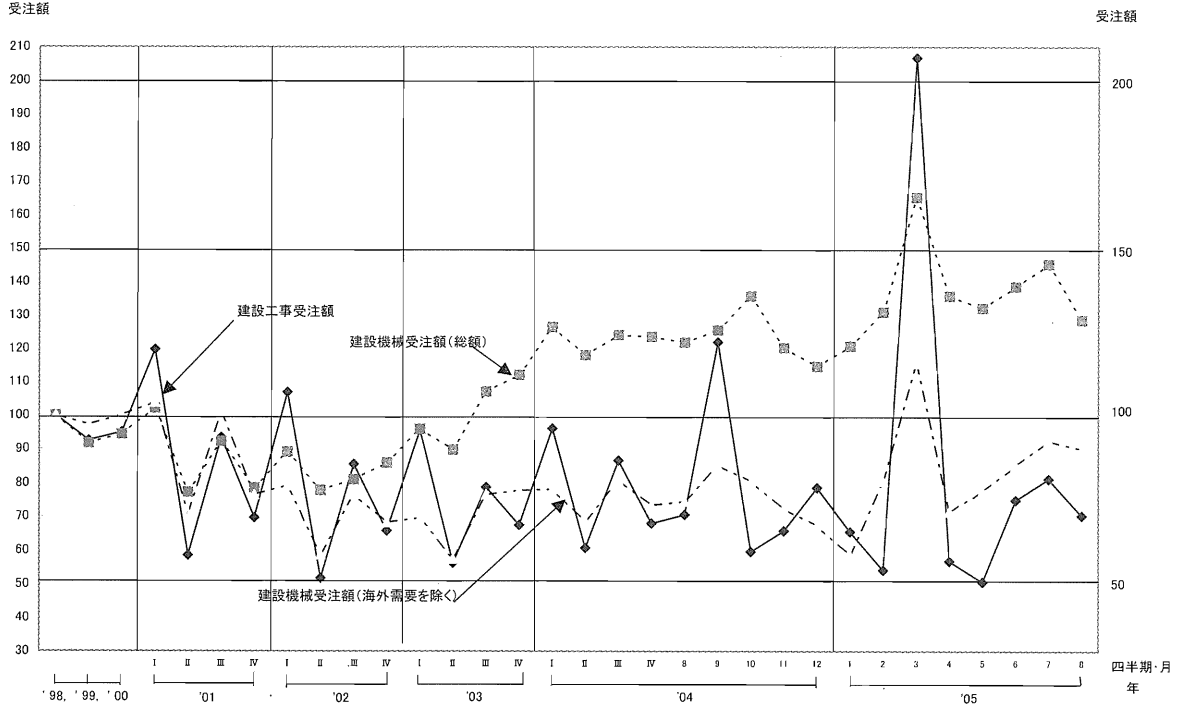
社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

統計

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 1998年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数26前後) (指数基準 1998年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手50社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未 消 化 工 事 高	施 工 高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
1998年	167,747	103,361	16,700	86,662	51,132	4,719	8,535	106,206	61,541	193,823	183,759
1999年	155,242	96,192	12,637	83,555	50,169	4,631	4,250	97,073	58,169	186,191	164,564
2000年	159,439	101,397	17,588	83,808	45,494	6,188	6,360	104,913	54,526	180,331	160,536
2001年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2002年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2004年 7月	9,391	6,505	1,230	5,275	2,009	404	473	6,684	2,707	135,090	10,374
8月	9,873	6,872	1,179	5,693	2,039	389	573	7,143	2,730	134,739	9,928
9月	17,059	13,233	2,474	10,759	2,680	551	596	13,021	4,038	137,779	14,195
10月	8,335	5,618	1,194	4,424	2,036	351	330	5,802	2,534	136,400	9,719
11月	9,199	6,602	1,612	4,991	1,904	441	252	6,783	2,416	134,761	10,534
12月	10,984	8,113	1,619	6,494	2,032	469	370	8,456	2,528	133,279	12,491
2005年 1月	9,157	6,510	1,350	5,160	1,564	383	700	6,666	2,492	133,104	9,782
2月	7,565	4,826	997	3,829	1,965	434	340	5,005	2,559	129,801	10,949
3月	28,900	16,277	3,296	12,982	10,169	604	1,849	16,275	12,625	138,632	19,897
4月	7,938	6,566	1,681	4,885	793	406	172	6,105	1,832	137,516	9,018
5月	7,071	5,231	1,221	4,010	1,161	383	295	5,205	1,866	136,004	8,865
6月	10,464	7,729	1,489	6,240	1,768	435	533	7,650	2,814	135,675	10,799
7月	11,348	6,949	1,273	5,677	2,239	416	1,743	7,076	4,272	137,122	9,743
8月	9,830	7,234	1,614	5,621	2,054	416	126	7,153	2,677	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	'98年	'99年	'00年	'01年	'02年	'03年	'04年	'04年 7月	8月	9月	10月	11月	12月	'05年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
総 額	10,327	9,471	9,748	8,983	8,667	10,444	12,712	1,076	1,049	1,081	1,169	1,035	987	1,040	1,127	1,422	1,169	1,138	1,193	1,250	1,107
海外需要	4,171	3,486	3,586	3,574	4,301	6,071	8,084	652	667	644	756	664	641	740	714	829	802	740	756	776	646
海外需要を除く	6,156	5,985	6,162	5,409	4,365	4,373	4,628	424	382	437	413	371	346	300	413	593	367	398	437	474	461

(注) 1998年~2000年は年平均で、2001年~2004年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2004年8月以後は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2005年9月1日～30日)

■ 機 械 部 会

■ トンネル機械技術委員会・さく岩機分科会

月 日：9月2日(金)
出席者：阿部裕之分科会長ほか6名
議 題：①C規格の2次精査 ②その他

■ ショベル技術委員会

月 日：9月5日(月)
出席者：此村 靖委員長ほか4名
議 題：①燃費測定法について ②その他

■ 機械整備技術委員会

月 日：9月5日(月)
出席者：吉田弘喜委員長ほか9名
議 題：①パワー締付け工具について
②OBD-IIについて ③その他

■ 建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会

月 日：9月8日(木)
出席者：石倉武久分科会長ほか2名
議 題：①EN 474-12のC規格作成
検討 ②その他

■ トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：9月8日(木)
出席者：坂下 誠分科会長ほか9名
議 題：①アンケート調査結果集計表
の確認 ②調査項目のまとめ方について
③その他

■ トンネル機械技術委員会・未来技術開発分科会

月 日：9月8日(木)
出席者：森 政嗣分科会長ほか7名
議 題：①シールド分岐合流に関する
各社HPのまとめ ②その他

■ ショベル技術委員会自走式リサイクル機械分科会

月 日：9月12日(金)
出席者：森谷幸雄分科会長ほか6名
議 題：①C規格文案の審議 ②その他

■ 路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会

月 日：9月13日(火)
出席者：小葉賢一分科会長ほか12名
議 題：①瀝青材散布記の安全要求に
ついて ②アスファルトフィニッシャ
の安全要求事項 ③その他

■ トンネル機械技術委員会・TBM分科会

月 日：9月13日(火)
出席者：寺田紳一分科会長ほか9名
議 題：①EN 815和訳の精査 ②そ
の他

■ 除雪機械技術委員会・技術検討WG

月 日：9月13日(火)
出席者：江本 平幹事長ほか14名
議 題：①除雪機械の技術資料改訂検
討について ②その他

■ 機械部会・運営連絡委員会

月 日：9月14日(水)
出席者：山口 武部会長ほか12名
議 題：①平成17年度各技術委員会
の活動報告 ②燃費試験基準の検討状
況 ③機械部会の運営について ④そ
の他

■ コンクリート機械技術委員会

月 日：9月15日(木)
出席者：大村高慶委員長ほか10名
議 題：①コンクリートプラント及び
ミキサの安全要求事項の審議 ②そ
の他

■ 機械部会・幹事会

月 日：9月20日(火)
出席者：山口 武部会長ほか22名
議 題：①平成17年度各技術委員会
の活動報告 ②その他

■ 建築生産機械技術委員会・定置式クレーン分科会

月 日：9月21日(水)
出席者：三浦 拓分科会長ほか3名
議 題：①プランニング百科の見直し
②その他

■ 基礎工事用機械技術委員会・幹事会

月 日：9月21日(水)
出席者：青柳隼夫委員長ほか7名
議 題：①平成17年度活動内容、計
画について ②ホームページの内容に
ついて ③その他

■ 基礎工事用機械技術委員会・環境対策分科会

月 日：9月21日(水)
出席者：依田 誠分科会長ほか7名
議 題：①環境対策技術に関する調査
報告の内容確認 ②その他

■ 基礎工事用機械技術委員会・C規格対応分科会

月 日：9月21日(水)
出席者：濱野 衛分科会長ほか10名
議 題：①基礎工事用機械のC規格
検討について ②その他

■ 基礎工事用機械技術委員会・技術変遷調査分科会

月 日：9月21日(水)
出席者：鈴木勇吉分科会長ほか8名

議 題：①報告書のまとめ方 ②ホー
ムページ掲載に関する検討

■ トンネル機械技術委員会・技術研究分科会

月 日：9月29日(木)
出席者：福田日出男分科会長ほか4名
議 題：①文献調査表の修正及びまと
め ②分析及び評価法の検討 ③そ
の他

■ トンネル機械技術委員会・さく岩機分科会

月 日：9月30日(金)
出席者：阿部裕之分科会長ほか3名
議 題：①C規格の2次精査 ②そ
の他

■ 業 種 別 部 会

■ 製造業部会・マテリアルハンドリングWG

月 日：溝口孝遠リーダほか11名
議 題：①リフマグ、グラブルの対
応について ②その他

■ ラフテレーン通行許可検討会

月 日：9月26日(月)
出席者：溝口孝遠副幹事長ほか4名
議 題：①ラフテレーンの通行許可制
度について ②その他

■ 建 設 業 部 会

■ 建設業部会小幹事会

月 日：9月2日(金)
出席者：西上雅朗部会長ほか12名
議 題：①平成17年度上期活動報告
について ②「機電技術者のあり方と
施策」の今後の進め方 ③分科会活動
経過報告

■ 建設業部会見学会

月 日：9月8日(木)～9月9日(金)
出席者：西上雅朗部会長ほか19名
見学場所：①京極発電所上部調整池JV
工事作業所 ②(株)カナモト苫小牧営
業所

■ 建設機械の安全提案分科会

月 日：9月13日(火)
出席者：篠原 望分科会長ほか8名
議 題：①平成17年度上期活動報告
について ②小幹事会(9月2日)議
事内容およびヒアリング結果報告 ③
今後の分科会活動について

■ 建設業部会—B分科会

月 日：9月22日(木)
出席者：阿部愛和副分科会長ほか3名
議 題：①小幹事会(9月2日)での
分科会活動についての確認事項等 ②

具体的な活動テーマについて ③今後の進め方

■建設業部会小幹事会

月 日：9月29日(木)

出席者：西上雅朗部会長ほか28名

議題：①分科会活動経過報告 ②平成17年度上期活動報告

■商 社 部 会

■商社部会三役会

月 日：9月12日(月)

出席者：玉村 久幹部長ほか2名

議題：①平成17年度上期事業報告について ②今後の予定について

■ 各 種 委 員 会

■機関誌編集委員会

月 日：9月13日(火)

出席者：村松敏光委員長ほか15名

議題：①平成17年12月号(第670号)の計画 ②平成18年1月号(第671号)の素案

■建設経済調査分科会

月 日：9月14日(水)

出席者：山名至孝委員ほか5名

議題：①国土交通省重点政策について ②建設機械市場の動向について

■新機種調査分科会

月 日：9月21日(水)

出席者：渡部 務委員長ほか2名

議題：①新機種情報の検討 ②技術交流討議

■新工法調査分科会

月 日：9月28日(水)

出席者：村本利行委員ほか4名

議題：①新工法調査 ②キーワード分担

… 支部行事一覧 …

■ 北 海 道 支 部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月9日(金)～11日(日)

場 所：①石狩市・(株)日立建機教習センター北海道教習所 ②石狩市・コベルコ教習(株)北海道教習センター

受験者：1級176名、2級450名

■第3回技術部会技術委員会

月 日：9月15日(木)

出席者：堅田 豊技術部会長ほか19名

議 題：除雪機械技術講習会のテキスト等について

■ 東 北 支 部

■機械設備部会防災訓練

月 日：9月1日(木)

参加者：深堀哲男部会長ほか2名及び会員6社

実施内容：

①東北地方整備局対応訓練

災害時の応援協定に基づき東北地方整備局からの要請に応諾返信

②東北支部独自の情報伝達訓練

東北地方整備局災害応援の箇所に対応する関係会員への情報伝達訓練

■機械設備部会・広報部会

月 日：9月20日(火)

出席者：深堀哲男機械設備部会長及び山田仁一広報部会長

議 題：新技術情報交換会及び技術委員会について協議

■ 北 陸 支 部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月5日(月)～9日(金)

場 所：コベルコ教習所新潟教習センター

受験者：1級72名、2級240名、計312名(延べ)

■ゆきみらい事務局会議

月 日：9月9日(金)

場 所：上越市役所会議室

出席者：山崎祐治企画部会委員

議 題：「ゆきみらい2006 in 上越」

実施計画について

■建設技術報告会

月 日：9月15日(木)

場 所：石川県地場産業振興センター

出席者：上村弘普及部会委員ほか38名

■けんせつフェア北陸 in 金沢

月 日：9月16日～17日

場 所：石川県産業展示館

出席者：羽賀清治広報委員長ほか150名

■雪氷部会

月 日：9月21日(水)

場 所：白山会館

出席者：今野和則雪氷部会長ほか18名

議 題：平成17年度活動状況報告

■新潟地区ゴルフ大会

月 日：9月27日(火)

場 所：中峰 CC

出席者：津国幸治氏ほか21名

■ 中 部 支 部

■中部地方整備局防災訓練

月 日：9月1日(木)

出席者：植村 靖部会委員ほか2名

内 容：東海地震を想定した情報伝達訓練に参加

■平成17年度建設機械施工技術検定試験(操作施工法)

月 日：9月5日(月)～8日(木)

場 所：刈谷市・住友建機販売(株)名古屋技術研修所

受験者：1級117名、2級316名(延べ受験者数1級203名、2級386名)

■広報部会

月 日：9月12日(月)

出席者：西脇恒夫広報部会長ほか11名

議 題：①広報誌「支部だより」No.65号の編集会義 ②工事見学会について

■建設技術フェア実行委員会「事務局会議」

月 日：9月28日(水)

出席者：梅田佳男事務局長

議 題：建設技術フェア実施内容・広報計画について検討

■支部親交ゴルフ会開催

月 日：9月30日(金)

出席者：愛知カントリークラブ

参加者：土屋功一支部長他27名

■ 関 西 支 部

■建設インキュベーション委員会

月 日：9月1日(木)

出席者：建山和由委員長他17名

議 題：①繊維質固化処理土工法の概要と処理土の力学特性(東北大学大学院環境科学研究科教授)高橋 弘・(森環境技術研究所所長)森 雅人 ②新技術に関する文献調査

■建設機械施工技術検定試験(実地)

実施日・場所

①9月5日(月)～7日(水)

小野試験場

②9月5日(月)～8日(木)

明石試験場

受験者：1級154名、2級479名(1種61名、2種363名、3種8名、4種23名、5種13名、6種11名)

■橋梁技術委員会

月 日：9月13日(火)

出席者：早川 充委員長他8名

議 題：①安全施工マニュアル（送り出し工法）作成について

■公共工事等における技術活用システム説明会

月 日：9月14日（水）

参加者：31名

題 目：公共工事等における技術活用システムについて（①評価試行方式、②テーマ設定技術募集方式（フィールド提供と推奨技術選定））

講 師：近畿地方整備局企画部施工企画課（課長補佐）脇本吉庸・（施工係長）田中春唯

■水中ポンプ分科会

月 日：9月27日（火）

出席者：朝比奈忠嘉分科会長他10名

議 題：①平成16年度分科会活動報告について ②平成17年度分科会活動計画について ③水中ポンプ及びフロートスイッチの推奨交換周期について

■広報部会編集会議

月 日：9月28日（水）

出席者：三村邦有編集委員長他8名

議 題：JCMA 関西第88号の編集について

■ 中 国 支 部

■建設機械施工技術検定実地試験

①広島会場

月 日：9月3日（土）～5日（月）

場 所：扇二丁目多目的広場（広島）

受験者：1級78名，2級170名

②島根会場

月 日：9月3日（土）～4日（日）

場 所：（株）原商（宍道）

受験者：1級8名，2級78名

■みる・きく・ふれる国土建設フェア2005

月 日：9月9日（金）～10日（土）

場 所：広島グリーンアリーナ・基町中央公園

出店団体：行政機関11機関・民間団体27団体（民間企業86社）

入場者数：16,640名

支部出店内容：①盛土締固めの情報化施工管理 ②解体現場で活躍する内装解体機 ③バックホウの達人による実演 ④ミニバックホウ試乗写真撮影会

■第4回部会長会議

月 日：9月21日（水）

場 所：支部会議室

出席者：清水芳郎企画部会長ほか11名

議 題：中国支部中期事業計画策定について

■新技術活用研修会

月 日：9月22日（木）

場 所：①豊島大橋下部工事現場 ②呉市海事歴史科学館

参加者：17名

対象技術：岩着式アンカレイジ（岩盤引抜き耐力によりケーブルを支える技術）

■ 四 国 支 部

■見学会

月 日：9月5日（月）～6日（火）

見学先：トヨタ自動車組立て工場及び

万博「愛・地球博」

参加者：18名

■1・2級建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月8日（木）～9日（金）

場 所：普通寺市（日立建機普通寺営業所）

受験者：1級70名，2級224名

■ 九 州 支 部

■企画委員会

月 日：9月7日

出席者：相川 亮委員長外6名

議 題：①支部の広報（HP及びニュース発行）について

■企画委員会

月 日：9月21日

出席者：牧野千代春副委員長外5名

議 題：①九州建設技術フォーラムについて ②支部の広報計画について ③災害時の協定について ④支部の行事計画について

■水門・ダム機械委員会

月 日：9月22日

出席者：村上輝久委員長外12名

議 題：水門設備点検整備における定量管理について

■ポンプ委員会

月 日：9月22日

出席者：安藤泰宣副委員長外9名

議 題：ポンプ設備点検整備における定量管理について

編集後記

この「トンネル・シールド」の特集号が発行されるときに新潟県中越地震から1年が経ちますので、グラビアでは今の被災地の現況を取上げてみました。新潟県中越地震の復旧では、今でも手を付けられる状況にない地域もある中、仮設住宅入居の方々はまだ9,000名を数え、不便な生活を強いられていることをTV・新聞等の報道で目にされた方も多いはず。少しでも早く復興できることを祈っております。

他方、最先進国として世界に冠たるアメリカにおいて、8月末にアメリカ南部を襲い最大の被害をもたらしたハリケーン「カトリーナ」。甘い香りのする女性名が一転アメリカ、否、世界の経済をも揺るがす大惨事をもたらしました。更に追い討ちを掛けるように、引続き襲来したハリケーン「リタ」「ウィルマ」。復旧など、手を染める暇もなくメキシコより、上陸しています。この現象をなんと解釈すればよいのでしょうか。

研究者の方々には、納得する理論が立てられるのでしょうか？それとも、人間の驕りに対する自然のしっぺ返しなのでしょう？われわれにとっては、後者の受取り方をした方が今後、子孫のためにも素直な解釈であるような気がしてなりません。

さて、今回のトンネル・シールド特集の編集にあたりまして、インターネット等を通じて様々な技術に触れました。

歴史を遡れば昭和30年代にはトンネル断面を小分割して施工する導坑先進工法が主体であったものが、50年代にはNATM工法、TBM工法、TWS工法と、時代とともに省力化、高速化及び安全性への配慮などが図られてきました。一方、施工現場では機械化による作業員の削減、トンネル内環境も換気のおかげで綺麗になり、作業環境の観点からも数段良くなってきています。

事情が許せば、これらの技術の変遷についても紹介できれば、より一層興味深い内容になったのではないのでしょうか。

また、誌面の関係から掘削の技術に関するものを中心に掲載させていただきましたが、トンネルに関する技術も日々進歩しており、今回の誌面で紹介できなかったテーマも多々ありました。維持管理に関する技術、道路トンネルであれば換気、照明など、関連する技術についても特集号として紹介できるものと思っております。

最後に、ご多忙中にもかかわらず、ご執筆いただきました方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

(芳賀・軍記)

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

村松 敏光

編集委員

清水 純	国土交通省
西園 勝秀	国土交通省
照井 敏弘	農林水産省
夏原 博隆	鉄道・運輸機構
植松 和弘	東日本高速道路
新野 孝紀	首都高速道路
坂本 光重	本州四国連絡道路
平子 啓二	水資源機構
吉村 豊	電源開発
松本 敏雄	鹿島
和田 一知	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機
金津 守	コマツ
山崎 忍	清水建設
村上 誠	新キャタピラー三菱
星野 春夫	竹中工務店
銅冶 祐司	東亜建設工業
中山 努	西松建設
森本 秀敏	日本国土開発
斉藤 徹	NIPPO
梅本 慶三	ハザマ
三柳 直毅	日立建機
岡本 直樹	山崎建設
庄中 憲	施工技術総合研究所

12月号「特殊条件下での建設施工機械 特集」予告

- ・水中施工機械の高度利用について
- ・1,000mの大深度立坑掘削と施工機械
- ・インフラ過密地域での大断面掘削
- ・非開削による地下空間拡大
- ・省スペース型垂直土砂搬送装置
- ・最大傾斜度80度の法面で活躍するロッククライミングマシーン
- ・特殊条件下での圧入工法の現状
- ・双腕作業機の開発
- ・狭隘空間で使用する内装解体機の開発と適用

No.669 「建設の施工企画」 2005年11月号

(定価) 1部840円(本体800円)
年間購読料9,000円

平成17年11月20日印刷

平成17年11月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社 技報堂

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax. (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支部	〒950-0965 新潟市新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支部	〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20	電話 (092) 741-9380