

部 会 報 告

# シールドトンネルおよび山岳トンネル工事に 建設機械の現状と将来の展望

—アンケート調査結果報告書（抜粋版）—

機械部会トンネル機械技術委員会

1. はじめに (1) 目的	3. シールドトンネル調査結果 (1) 「機械設備の要求機能・性能」について (2) 「情報化・装置化施工」について (3) 「環境負荷の低減」について (4) 「工事の安全」について (以上2月号)	4. 山岳トンネル調査結果 (1) 「機械設備の要求機能・性能」について (2) 「自動化・ロボット化」について (3) 「環境負荷の低減」について (4) 「工事の安全」について
2. 調査方法 (1) 調査対象 (2) シールドトンネル工事調査結果 (3) 山岳トンネル工事調査結果		5. まとめ (以上3月号)

## 4. 山岳トンネル調査結果

### (1) 「機械設備の要求機能・性能」について（山岳トンネル編）—調査結果の分析—

#### (a) 目的

鋼製支保工を用いた矢板工法からNATMに変遷以来、山岳トンネル技術は急速な発展を遂げてきた。しかし、今、NATMも円熟期を迎え、大断面化、長距離化、急速施工が求められ、都市部の軟弱地山への適用が多くなる傾向にある。また、品質向上、工期短縮、安全性向上、工事費削減が要求され、NATMを超える革新的な工法が待ち望まれている。

このような状況の中で市場が求めている山岳トンネル機械設備の基本的なコンセプト、イメージを構想するため

表-6 山岳トンネル機械設備の要求機能・性能に関するアンケート項目

(1) 施工件数	回答者の山岳トンネル施工件数
(2) 掘削工	掘削 — 自由断面掘削機, その他の機械 穿孔 — ドリルジャンボ, その他の機械 装薬発破 — ドリルジャンボのマンネージ使用, 自動装薬機, その他の機械 ずり出し — 積込み機, ずり運搬, その他の機械
(3) 支保工	吹付けコンクリート — コンクリート吹付け機, 吹付けロボット, その他機械 鋼製支保工建込み — ドリルジャンボの支保ホルダー使用, エレクタ台車, その他機械 ロックボルト打設 — ドリルジャンボ, モルタル注入機, その他機械
(4) 防水工	防水シート張り — シート張り台車, その他機械
(5) 覆工	覆工 — スライドセントル, その他の機械
(6) 仮設備	仮設備 — 吹付けプラント設備, 換気設備, 濁水処理設備, その他設備
(7) TBM	TBM — カッター部, ずり処理, 全体のシステム機体を前進させる推力, その他設備

に、機械設備の機能・性能に対する主要望をまとめた。

#### (b) アンケート内容

山岳トンネルは機械設備が多種多様であるため、作業工種別の機械設備について、それぞれの工種ごとに要重点を中心に選択式でアンケート調査を実施し、また、記述欄も設け自由に意見を述べられるようにした。

また、これから急速に発展していくであろうTBMに関しても、調査の対象にした。

山岳トンネル編「機械設備の要求機能・性能」に対するアンケート項目と工種別機械設備の関連は表-6 以下による（太字の項目についてはアンケート結果を詳述）。

#### (c) アンケート結果

##### ① 自由断面掘進機（図-33）

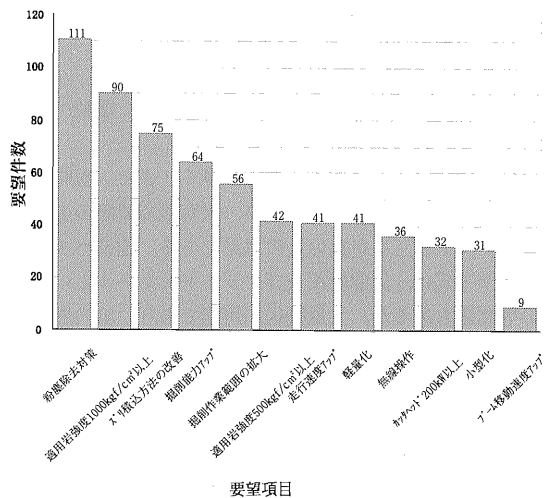
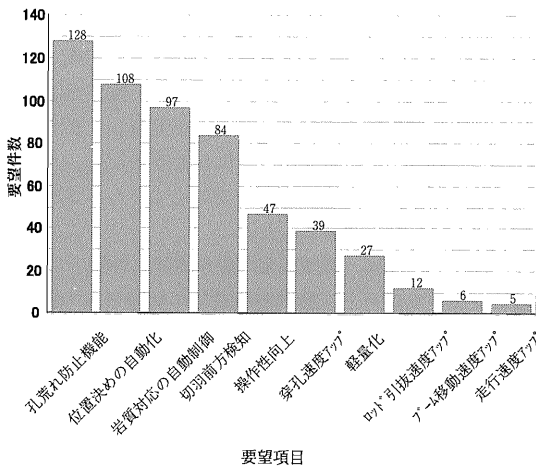


図-33 自由断面掘削機（掘削工・掘削）

粉塵除去対策、適用岩強度 1,000 kgf/cm<sup>2</sup> 以上、ずり積込み方法の改善、掘削能力アップ、の順である。掘削時に発生する粉塵は切羽を見づらくするため、粉塵除去対策は掘削効率の低下防止にもつながる。全体的な機械性能の向上により、機械掘削工法の適用範囲拡大を指向している。記述式の中では、粉塵対策と掘削の自動化に多くの意見が寄せられた。岩種・岩強度を判定し最適出力で掘削する。本体位置を自動計測し、掘削範囲を自動掘削する、などである。

② ドリルジャンボの穿孔 (図—34)

孔荒れ防止機能、位置決め自動化、岩質対応の自動制御、切羽前方検知、の順である。オペレータの技量によりばらつきがある穿孔時間を、自動化してばらつきをなくし、安定したサイクルタイムの確保を目指している。孔荒れは、サイクルタイムに大きく影響するため、孔荒れ防止は重要な機能である。記述式も、全く同様な傾向で、穿孔位置決め自動化、岩強度検知機能、余掘りを少なくするための制御などがある。



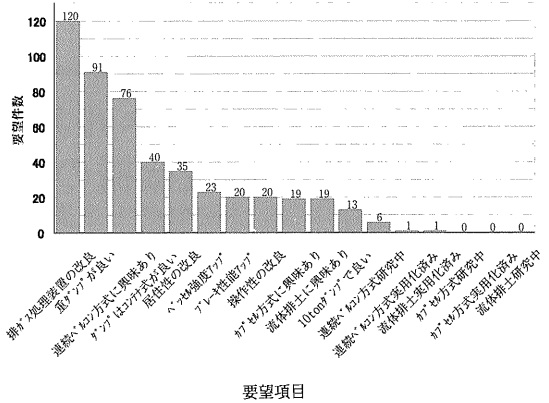
図—34 ドリルジャンボの穿孔 (掘削工・穿孔)

③ ずり運搬 (図—35)

排ガス処理装置の改良、重ダンプが良い、連続ベルトコンベヤ方式に興味あり、が多い。

坑内環境の改善に関する要求が多く、また、短時間に切羽を開放する必要があるため、大容量で故障の少ない重ダンプトラックが良いとの意見である。連続ベルトコンベヤ方式は、急曲線部及びスライドセントルとの取合い等問題もあるが、大量輸送が可能であり、坑内環境の改善からも多くの人が支持している。

記述式でも同様であるが、ずり搬出方式はトンネルの断面・延長・近隣の条件で組み合わせは異なる、との意見も頂いた。重ダンプに関しては、坑内で楽にUターンできる機能、後退運転時のよりいっそうの視界の確保などが挙げられている。



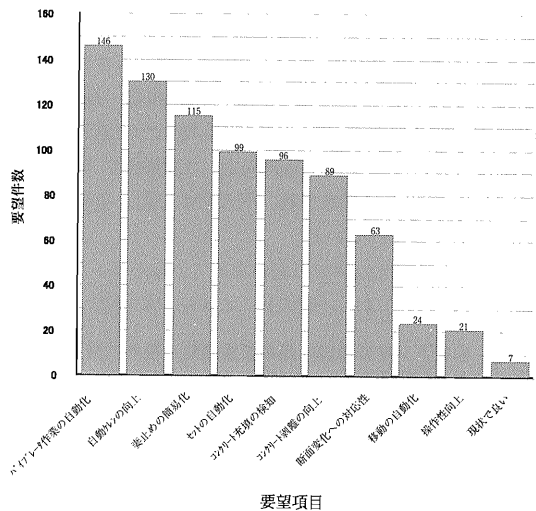
図—35 ずり運搬 (掘削工・ずり出し)

④ スライドセントル (図—36)

バイブレーション作業の自動化、自動ケレンの向上、妻止めの簡易化、セットの自動化、コンクリート充填の検知、の順である。

この工種は、基本的に長年あまり変わらない機械設備であり、色々と要望も多い。

記述式でも、同様の要望で、剝離剤・ケレン不要のコーティング、妻止めとしてエアバッグ材の柔軟性アップなどが挙げられている。

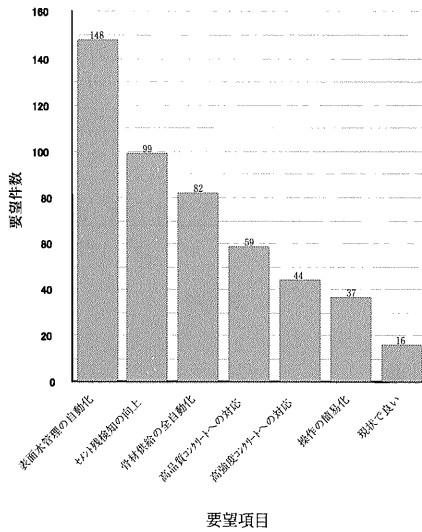


図—36 スライドセントル (覆工)

⑤ 吹付けプラント (図—37)

表面水管理の自動化、セメント残検知の向上、骨材供給の全自動化、が多い。

表面水管理は、吹付けコンクリートの品質に大きく影響するため圧倒的に要望が多い。セメント残検知も、昼夜施工の材料確保のために信頼できる検知装置が要望されている。

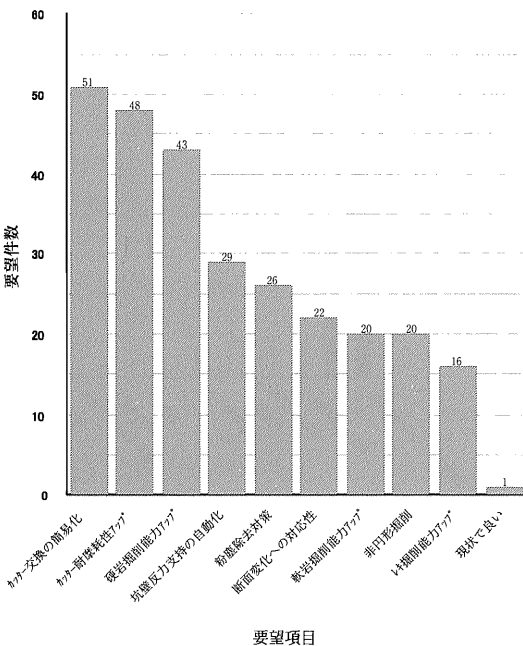


図—37 吹付けプラント（仮設備）

記述式も同様の傾向だが、ミキサの自動洗浄で自動つり機能、練上がり温度管理機能、などが挙げられている。

⑥ カッタ部（図—38）

カッタ交換の簡易化、カッタの耐摩性アップ、硬岩掘削性能アップ、の順である。我が国の複雑な地質条件に対応するカッタが求められている。硬岩時に対処するため、カッタ交換を容易にし、掘削性能のアップの要望である。記述式では、地質変化への対応性、小型で大出力、などが挙げられている。



図—38 カッタ部（TBM）

⑦ ずり処理（図—39）

不良地山対応機構、メンテナンスの容易化、連続ベルトコンベヤ方式がよい、排出機構変更可能機構、の順である。地山にあったずり排出方式に容易に変更できるようにとの要望が多い。連続ベルトコンベヤ方式が、色々な問題もあるが好まれている。大断面に対応した効率の良いずり排出方法は、これからの課題である。

(d) 考察

(i) 全体を通して

今、日本は高齢化社会が目前に迫りつつあり、生産に対する労働供給が減少し、全体的に見ると生産性の低下、若年労働者の不足、特殊作業に対する熟練工の不足、技能継承などが問題となる。このような状況の中で高齢化に対する労働生産性の向上には、

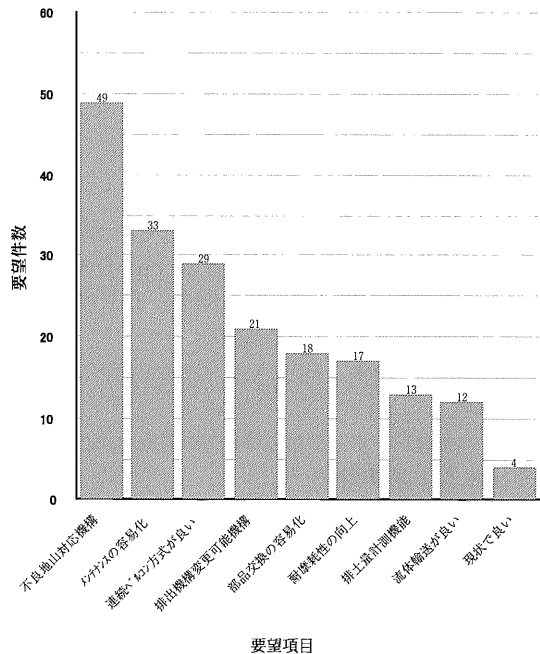
- ① 建設機械の多機能化や自動制御、
- ② 作業の安全性、
- ③ 省力化、省人化、
- ④ 機械のシステム化、情報化

等の要求が考えられる。熟練工の不足に対する建設機械への要求は、

- ① 特殊機械の開発、
- ② ロボット化、
- ③ それらの機械に対する安全な操作性、
- ④ 多様性、転用性

等が考えられる。

また、近年、特に環境の保全に対して適切な配慮を尽くすことが求められている。低騒音・低振動、低NO<sub>x</sub>排



図—39 ずり処理（TBM）

出の建設機械、廃棄物の適正処理、リサイクル、省エネルギー化は、これから重点的に取り組むべき課題である。

今回のアンケートにおいて要求性の高いものであっても、既に実施実績のあるものもたくさんある。試験的に実施してこれから改良していく技術、もう少しで現場要望に答えることができる技術など、レベルの差はあるが、いろいろなチャレンジが行われている。品質向上、工期短縮、安全性向上、工事費縮減を常に念頭に置いて、技術開発を推進しなければならない。

(ii) 課題と対応

建設機械の要求機能・性能に関しては、未成熟なアイデアのニーズはあっても、メカとしての経済的見通しが不明であるために開発されないものも多い。最新の技術の一覧を作成し、広く知ってもらえる必要であろう。最新の技術の中には、まだ開発が進んでいないためにコスト高である場合もある。新技術については更なる研究を進めていかなければならず、特に自動化と制御の正確さ、操作性の向上と安全性については重要である。

(2) 「自動化・ロボット化」について(山岳トンネル編) — 調査結果の分析 —

(a) 目的

山岳トンネル工事の内、発破工法で使用されるトンネル施工機械の自動化・ロボット化の推進を図るために、現状と将来について施工中の工事現場を調査する事を目的とする。

(b) アンケート内容

下記の設問について回答項目のアルファベット(A, B, C, ……)より選択する方式を採用し、対象工法については発破工法に絞り込んだ。

- ① 自動化・ロボット化した工種
- ② 自動化・ロボット化開発のねらい
- ③ 自動化・ロボット化によるメリット
- ④ 自動化・ロボット化によるデメリット
- ⑤ 自動化・ロボット化を推進するうえでの阻害要因
- ⑥ 自動化・ロボット化を推進するうえでの促進要因
- ⑦ 自動化・ロボット化費用の負担先
- ⑧ 自動化・ロボット化の体制
- ⑨ 自動化・ロボット化の積算(請負金額)への反映具合
- ⑩ 自動化・ロボット化の将来への方向および今後必要となる開発項目
- ⑪ 今後、自動化・ロボット化を進めていくために
- ⑫ その他

(c) アンケート結果

(i) 自動化・ロボット化した工種(図-40)

(ii) 自動化・ロボット化開発のねらい(図-41)

(iii) 自動化ロボット化によるメリット(図-42)

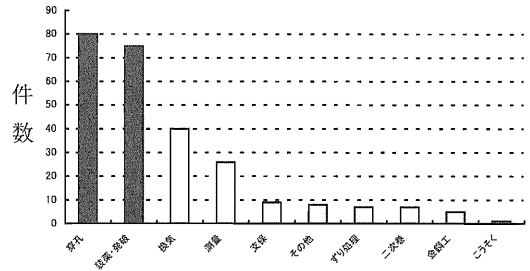


図-40

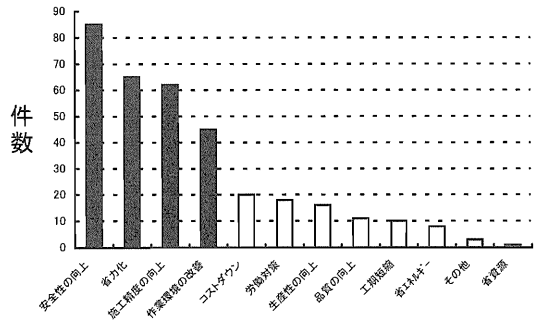


図-41

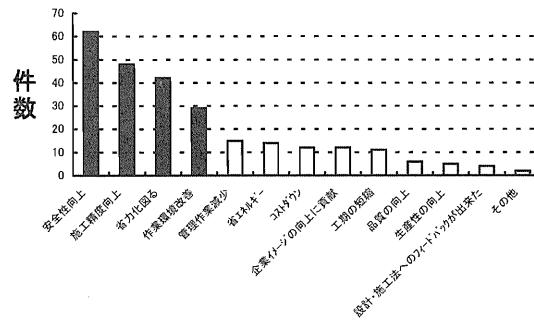


図-42

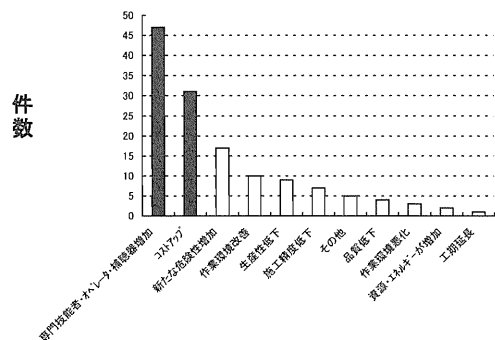


図-43

(iv) 自動化ロボット化によるデメリット(図-43)

(v) 自動化ロボット化を推進するうえでの阻害要因(図-44)

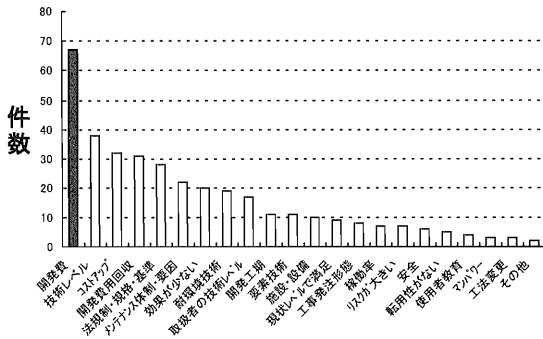


図-44

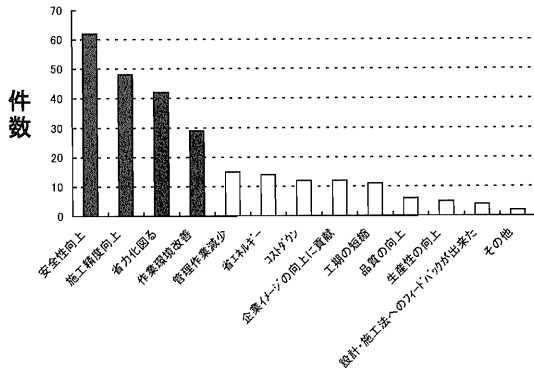


図-45

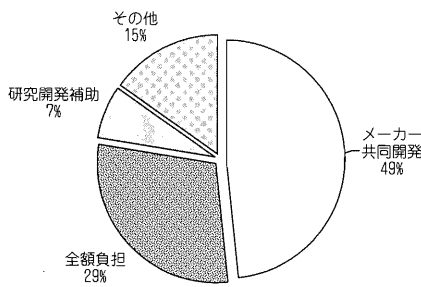


図-46

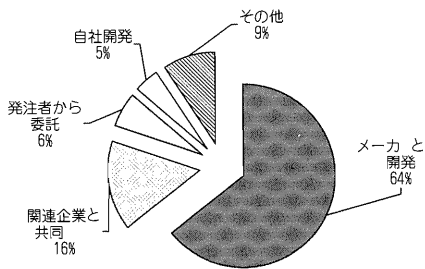


図-47

- (vi) 自動化ロボット化を推進する上での促進要因 (図-45)
- (vii) 自動化ロボット化のための費用負担 (図-46)
- (viii) 自動化ロボット化のための体制 (図-47)

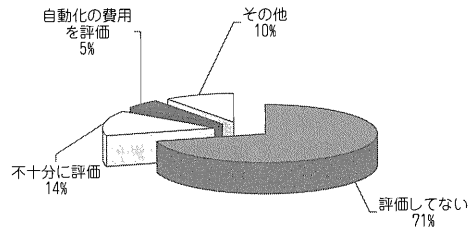


図-48

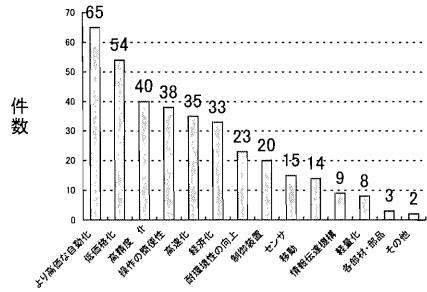


図-49

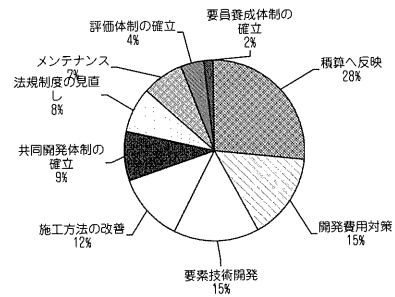


図-50

- (ix) 積算（請負金額）への反映 (図-48)
  - (x) 将来の方向および今後必要となる開発項目 (図-49)
  - (xi) 今後、自動化ロボット化を進めていくために必要な事項 (図-50)
- (d) 考 察
- (i) 現状の把握
    - ① 削孔・装薬・発破における回答が大半である。
    - ② 安全性の向上・省力化・施工品質の向上が主なねらい。反面省エネルギー・省資源化等の環境保全対策までの開発余裕が少ない。
    - ③ デメリットとして、機械制御・電気制御等の専門技術者や特殊オペレータが必要になり、さらには、システム化のコストアップにつながっている。
    - ④ 開発の阻害要因は何といっても開発費用が高額であることである。
    - ⑤ 半自動化・全自動化の回答が70%以上を占めているが、その効果について評価できるものがどれだ

けあるかが問題である。

- ⑥ 開発の50%がメーカ共同開発で、費用がメーカの営業施策となっているのだろう。
  - ⑦ 発注者との開発が極端に少ないのが残念である。
  - ⑧ 請負金額に反映されない現状が浮彫りとなっている。
- (ii) 課題と対応
- ① 第一のキーワードは、開発が発注者のニーズになることが大切である。
  - ② 第二のキーワードは、自動化される施工が社会資本のコスト低減や品質の向上、社会環境の改善につながり、国民の理解を得ることができること。
  - ③ 第三のキーワードは、産官学が共同で開発に取り組むこと。
  - ④ 施工機械・施工方法ばかりではなく、材料面、環境負荷、社会的信頼性などの角度から評価するためには、異業種間の技術交流を活性化するための開発も必要である。
  - ⑤ 造る社会から維持管理する社会構造の変化に対応することが大きな割合を占める。
  - ⑥ 開発のスピード化。
  - ⑦ 地球規模の自然環境悪化をストップ。

### (3) 「環境負荷の低減」について (山岳トンネル編) — 調査結果の分析 —

#### (a) 目的

環境負荷には「作業当事者への環境負荷」と、「第三者(近隣住民, 周辺地域)への環境負荷」があるが、今回の調査では後者つまり「第三者(近隣住民, 周辺地域)への環境負荷」について調査を行った。

ISO 14001 認証取得の動きが全国的に広がってきており、短期的作業現場といえども環境に配慮する気運が高まっている。住民、地域との接点である各工事現場において、騒音・振動、排出ガス、省エネルギー、排出土といった項目につき、山岳トンネルでの問題点とそれに関連する機械、対応等について調べた。今回はそのうち騒音・振動、排出土について報告する。

#### (b) アンケート内容

##### ① 騒音・振動について

- ・工種ごとに、住民からの苦情の有無、改善の要否、該当する機械の調査
- ・対応方法

##### ② 排出土について

- ・建設発生土の利用方法、利用用途の調査
- ・建設廃棄物の処理方法、利用用途の調査

#### (c) アンケート結果

##### (i) 騒音・振動について

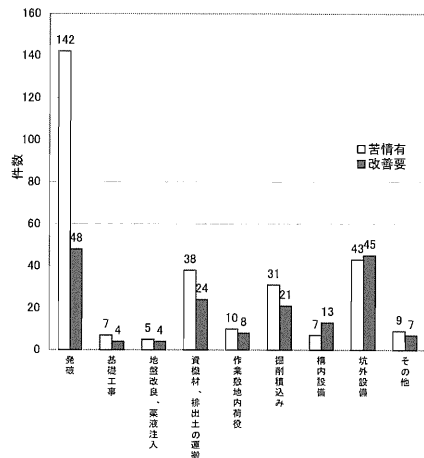
##### ① 環境への影響

図—51 より、工種設備別で苦情件数が一番多いのが「発破による騒音・振動」(142件, 全件数の67%)である。これは使用機械というよりも、発破そのものの苦情がほとんどと思われる。

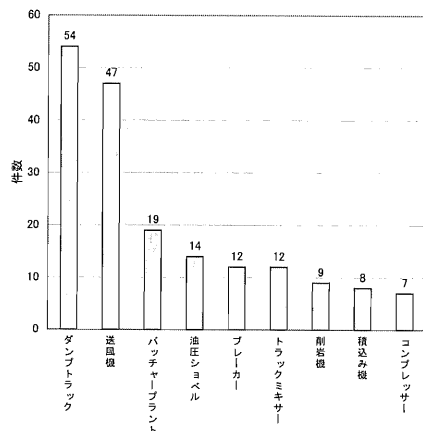
次に多いのが「坑外設備による騒音・振動」(43件)、「資機材, 排出土の運搬に伴う騒音・振動」(38件)、「掘削積込みに伴う騒音・振動」(31件)の順である。夜間作業の場合は特に周囲の環境が静寂であるため、坑外設備の騒音が目立つことになる。また、吹付けコンクリートを運搬するトラックミキサ車、坑内よりのずりの搬出に使用するダンプトラックも苦情の対象となることがある。

周辺住民からの苦情と施工者としての改善要の認識については、「発破による騒音・振動」についてかなり乖離があり、苦情の方が多いが、他は「苦情」と「改善要」がほぼ同じである。発破については、根本的には工法自体の改善になり、機械設備としての改善には限界があることの表れと思われる。

図—52 より、騒音・振動に関連する機械としてはダン



図—51 騒音・振動による環境への影響



図—52 騒音・振動に関連する機械

プトラック (54件)、送風機 (47件)、バッチャプラント (19件) が上位3位である。

② 影響の評価及び現場での対応

図-53より、騒音・振動の基準・規制については約8割が容認しており、現行の規制が厳しすぎるとは捉えていない。しかし、図-54より基準・規制をクリアしているのに苦情があると6割が回答している。これは、基準・規制をクリアしていても、苦情はそれに関係なく周辺住民の感覚・感情によるものであり、基準、規制さえクリアすれば良いということにはならないことを示している。

アンケートによれば、防音ハウス、防音壁、防音扉等の防音設備は、回答現場の約半数が設計変更により対応しており、シールドトンネルの場合より設計変更のケースが多い。

発生源の機械に対する対応は低減処置、設置場所の考慮、作業時間の考慮において約5割が実施している。山岳部での工事が多いためか、シールドトンネルの場合よりやや少ない。

「地元近隣住民への説明会等での了解」については、約9割の現場で実施している。

(ii) 排出土の処理について

① 発注者の指定

山岳トンネルにおいては、図-55に示すように94% (189件) が発注者からの指定処分となっている。これ

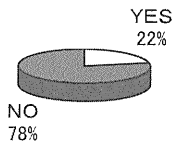


図-53 騒音・振動の基準・規制が厳しすぎる

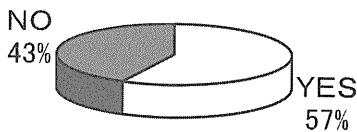


図-54 騒音・振動の基準・規制をクリアしているのに苦情有り

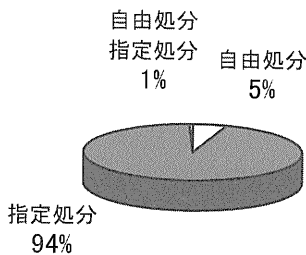


図-55 発注者の指定

は、山岳トンネルでの排出土のほとんどが、再利用可能な発生土 (礫・砂質土) であることで、同一発注者内での他工区への利用が容易であり、計画時よりすでに考慮されているためであると思われる。

② 建設発生土

利用方法としては、図-56に示すように、85% (164件) が発生したそのままの状態を利用しており、11% (21件) が何らかの方法で処理した後で利用、残りが両者併用である。発生土の大部分が利用しやすい礫・砂質土のため、そのまま利用できる比率が高いものと思われる。

再利用の用途として70% (128件) が盛土材、13% (23件) が埋戻し材となっている (図-57参照)。排出土の95%が指定処分であることを考えると当然のことと考えられる。

③ 建設廃棄物

建設廃棄物の種類については、図-58に示すように、90件 (47%) が汚泥、63件 (33%) が建設廃材、24件 (13%) が汚泥+建設廃材、その他、であった。汚泥はトンネル内より発生する湧水と掘削ずりが混ざり合ったもの (またはこれを濁水処理設備にて処理した脱水ケーキ)、建設廃材はコンクリート破片、木材の残骸等と考えられる。

処理方法としては、委託処理が62% (120件) を占め、

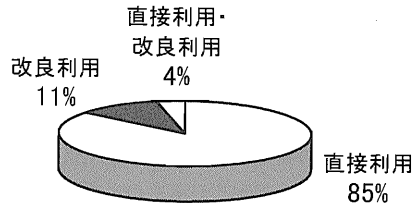


図-56 発生土を利用出来る場合の利用方法

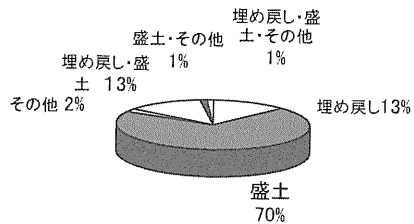


図-57 発生土の再利用の用途

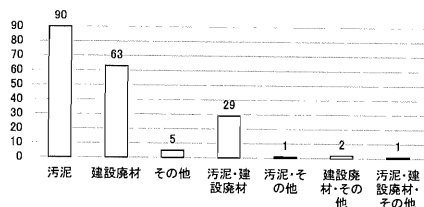


図-58 廃棄物の種類

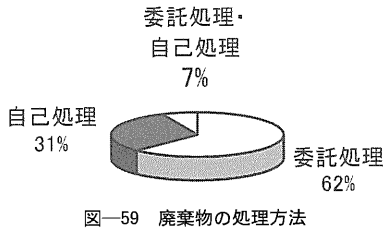


図-59 廃棄物の処理方法

自己処理 31% (59 件), 委託処理+自己処理 7% (13 件) となっている (図-59 参照)。

#### (d) 考察

##### (i) 騒音・振動について

工種別の苦情では、「発破による騒音・振動」が飛び抜けて多い。防音扉、防音壁による発破音・振動の低減処置にも限界があり、新しい発破工法の開発及び中硬岩自由断面掘削機の改良、TBM による先行掘削等が重要視されてくるものと思われる。

山岳トンネルにおいてはシールドトンネルと異なり、市街地での施工は少なく、近隣住民が比較的少なく距離も離れているので、昼間は施工機械による苦情は少ないと思われる。この中でダンプトラック、送風機、パッチャプラントが近隣に影響を与えている機械として挙げられている。送風機、パッチャプラントは、坑外設備として、夜間でも運転されているため、苦情が指摘されることがあると考えられる。

##### (ii) 排出土の処理について

山岳トンネルにおける排出土は大部分が礫・砂質土であり、シールド工事に比べて再利用しやすいと考えられる。また、掘削に伴って排出される掘削ずりの量が膨大であり、発注側より指定されなければ施工自体が困難なため、指定処分が多くなっているものと思われる。再利用に関しては、発生土に関してはほぼ全量が行われている。しかし廃棄物については再利用のありかたについて解釈や判断が難しく、今後の検討課題である。

#### (4) 「工事の安全」について (山岳トンネル編)

##### 一 調査結果の分析一

##### (a) 目的

近年の山岳トンネルは、住居地区に近接して施工される事例も増加しており、発破による騒音、振動対策が必須条件となる。トンネル掘削断面も大断面化する傾向にあり、自由断面掘削機等による無発破の機械掘削や TBM 等による全断面掘削方式が増加している。また、掘削・ずり出し・吹付け・支保工をトータルシステムとして組込んだ TWS 等も広く採用されている。従来のタイヤ (レール) 工法に代わり、切羽から坑口までのずり運搬に長距離連続コンベヤを使用して粉塵の発生を低減し、坑内環境を大幅に改善した例もある。しかし、これ

らの機械設備が大型化し、システム化する反面、その取扱いの煩雑さによる事故・災害を考慮しなければならない。最近山岳トンネルにおいて使用された機械設備について、その使用状況と安全管理状況を調査分析した。

##### (b) アンケート内容

アンケート調査の項目を表-7 に示す。

表-7 アンケート調査項目

項目	調査内容
使用機械設備の種類	さく孔機械、自由断面掘削機、自由断面掘削機、油圧ブレーカ、割岩機械、積込み機械型式、ずり運搬の種類、支保機械、坑内換気方式
機械設備管理	新規開発機種種の点検管理、在来工法機種種の点検管理、機械取扱説明書の活用方法、機械に対する運転者の熟知度、機械現地組立て業者、機械解体業者、機械の現地組立て方法、機械の解体方法
安全管理	作業範囲内の立入禁止措置、機械移動時の措置、挟まれ巻込まれ防止対策、坑内運搬走路と歩行者の関係、機械点検補修時の措置、機械駐機場、トンネル工事において特に安全重点対策を策定する工種、トンネル工事において特に安全重点対策を策定する機械設備

##### (c) アンケート結果

##### (i) 使用機械設備の種類と使用状況

##### ① さく孔・掘削・運搬・支保機械

さく孔機は、回答件数：219 件のうち、油圧駆動のホイール式ドリルジャンボが最も多く使用されており、176 件である。続いてクローラ式ドリルジャンボの 21 件となっている。

自由断面掘削機は、回答件数の 96 件のうち、ロードヘッダ、ブームヘッダが 70 件で全体の 73% となっている。TBM (トンネルボーリングマシン) は全回答数 11 件のうち、シールド型が 8 件、オープン改良型が 2 件、オープン型 1 件である。

積込み機械の使用状況使用状況は、全回答数 219 件のうち、ホイールロードが最も多く 127 件 (58%)、タイヤ式油圧ショベルが 26 件 (12%)、以下かき込みロード 19 件 (9%) で、レール工法は 8 件 (4%) 程度である。

運搬機械は、全回答数 219 件のうち、ダンプトラックが 205 件 (94%) で圧倒的に多く、レール工法が 8 件となっている。長距離コンベヤは、シャトルカーとともに 3 件である。

支保機械のうち、ロックボルトのさく孔および支保工の建込みはさく孔機のバスケットを使用する場合が最も多く 90% 以上を占めている。専用の支保工建込み台車 (エレクトラ台車) の使用は 4% 程度である。吹付け作業は、坑外の吹付けプラントで混練した吹付け材をトラックミキサ等で運搬し、吹付け機または吹付けロボットで行っている。

その他、発破の二次破砕に油圧ブレーカ等が使用されている。

##### ② 換気設備

換気方式は主に風管を使用した軸流ファンが採用され



ている。坑道換気方式は2%程度である。集塵機は、回答件数57件のうち、湿式が7件、乾式が50件となっている。換気方向は送気式が102件(50%)、送排気併用が85件(42%)、排気式が16件(8%)採用されている。

(ii) 機械設備管理

① 機械設備の点検実施者

在来工法機種の日常点検は80%以上が運転手によって行われるが、新規開発機種については、日常点検も約40%が、メーカーや機械所有者、作業所機械担当者によって実施されている。また、月例点検、年次点検と詳細な部分の点検を行うに依り、メーカーや機械所持者等によって実施されている。

② 機械取扱い説明書の活用方法

メーカーの発行する機械取扱い説明書は、現場事務所に保管し、必要に応じて活用されている。

③ 機械運転者の所属と熟練度

機械運転者は、特殊な開発機を除きトンネル工事施工業者に所属している。機械に対する運転者の熟練度は、さく孔・掘削・運搬・支保機械ともに機械の詳細構造は別とし、大体の構造については理解しており、取扱いについては熟練している。

④ 機械現地組立て解体作業

さく孔・掘削・支保機械等の大型機械の組立て解体は、メーカーの指導員のもとに、組立て・解体専門業者やトンネル施工業者によって行われている。作業手順はメーカーで作成したものを現場で加筆修正して使用している例が多い。作業時の危険区域への立入禁止措置は、「作業箇所のみを立入禁止とする」が65%、「作業区域全体を立入禁止とする」が35%となっている。

(iii) 安全管理

① さく孔機、掘削機、積込み機等の作業区域への立入禁止措置

危険作業時の立入禁止措置は、発破作業の退避時を除き、作業箇所全体を立入禁止としている。機械稼働中の立入禁止の周知方法は、危険作業箇所に監視人を配置し、防護柵又は、ロープ等で表示を行い、注意喚起の看板の設置や音声による注意喚起を行っている。

② 機械移動時の措置

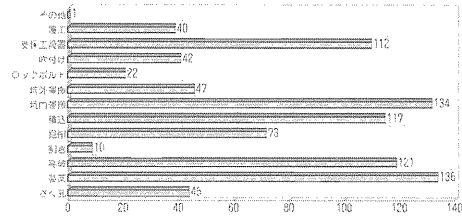
切羽作業変更時の機械移動時の措置は、誘導員又は監視員を配置し、適切な誘導を実施している。また機械本体にブザー等を取付け移動中の周囲に対する喚起方法としている。

③ コンベヤ等の回転部への巻込まれ防止対策

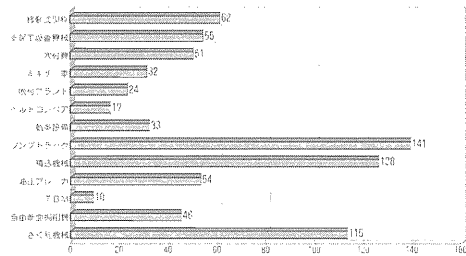
コンベヤ等、動力機械の回転部への挟まれ・巻込まれ防止対策としては、駆動部をカバー、防護柵等で覆うか接触防止スイッチを取付けて対処している。

④ 機械点検補修時の措置

機械点検補修時には、電動機器については確実に電源



図—60 トンネル施工時に特に安全重点対策を策定する工種



図—61 トンネル施工時に特に安全重点対策を策定する機械設備

を遮断し、電源投入禁止札を掲示し、対処している。車両系建設機械等は、必ずアタッチメントを停止状態とすることを実施している。

⑤ 坑内機械駐機場

作業中以外の機械は、坑内が狭隘な場合を除き、専用の駐機場を設けて駐機し、エンジンを停止し、作業装置を停止状態としている。

⑥ 坑内運搬路と歩行者通路

坑内運搬路と歩行者通路の区分については、ほとんどが区分を実施している。また、坑内車両の制限速度を設定し、車両運搬災害の防止に努めている。

⑦ トンネル施工時に特に作業所安全重点対策を策定する工種

トンネル施工時に特に作業所安全重点対策を策定する工種を、図—60 に示す。「装束」→「坑内運搬」→「発破」→「積込み」→「支保工設置」の順で策定されており、発破・ナトム工法での切羽及び坑内運搬における安全管理が、いかに重要であることを示唆している。

⑧ トンネル施工時に特に作業所安全重点対策を策定する機械設備

トンネル施工時に特に作業所安全重点対策を策定する機械設備を図—61 に示す。工種同様に運搬機械及び切羽におけるさく孔、積込み機械を重点的に管理しなければならない。

(d) 考 察

(i) 現状の把握

トンネル断面の大小にもよるが、施工機械は大型化し、自動化・システム化している。

工事における安全管理も使用機械設備の変化に伴って確実に変化している。機械管理においては、在来工法については作業所の機械担当者を主体にトンネル掘削業者によって行われているが、新規開発機種については、コンピュータによる装置の駆動や自動計測制御や電気・油圧機構も構造的に複雑であり、メーカ主体に管理され、ただちに汎用化される状況ではない。工種では、「装薬」→「発破」→「支保工設置」→「掘削積込み」→「坑内運搬」の一連のサイクルが安全重点対策として策定され、施工機械では、これらの工種に使用されるさく孔機械、掘削積込み機械、ダンプトラック等が安全重点対策機種として管理されている。

#### (ii) 課題と対応

新規開発機種については、自動化システムに伴う安全装置の自動化で対応しなければならないため、取扱いの熟練と標準化をはかる必要がある。また、「切羽崩壊」や

「機械車両による挟まれ、巻込まれ」が相変わらず事故・災害の大半を占める現状から、さらにきめ細かな安全施工基準、施工機械安全管理基準の見直しが必要となる。

## 5. ま と め

建設の機械化、建設の生産性向上、安全性の向上、および環境との調和、さらにはコストパフォーマンスの改善など日本の建設産業を取巻く環境が激変している。

今回のアンケート調査結果はその目的を十分に反映しているとは言えない面も多分にあると思うが、今後の建設産業の更なる発展に役立てることができれば幸いである。

最後に、今回のアンケート調査に際しまして、ご多忙にもかかわらず全面的にご協力頂きました回答者並びに関係各位の皆様にご心からお礼申し上げます。

### ● お知らせ ●

#### 「平成 13 年経済産業省企業活動基本調査」

— 統計調査に御協力ください —

- ・平成 13 年 6 月 1 日現在で、指定統計第 118 号として第 8 回目の調査が行われます。
- ・調査は、鉱業、製造業、商業、飲食店（その他の飲食店を除く。）、電気業、ガス業、クレジットカード業、割賦金融業及びサービス業に属する事業所を有する従業者 50 人以上かつ資本金 3,000 万円以上の会社（合名会社、合資会社、株式会社及び有限会社）について行います。
- ・会社単位の調査で、会社全体の数値を御報告いただきます。
- ・調査は、郵送で行われます。
- ・調査票等の調査関係書類は経済産業局を経由し、本年 5 月下旬までに郵送します。
- ・調査結果は、平成 14 年 3 月末に速報の公表を予定しており、御協力いただいた会社に当省で作成した統計情報を還元いたします。
- \*調査票に記入していただいた内容については、統計法に基づき秘密を厳守致しますので、調査に対する御協力をお願いいたします。