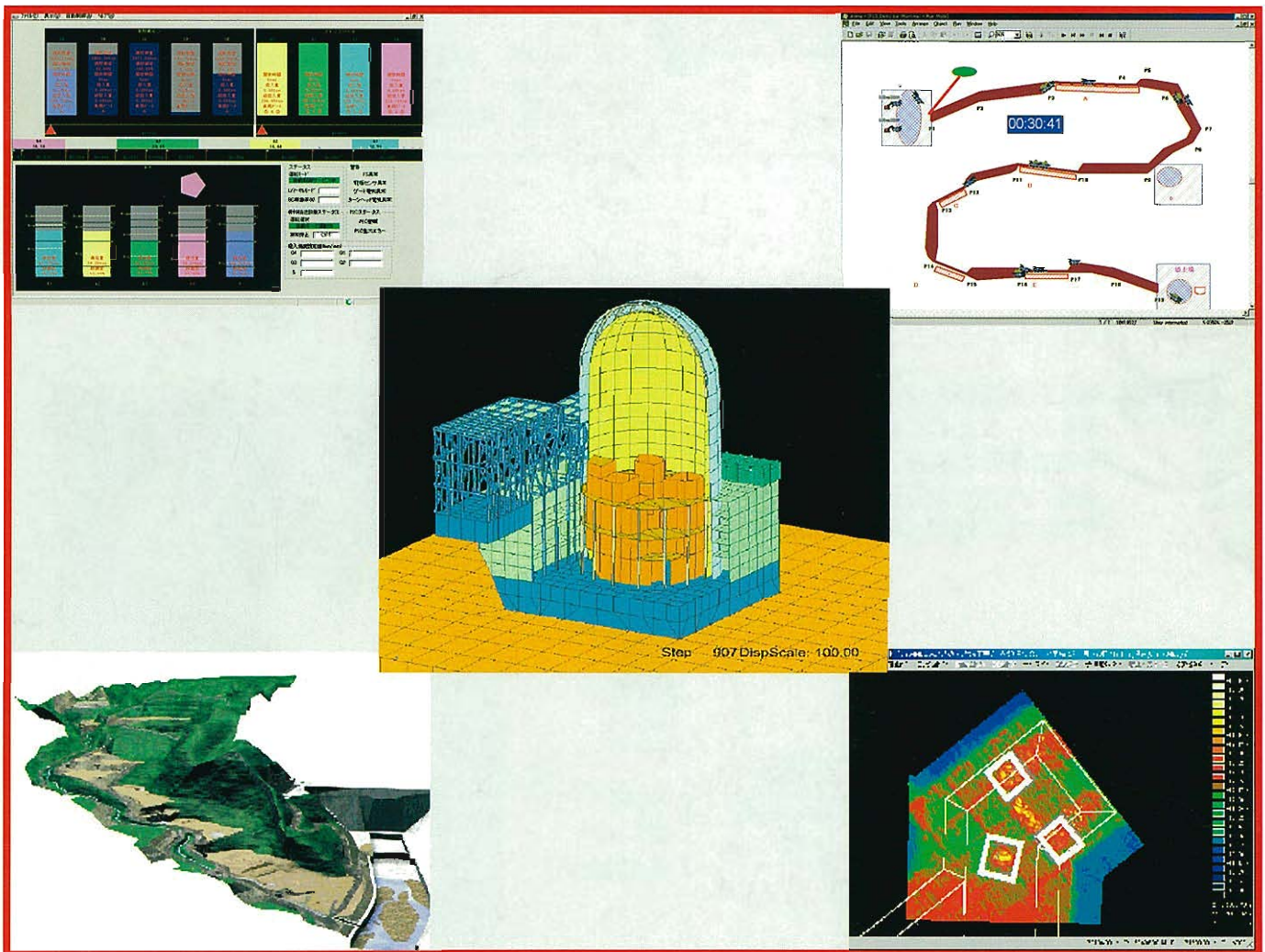


# 建設の機械化

2003 DECEMBER No.646 JCOMA

12

## ● 建設施工にかかわるシミュレーション技術小特集 ●

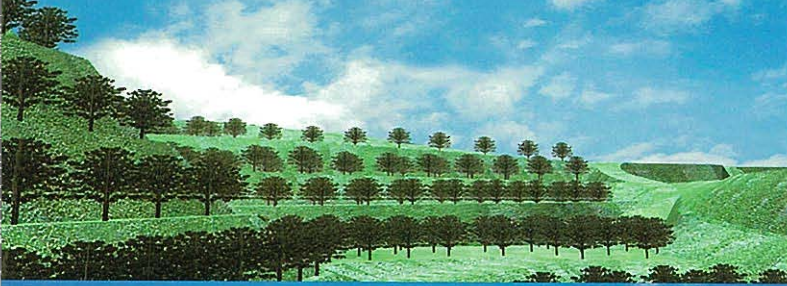


シミュレーション画面



# 採石場の採掘計画及び緑化計画シミュレーション

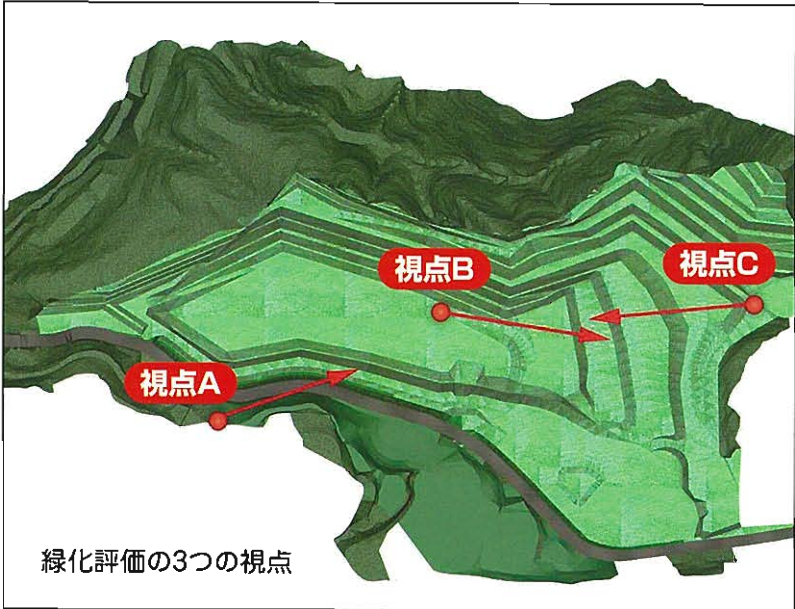
視点B



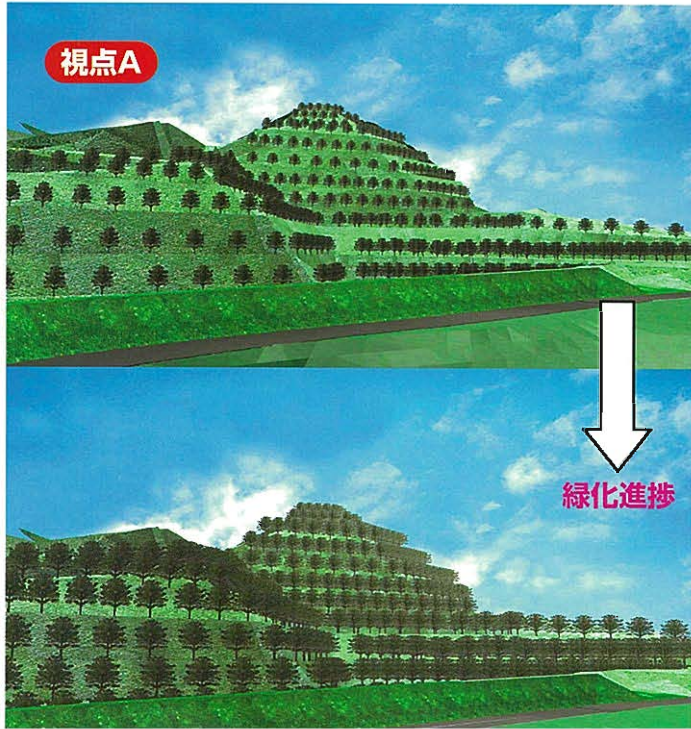
視点C



視点B・Cからの緑化状況確認



↓視点Aからの緑化進捗状況





# バーチャルリアリティ技術を利用した原子力発電所工事

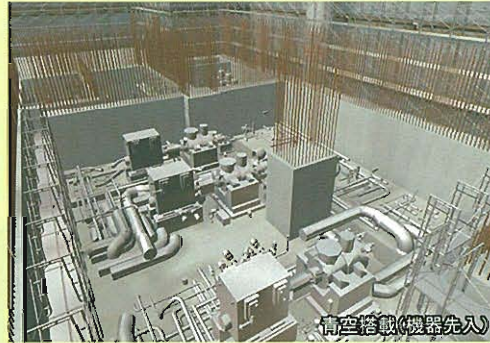
## 部分工程シミュレーションの例(地下2階機器先行搬入)



↑①壁躯体工事用足場架設,B2F壁躯体工事



↑②搬入機器と干渉する足場の解体



↑③機器・配管の先行搬入

## 部分工程シミュレーションの例(タービン架台)



↑①タービン架台2層目躯体構築



↑②ヒーター据付



↑③オペレーティングフロア無支保工梁の設置

## 巻頭言

## 新技術活用を進めるために

岡原 美知夫



ここ数年社会資本整備において新技術活用が強く求められるようになってきている。その主な目的は社会資本の品質向上とコスト縮減にあると考えられる。民間等で開発された新技術の活用をはかるため、新技術情報提供システム（NETIS）の整備も進められ、インターネット上での公表も始められている。また現場においても新技術活用に対する努力が行われている。それにもかかわらず新技術の活用普及はあまり浸透していないというのが実情であろう。これにはいくつかの理由が考えられ、対策が進んでいるものもあるが、依然として今後の課題として残されているものもある。

国土交通省でいえば各地方整備局の各事務所が新技術の現場への適用を担当するのであるが、新技術は一般に歩掛が用意されていないため積算に手間がかかり、また技術の信頼性を確認するために相当の努力が必要とされる。このため各事務所の担当者は新技術の活用には積極的になれないといったところであろう。この問題を解決するため平成14年度から九州技術事務所では、現地調査、工法選定、詳細検討・特記仕様書・施工歩掛、新技術活用後の調査書類の作成など、新技術活用支援活動を行ってきているとのことである。この効果は絶大で新技術活用件数はそれまで九州地方整備局で年100件程度であったが、平成14年度には400件を突破し、平成15年度はさらにそれを上回るペースで伸びている状況である（藤本昭前九州技術事務所長による）。縦割り組織のため新しいことに対して効率的に機能しない役所の組織の弱点をうまく補完した結果であるが、新技術活用に対するバリアーが意外なところに大きく存在していることが認識させられる。

新技術を採用する場合、発注者にとってもっとも心配なことは信頼性、あるいは仕様通りの性能が発揮されるかどうかであろう。その評価・検証を各事務所で行うのは一般に容易なことではない。技術委員会の設置、あるいは専門家の意見を求めるのが一般的ではあ

るが、相当な時間、費用を必要とする。技術審査証明制度はかなり普及してきて新技術評価における一定のシェアを確保しているが、短期間かつ簡易に審査を行うものであるため、例えば、革新的な技術の審査を行うのは困難である等限界もある。特許で保護された革新的な技術の評価はどうするのであろうか。技術の開発者が結果について責任を持つということが明確であればその技術の採用に対する発注者側の抵抗は低減されるが、社会資本整備においてはそれも困難な場合があると考えられる。今後技術評価に関するよりよい方法・制度の導入が強く望まれるところである。

新技術は直接コストだけを見れば一般に高くなる場合が多い。コストに見合って性能が高くなればコストパフォーマンスが満足されていると判断されるが、性能の向上による付加価値の増加をコスト換算できる場合は少ないと考えられる。さらに革新的な新技術は護送船団方式による開発ではなくて、1社独占あるいは数社独占の技術になると思われる。公平公正を目指してできるだけ客観的な数値により落札者を決定する入札・契約方式では、結果として技術力を無視してしまうというジレンマに陥る可能性が高い。これを避けるために、入札・契約において、コストという客観的価値と技術という主観的価値を透明な状態で総合的に評価される必要がある。言い換えれば、数値による評価に技術者の評価を加えて、高コストの新技術の採用に対する説明責任を果たすことを意味する。蛇足であるが、随意契約方式またはプロポーザル方式を含めてどのような入札・契約方式であれ、説明責任の果たせない高価な新技術は現場に適用するのが難しいのは言うまでもない。それ故コスト縮減の見込みのない高価な新技術の開発は勇気を持って中止をすることも必要であろう。新技術の活用を進めるためには、技術力を正當に評価できる入札・契約方式の普及は不可欠である。



## 施工技術の研究とシミュレーションの利用

吉田 正

施工技術の分野においてもコンピュータによるシミュレーションの活用が進んでいる。物理的な現象については、流れの非定常解析や騒音の伝搬、減衰の予測のように高いレベルで数値的な解析を行うことが可能になっている。一方、人間の活動をベースとする施工工程や現場で行われる機械の動作などのシミュレーションは、プロセスや現場条件の不規則性、多様性のために詳細にモデル化するには難しい面があるが、様々な工夫を凝らすことで目的とする予測計算や運転制御などを実現することが可能となってきている。

キーワード：施工技術、シミュレーション、渦法、環境影響評価、ユニット、騒音、ロータリ除雪車、自動操舵、モデル化

### 1. はじめに

シミュレーションは、「物理的・生態的・社会的等のシステムの挙動を、これとほぼ同じ法則に支配される他のシステムまたはコンピュータの挙動によって、模擬すること」（広辞苑、第3版）とされており、自然科学や工学分野の問題だけでなく、経済・社会システムの種々の問題を取扱うために広く活用されている。

最近ではコンピュータや関連ソフトウェアの著しい性能向上によって従前は非現実的と考えられた複雑な現象のシミュレーションが可能なものとなってきており、土木分野においても構造物の応力解析や地震時の挙動の把握などをはじめ、交通流シミュレーション、環境シミュレーションなどシミュレーション技術の利用が進んでいる。

筆者が所属する独立行政法人土木研究所先端技術チームにおいては、情報化・ロボット化技術の応用に関する

研究をはじめ、排水機場等の施設の設計・維持管理技術、機械施工の騒音・振動などの環境影響評価技術などの研究開発を進めており、その中でシミュレーションあるいは予測技術、制御技術などに取組んでいる。

本報文では、筆者が関与している主に施工分野の研究の中で、このようなシミュレーション技術あるいは予測、制御等に関する研究開発の例を報告するとともに、シミュレーション利用の現状と課題などについて考察する。

### 2. 排水機場の高流速吸込水路設計手法の研究〔例1〕

#### (1) 概要

低地の冠水を防ぐ排水施設では、ポンプ吸込部の土木構造物寸法が施設全体の規模を決める大きな要因となっている。この部分の流速を上げることで施設規模を縮小することが可能となり、施設建設コストの縮減、

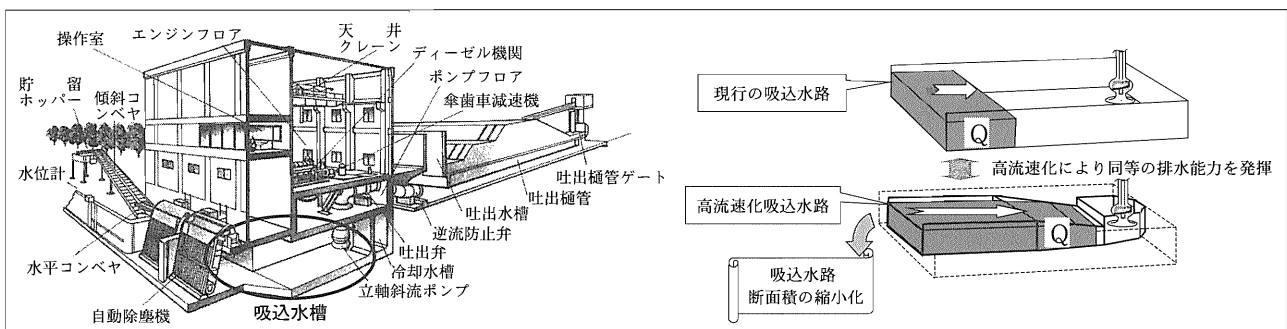


図-1 排水機場吸込水路の高流速化の概念



既設排水施設の能力向上が期待される。

小・中規模の排水機場における高流速化の概念は図一1に示すとおりで、水路の流速の向上が水路の幅及び深さを縮小するのに直接寄与するものとなる。

このような高流速化を図る場合の問題点は、騒音、振動の発生やポンプの排水運転に有害な渦の発生である。一般に、ある程度以上高流速化すると、自由表面からベルマウス入口に至る空気吸込み渦や側壁、底面からベルマウス入口に至る水中渦の発生がみられるようになり安定的なポンプ運転に支障を来すことが知られており、従来は、その確認および評価は主に吸込み水槽の模型試験により行われてきた。

一方で、近年の数値流体力学（CFD：Computational Fluid Dynamics）の進歩に伴い、CFDを利用した渦予測法が模型試験前の予備的検討や水槽形状、渦防止対策等のパラメータスタディに利用されるようになってきた。

現在、実用計算で用いられる汎用の流体解析ツールの多くは、流れ場に計算格子を設けて解析する領域型の解法であるが、この種の解析手法では渦中心の圧力低下を精度良く解析できず、水中渦などの発生を定量的に予測したり、断続的な渦の発生や消滅などの非定常な渦の挙動を再現したりすることも現在のところ困難であると考えられている。

一方、渦法によるシミュレーションはまだ一般的ではないが、微小渦の挙動を直接追従する解析手法であり、計算格子を必要としないため、前述のような格子に依存した解析の困難さはなく、吸込水槽内における非定常な渦の挙動を予測する解析手法に適していると考えられる。

そこで、土木研究所では、渦法により吸込み水槽内で発生する空気巻込み渦および水中渦の定量的な発生予測を行える解析手法について検討を行っている。

## （2）渦法の概要

渦法（Vortex method）は流れ場の連続的な渦度の分布を多数の微小渦要素によって離散的に表し、渦度輸送方程式を数値的に解いて各渦要素の渦度変化を時々刻々捉えながら流れに乗った渦要素の移動を追従することにより非定常解析するものである。

非圧縮流れを対象とする渦法の基礎方程式は流体の運動方程式である Navier-Stokes 方程式の回転を取り、連続の式（ $\text{div } \mathbf{u} = 0$ ）を考慮して得られる渦度輸送方程式からなる。

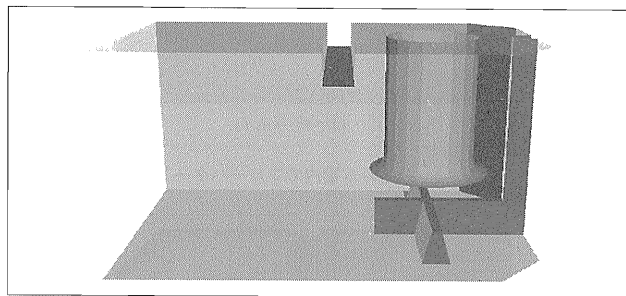
$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \text{grad}) \omega = (\omega \cdot \text{grad}) \mathbf{u} + \nu \nabla^2 \omega \quad (1)$$

## （3）吸込水槽内流れのシミュレーション

渦法を用いた吸込水槽内流れのシミュレーションの事例について、次に紹介する。

### （a）解析対象水槽および境界条件

解析を行った水槽形状は図一2に示すようなオープン形的水槽形状である。突込み板、十字バッフルおよび背面バッフルなどを配置している。表一に形状パラメータを示す。今回は、ポンプ口径  $D=1.5\text{ m}$ 、ポンプ吐出量  $Q$  は  $5.0, 15.0\text{ m}^3/\text{s}$  の二通りで解析した。



図一2 解析対象吸込み水槽形状

表一 吸込み水槽形状パラメータ

項目	寸法 ( $D$ :ポンプ口径)
水路幅 $W$	$2.7D$ (=4,000 mm)
ボトムクリアランス $B$	$0.75D$ (=1,100 mm)
没水深度 $S$	$1.5D$ (=2,250 mm)
背面距離 $F$	$1.1D$
パネル要素数	3,296

本解析では、以下の境界条件を課して計算を実施した。物体壁面には粘着条件（ $u=v=w=0$ ）を課すものとし、自由表面はスリップ面として取扱い、さらに水面に垂直な成分を持つ渦要素を流れ場に導入する手法を用いた。計算対象領域は、吸水槽入口から吐出管出口までとし、入口境界には相当の吹出し分布パネルを置き、出口境界は自由流出とした。

### （b）解析結果

図一3に、吸水槽内の瞬時のフローパターンを離散渦要素分布により示す。図一3より、水槽入口より流入した流れは、突込み板、十字バッフルおよび背面バッフルなどの影響に伴い複雑な渦流れとなってポンプに向かっていく様子が確認できる。また流量が大きい場合に（ $Q=15.0\text{ m}^3/\text{s}$ ）水面近傍には渦が形成されている様子が確認でき、空気吸込み渦が発生する恐れのあることがうかがえる。

図一4（2）には、水面近傍各断面における渦要素分布を示す。突込み板の上流側壁近傍では突込み板により堰止められた流れが渦を形成する様子がうかがえる。流量が小さい場合には、渦の規模も小規模である



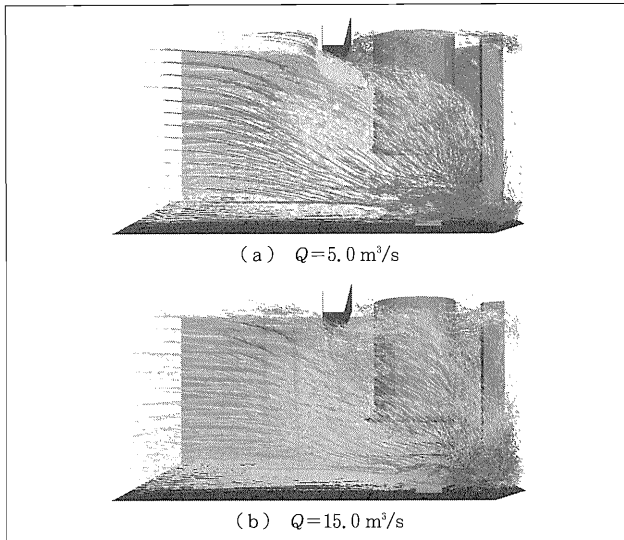


図-3 吸込み水槽内のフローパターン

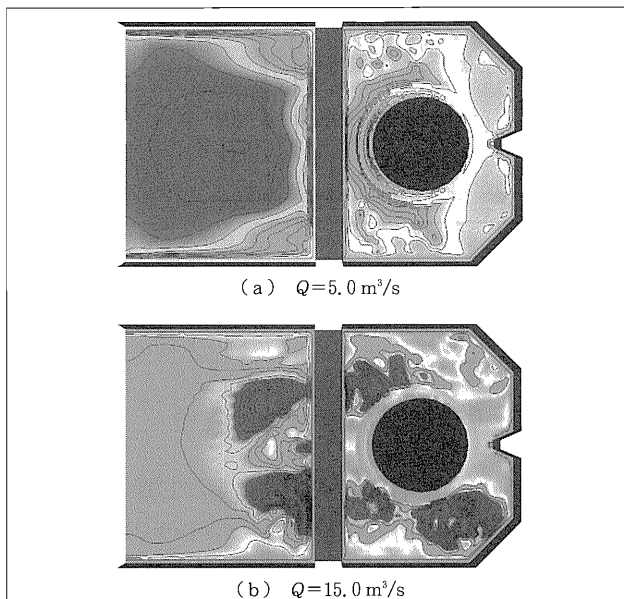


図-4 (1) 吸込み水槽水面近傍における圧力分布

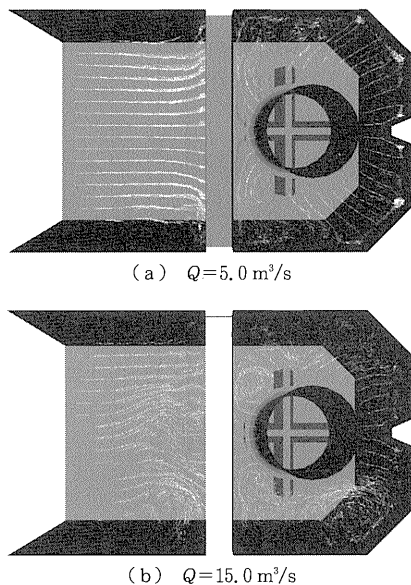


図-4 (2) 吸込み水槽水面近傍におけるフローパターン

が、流量が大きい場合 ( $Q=15.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) には前述したとおり水面近傍で大規模な渦が発生していることが確認できる。

また、突込み板より下流側においてもそれぞれの流量において幾つかの渦の形成が確認できる。流量が小さい場合 ( $Q=5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ )、突込み板下流の側壁近傍に弱いながらも旋回を伴った流れが見て取れる。流量が大きい場合 ( $Q=15.0 \text{ m}^3/\text{s}$ )、流量が小さい場合に側壁近傍で観察できた渦は、流路中央近傍の突込み板と吐出管に挟まれる領域で形成されている様子が確認できる。また、背面コーナ付近にも大規模な渦が形成されていることが合わせて確認でき、空気を巻込む危険性があると考えられることができる。

図-4 (1) に水面近傍における瞬時の圧力分布を示す。それぞれの図より、水面の渦が形成していると考えられる箇所の圧力が低下していることが確認できる。

#### (4) ま と め

本シミュレーションでは、渦法により、吸込水槽内の非定常流れ解析を行い、吸込水槽内における渦発生状況の予測を試みた。二つの流量条件のもとで解析を行い、概ねモデル試験における渦発生状況に合う結果が得られた。

この例では、吸込水槽における流れを対象として渦法に基づくモデルを用いてシミュレーションを行っている。非定常の複雑な現象であるが、適切なモデルを与え、最近のコンピュータの能力を活用することで高い精度で模擬できることがわかる。

### 3. 建設機械の稼働に伴う環境影響の予測技術の研究〔例2〕

#### (1) 概 要

平成10年の環境影響評価法の施行に伴い、それまでアセスメント時点ではとりあげられていなかった工事実施時の建設機械の稼働に伴う騒音、振動、粉じん等の発生に関しても環境影響評価の対象とすることとなったことから、新たに工事計画前の騒音、振動等の事前予測の手法が必要になった。

そこで、国土交通省ではこの予測に必要な基礎データを得るために全国の地方整備局等において工事における実測調査を行い、土木研究所にてそのデータの解析、検討を行い、学識経験者による委員会の審議を経て予測のための技術手法をとりまとめている。

単に予測という意味ではシミュレーションに該当しないかもしれないが、施工時の機械の稼働というプロ



セスから発生する影響の予測であり、広い意味で施工のシミュレーションに通じる点があることから、本技術手法における予測のための工夫を紹介する。

### (2) 予測における課題と対応策

工事計画前の時点で環境影響の事前予測を行うためには、大きく区分して二つの異なる種類の問題を考慮する必要がある。

第1は、工事計画作成前の時点で、工事施工においてどのような機械がどのような作業を行うことになるのかを予測する問題である。

第2は、具体的に建設機械が種々の作業を行った場合にどのような騒音、振動等が発生、伝搬し、予測地点に影響を及ぼすかを予測する問題である。

このような課題に対処するために、現在の技術手法では、従来、機械1台、1台を騒音等の発生源として捉えていたものを、新たに「ユニット」という考え方を導入して、工事の工種毎に施工を行う機械の組合わせ1チームをまとめて取扱うこととした。工事の中で行われる建設機械の様々な活動を工種単位でとらえて、複数の建設機械の組合わせによる施工を「ユニット」という単位で取扱うことで、工事計画前の段階においても目的とする構造物の種類から工事内容(工種)を想定するという作業が出来るようになってきている。また、複数の建設機械から発生する環境影響を個々に検討しなくても、ユニット(工種)という単位で取扱うことで発生、伝搬の予測が可能になっている。

### (3) 環境影響の予測・評価の手順

技術手法で提案している予測、評価の手順は次の通り

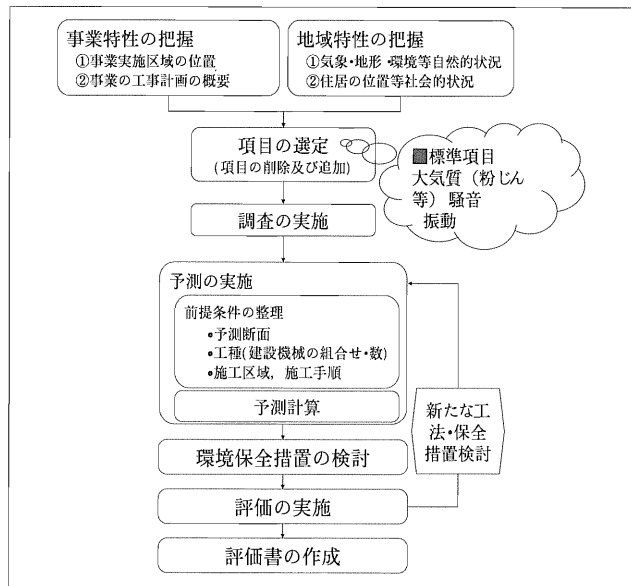


図-5 環境影響の予測・評価手順

りである。

まず、対象となる事業の事業特性、地域特性を把握する。このときにどのような構造物がどの位置に予定されているか把握する。そのうえで予測評価の対象項目を選定し、調査を行う。

次に、調査結果等に基づき予測を行うが、その際に、事前に把握した構造物の種類、位置を基に、予測の前提条件として、予測断面、工種(建設機械の組合せ、数)、施工区域、施工手順等を整理する。このような前提条件のもとで環境影響の予測計算を行う。

最後に予測計算結果に応じて環境保全措置の検討等を行ったうえで評価を行い、準備書あるいは評価書を作成する。

### (4) 環境影響の予測方法(騒音の例)

環境影響の予測方法の概要を、騒音の場合を例として、予測の前提条件の整理と予測計算に分けて以下に紹介する。

#### (a) 予測の前提条件の整理

まず、事業特性の把握において構造物の種類と位置を整理する。

次にそれぞれの構造物毎にどのような工種(ユニット)により施工されるかを想定する。工種(ユニット)に関しては、全国の工事の実態調査をもとに取りまとめられている「土木工事標準歩掛」と「土木工事積算大系」において機械の組合わせや工事内容が示されており、これらに記載されている工種(工事の種別等)を想定する(図-6)。

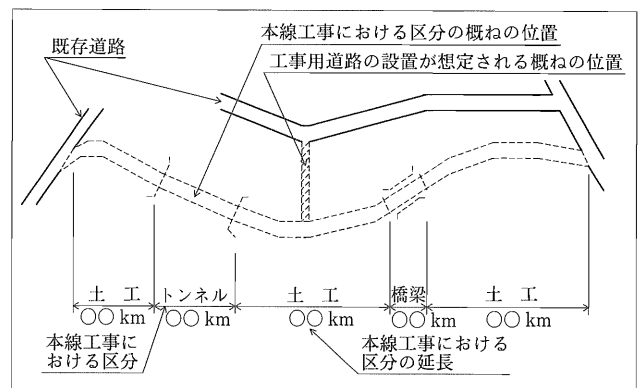


図-6 工事計画の概要の例

図-7に、道路土工の場合の工種の設定例を示す。

左から右に工事の種別等が具体化されており、その中で騒音に関して最も影響を及ぼしそうな工種に関して予測、評価を行うものとする。

このように、標準的な施工内容を取りまとめた「土木工事標準歩掛」などの技術資料を参照することで、

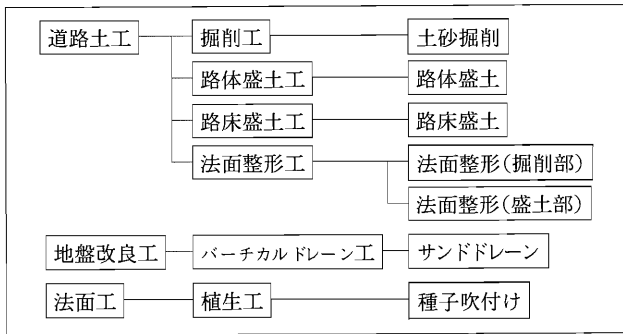


図-7 工種の設定の例 (道路土工)

機械の組み合わせを含む複雑な施工を、工種(ユニット)として取扱い、工事計画前の段階においても予測の前提条件として整理できる方策を提示している。

### (b) 予測計算

建設工事から発生する騒音の予測・評価における取扱い上の留意点としては、

- ① 工事施工の騒音の発生は多くの場合、時系列を追って不規則に変化すること、
- ② 施工中の騒音発生源の数や配置は施工内容や現場条件によって様々な場合があること、

が挙げられる。

本技術手法では標準的な「音の伝搬理論に基づく予測式」として社団法人日本音響学会の ASJ CN-Model 2002 を規定しているが、この予測モデルにおいては、次のような取扱いとなっている。

評価指標として、エネルギー和を計算することが可能な実効騒音レベル ( $L_{Aeff}$ ) が導入されている。実効騒音レベル ( $L_{Aeff}$ ) の定義式は等価騒音レベル ( $L_{Aeq,T}$ ) と同様であるが、工事における建設機械の稼働時間のようにある限られた時間に対するものとして ASJ CN-Model 2002 で新たに定義されたものである。これにより、時系列を追って変動する騒音発生量をトータルあるいは時間平均として取扱うことが可能となっている。また、本評価指標から導き出すことが可能な等価騒音レベルは、人間の感覚にもよく適合したものとして知られている。

予測における騒音の伝搬計算の基本式は、次の通りとなっている。

$$L_{Aeff} = L_{WAeff} - 8 - 20 \log_{10} \frac{r}{r_0} + \Delta L_d + \Delta L_g \quad (2)$$

ここで、 $L_{Aeff}$  : 対象のユニットによる実効騒音レベル (dB)

$L_{WAeff}$  : 対象のユニットの A 特性実効音響パワーレベル (dB)

$r$  : 対象のユニット中心から予測点までの距離 (m)

$r_0$  : 基準の距離 (m) (=1 m)

$\Delta L_d$  : 対象のユニットからの騒音に対する回折に伴う減衰の補正量 (dB)

$\Delta L_g$  : 対象のユニットからの騒音に対する地表面の影響による減衰の補正量 (dB)

予測計算においては、まず、各ユニットの作業による実効騒音レベルを計算した後、複数のユニットの作業による予測点における等価騒音レベルを算出することとなる。また、騒音源の配置については、工事区域内のユニットの配置を想定して影響が大きくなる場合の配置に対して予測計算を行うこととしている。

等価騒音レベルの計算では、各ユニットの騒音の継続時間と等価騒音レベルの評価時間を考慮したエネルギー平均値として算出される。また、騒音規制法に規定される各種の評価量 ( $L_{A5}$  等) は、実効騒音レベルに補正值  $\Delta L$  を加えて算出される。なお、本技術手法では、この基本式を用いて予測計算を行うために必要となる特性実効音響パワーレベル ( $L_{WAeff}$ )、補正值  $\Delta L$  に関して、主な工種のユニットに対応するデータを与えている。また、補正量  $\Delta L_d$ 、 $\Delta L_g$  の計算方法も ASJ CN-Model 2002 で規定されている。

### (5) まとめ

環境影響評価のために工事計画作成前の時点で予測する際の、工事における建設機械の騒音を予測する手法を紹介した。

本例では、工事施工という事象を対象としており、物理的な予測だけではなく人間の活動プロセスを予測するような側面も大きなウエイトを持っている。そのため、土木工事標準歩掛のような実績に基づく知見を活用しつつ、工種単位でユニットとして取扱う工夫をすることが必要であったということが出来る。

また、具体的な騒音の発生、伝搬の予測においても、工事騒音の不規則性、多様性を考慮しつつ環境影響の評価という目的に照らして出来る限り合理的な評価指標を設定し予測が行われるように工夫されている。

## 4. ロータリ除雪車の自動操舵支援システムの開発〔例3〕

### (1) 概要

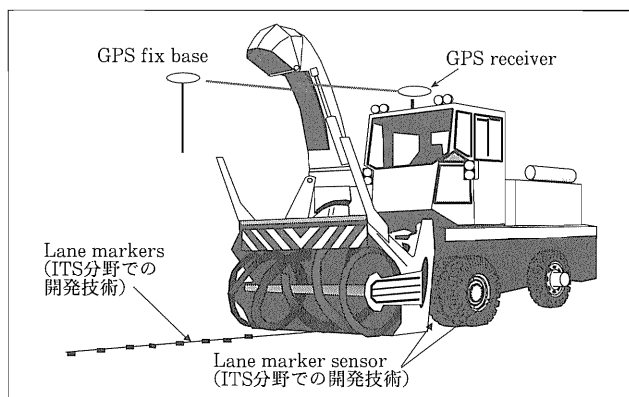
除雪作業は、積雪期の道路交通を確保するために欠かせない作業であるが、除雪機械による作業は一般車両が往来する道路上できめ細かい運転操作を行う、大変熟練を要するものである。

ロータリ除雪車は、車両を運転するオペレータと投



雪装置の操作を行う助手の2名が乗務している。オペレータは路上のマンホール等の段差に注意しながら路肩の縁石の間隙を走行する運転操作を行い、助手は沿道の住宅等の投雪禁止区域を回避するきめ細かな投雪作業の制御を行う。これらの運転操作は一般車両が往来する交通流の中で安全を確保しながら行われるため、熟練した技術を必要としているが、一方で、将来オペレータの高齢化による熟練者不足の懸念が指摘されている。

そこで、将来のワンマンコントロールの実現を念頭に、平成12年度から平成13年度にロータリ除雪車の自動操舵支援システムの研究開発に取り組んだので、機械運転の自動化の例として概要を紹介する(図-8)。



機関出力：250 PS, 除雪幅：2.2 m, 除雪能力：2,300 t/h

図-8 ロータリ除雪車の自動操舵支援システムの開発

## (2) 自動操舵支援技術

今回研究開発した自動操舵支援技術は、ロータリ除雪車のステアリング操作を自動化するものである。

ステアリング操作は、通常オペレータが行う場合は道路上で縁石や標識、雪堤などとの相対位置をオペレータが確認しながら行っている。それに対して本研究開発では、道路との相対位置をレーンマーカの検出あるいはGPS測位とGIS情報から検出することとし、これに基づくロータリ除雪車のステアリング操作の自動制御を行うシステムを開発した。なお、レーンマーカはITS分野で開発された技術で、走行予定軌道の路面下に埋設されたレーンマーカを、磁気あるいは電波によって車体下面に設置したセンサで検出し車両の道路上の位置を検出するものである。

### (a) ロータリ除雪車のステアリング制御

ここでは特にステアリングの自動化の考え方を紹介する。

機械の動作の自動制御を行うには、あらかじめ機械の挙動をコンピュータによって予測可能なように、機械の運動と制御内容を数式やパラメータによりモデル

化して与えておく必要がある。

ロータリ除雪車のステアリング機構は一般の車両と異なり、車体の前部と後部をピンで連結し屈折させるアーティキュレート機構を採用している。そこで制御方法は、移動車両等の軌道を制御するのに有効な非ホロノミックな拘束を受ける運動方程式で表される非線形制御理論における「厳密な線形化手法」と「時間軸変換」を採用した。この方法は車体の横滑りがないものとして定式化される。しかし除雪車は図-9の例のように雪堤から除雪作業の反力を受けながら走行し、横滑りを発生する。そこで滑りを外乱として取扱い、後述する積分型のサーボ系を構成することで制御することとした。

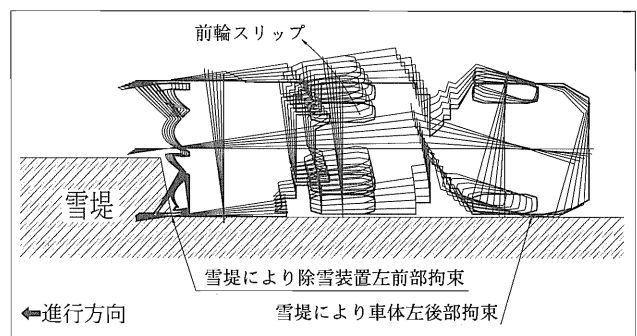


図-9 除雪作業時のロータリ車の挙動(例)

具体的には次のような定式化を行っている。

図-10において除雪車の連結ピン部から前部車輪及び後部車輪までの距離を $L$ とおく。前部車両に対する連結ピン部折れ角を $2\alpha$ としたとき、除雪車が通る軌道は半径 $R=L/\tan\alpha$ の円弧となる。前車輪中心点 $P$ での軌道接線方向速度ベクトルを $v$ 、接線方向角度を $\theta$ としたとき、 $P$ 点の運動方程式は(3)式で記述できる。

$$\begin{aligned} \dot{x} &= v \cos \theta \\ \dot{y} &= v \sin \theta \end{aligned} \quad (3)$$

$$\dot{\theta} = \frac{v}{R} = v \frac{\tan \alpha}{L}$$

(3)式に対して「厳密な線形化」と「時間軸変換」を行い、状態フィードバック制御を施すと、除雪車の操作量である連結ピン部折れ角 $\alpha$ は、(4)式となる。

$$\alpha = \tan^{-1} \{ (f_1 y + f_2 \tan \theta) L \cos^3 \theta \} \quad (4)$$

(4)式では、横滑りが考慮されていない。そこで横滑りによる定常偏差を無くすために、積分型のサーボ系を構成すると、操作量 $\alpha$ は、(5)式となる。

$$\alpha = \tan^{-1} \left[ L \cos^3 \theta \left\{ f_3 \int_0^t (y - y_{ref}) v \cos \theta dt + f_1 y + f_2 \tan \theta \right\} \right] \quad (5)$$

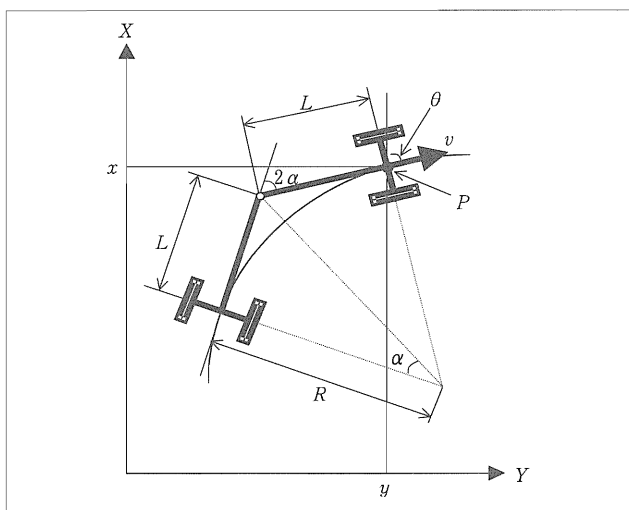


図-10 座標系

ここで、 $f$ は制御ゲインであり、(5)式において、 $f_1$ は比例ゲイン、 $f_2$ は微分ゲイン、 $f_3$ は積分ゲインを示し、PID制御を用いてシステムを構築した。

(b) プロトタイプシステムによる試験結果

前述の制御方式に基づくプロトタイプシステムを搭載したロータリ除雪車によって構内試験を行った結果(写真-1)、レーンマーカー、GPS、GISなどを活用しての自動操舵制御技術は、ロータリ除雪車の一般的な除雪作業において概ね実用レベルの制御が可能となることを確認した(図-11)。ただし今後の実用化へ向けては、GPSでは検出の安定性確保と安全対策、レー

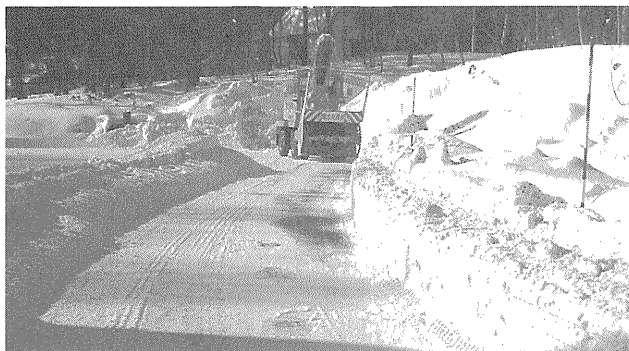


写真-1 テストコースでの実験状況

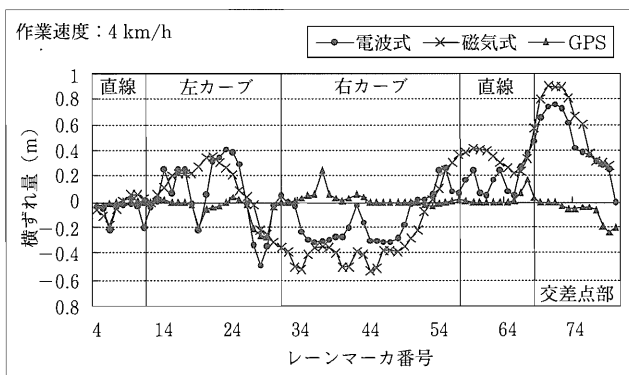


図-11 制御方式別横ずれ量の例

ンマーカー方式ではマーカーの読み飛ばし対策とさらなる精度向上に努める必要があることがわかった。

(3) まとめ

本研究開発において、さらなる制御性能の向上(横ずれ量の低減)を図るには、除雪車の横滑りや除雪負荷等の外乱の定式化、定量化に努め、ロータリ除雪車の除雪作業における運転制御のモデル化を行ったうえで、シミュレーションによる最適制御方式の選定、パラメータの設定を行う技術開発に取り組む必要があると考えられる。

5. 考 察

(1) シミュレーションの利用

物理現象のシミュレーションとしては大変高度なものが可能となってきていると考えられる。

[例1]の吸込み水槽内流れのような水理現象や[例2]における騒音伝搬のような事象では、物理現象を表したモデルを開発し、それに基づく数値計算やコンピュータによるシミュレーション解析を行うなど、本格的なシミュレーションや予測が可能になってきている。

その一方で、シミュレーション技術の利用においては困難な状況も認められる。的確にシミュレーションをするためにはモデルの開発が重要であるが、特に施工という事象を取扱う際には、人間の活動をベースとする施工プロセスの全体や各工程、あるいは現場において機械が走行したり作業を行う際の作業過程などにおいて、施工プロセスや現場条件の不規則性、多様性のために詳細にモデル化するには難しい面がある。しかし、その場合も様々な工夫によって目的とする予測計算や自動制御が可能となってきている。

[例2]の工事環境影響の予測例において、具体的な施工プロセス自体に関する部分についてプロセス自体の詳細なシミュレーションには踏み込んでいないが、作業の不規則性、多様性がユニットとしての取扱いや評価量の設定に包含される形とするなどの工夫がなされている。

[例3]においても実際のロータリ除雪車の作業における機械の挙動の詳細なシミュレーションモデルを作成するには至らなかったが、自動操舵を行うための制御上の工夫によって対応している。

(2) 施工の自動化、ロボット化へ向けて

今後の建設機械や機械施工の自動化、ロボット化技



術を開発するうえでは、機械の挙動や作業プロセスをコンピュータで制御できるようにするために、それらをコンピュータでシミュレーションする技術が不可欠である。そのために、施工時の機械の挙動や作業プロセスをモデル化する手法の研究が盛んに進められることが望まれる。

ロボットによる作業のような高度な機能を実現するには、実用機の開発、設計にかかる前に、システムの機能や構成の全体を見通した検討が必要であり、モデル化やシミュレーションなどの基礎的な技術の研究開発が重要である。また、施工のプロセスで人間が関与する場合には、人間とロボットとの協調作業の実現が必要であり、シミュレーションやバーチャルリアリティ技術を活用した人間とロボットのインターフェイス技術の開発などが期待される。

## 6. おわりに

本報文では、土木研究所が実施している研究の中で、最近の設備設計や建設機械関連の研究におけるシミュレーションの活用例を報告した。

シミュレーションは、

- ・実験を行うには対象が複雑すぎる、
- ・巨大すぎる、
- ・実験にコストや時間がかかりすぎる、
- ・実験が危険、

・本来実験が不可能な場合、  
などに、数値的なモデルまたは物理的なモデルを用いたモデル実験を行う手法である。この意味で施工技術の研究開発において、シミュレーションが模型実験などにより大いに活用されてきたのは当然のことと言える。

今日、コンピュータのハードウェア、ソフトウェアの発展でシミュレーション技術の利用範囲は格段に広がってきている。今後は施工技術の分野でもこのようなITの活用と様々な工夫によって、研究開発のみならず、施工計画、実施工、施工管理など様々な場面での利用が期待される。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 吉田, 山本: 渦法によるポンプ吸込水槽内流れの非定常解析, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2003.9
- 2) 独立行政法人土木研究所: 「建設工事騒音・振動・大気質の予測に関する研究(第2報)」, 土木研究所資料, 第3901号, 2003.9
- 3) 日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会: 建設工事騒音の予測モデル“ASJ CN-Model 2002”, 日本音響学会誌, Vol. 58, No. 11, pp. 711-731, 2002.11
- 4) 吉田, 荒井, 平下: 除雪機械の操舵支援技術に関する研究, 土木研究所報告, No.199, 2003.3
- 5) 日本シミュレーション学会ホームページ: ([http://www.soc.nii.ac.jp/jsst/boss/shinoda\\_aisatu2.htm](http://www.soc.nii.ac.jp/jsst/boss/shinoda_aisatu2.htm))

### [筆者紹介]

吉田 正(よしだ ただし)  
独立行政法人土木研究所  
先端技術チーム  
主席研究員

## 小特集 建設施工にかかわるシミュレーション技術 建設技術のシミュレーション技術

# 機械化施工におけるシミュレーション技術

—建設コスト縮減を目的とした製品骨材輸送設備の新たな試み—

黒川文貴

埼玉県秩父郡大滝村に建設中の滝沢ダムでは、建設コストの縮減を図るための新たな試みとして、従来ダムサイト近傍に設ける骨材調整ピンを省略して、製品骨材を骨材プラントストックヤードからコンクリート製造設備（バッチャプラント）に直接、ベルトコンベヤで輸送する方式を採用した。この方式の採用にあたっては

- ① 5種類の製品骨材（G1；150～80 mm，G2；80～40 mm，G3；40～20 mm，G4；20～5 mm，S；5 mm以下）を1系列のベルトコンベヤで輸送すること。
  - ② スtockヤードからコンクリート製造設備までの距離が約1 kmあること。
  - ③ コンクリート製造設備の受材ピン容量がコンクリート打設時間に換算して約50分しかないこと、
- 等様々な条件があり、コンクリート製造時に5種類の骨材を過不足なく輸送するため、あらゆる条件のシミュレーションを行い、実用化することに成功した。

本報文では実用化に至るまでの概要および技術的事項を報告するものである。

キーワード：ダム、コンピュータ、PC、シミュレーション、輸送設備、ベルトコンベヤ、骨材調整ピン、自動制御

## 1. 滝沢ダムの概要

滝沢ダムは、荒川水系左支川中津川の埼玉県秩父郡大滝村に建設中の多目的ダムで、堤高140 m、堤頂長424 m、堤体積約180万 $m^3$ の重力式コンクリートダムである。堤体の打設工法は、RCD工法とELCM（拡張レーヤ工法）を採用しており、平成15年11月で140万 $m^3$ のコンクリート打設を終えた。

現在では常用洪水吐き設備等の施工が開始され、ダム完成に向け進捗しているところである。

## 2. ダム施工機械設備の概要

滝沢ダムは、貯水池全体が急峻な地形に覆われており、ダム堤体近傍に施工機械設備を設置できる場所がない。そのため、ダムサイト左岸天端および上流の沢部を造成した場所に施工機械設備を配置した。施工機械設備の全景を写真-1に、施工機械設備の全体配置図を図-1に示す。

骨材プラントで製造した製品骨材は、製品骨材輸送設備（ベルトコンベヤ）で国道140号線を横断し、ダムサイト左岸天端に配置したコンクリート製造設備に直接供給され、コンクリート運搬・打込み設備によりダム堤体まで運搬される。

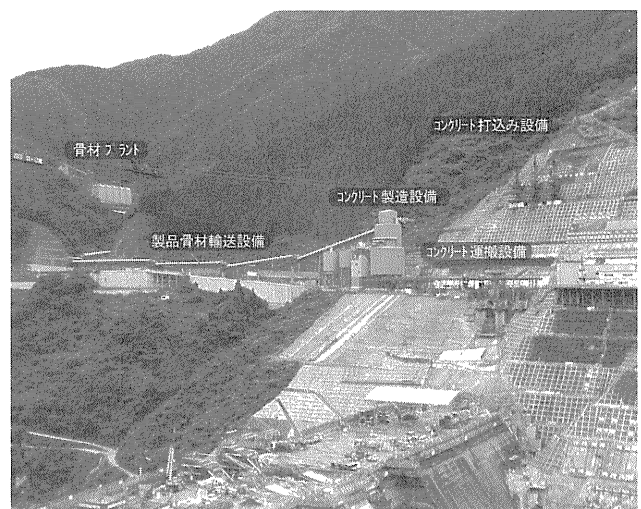
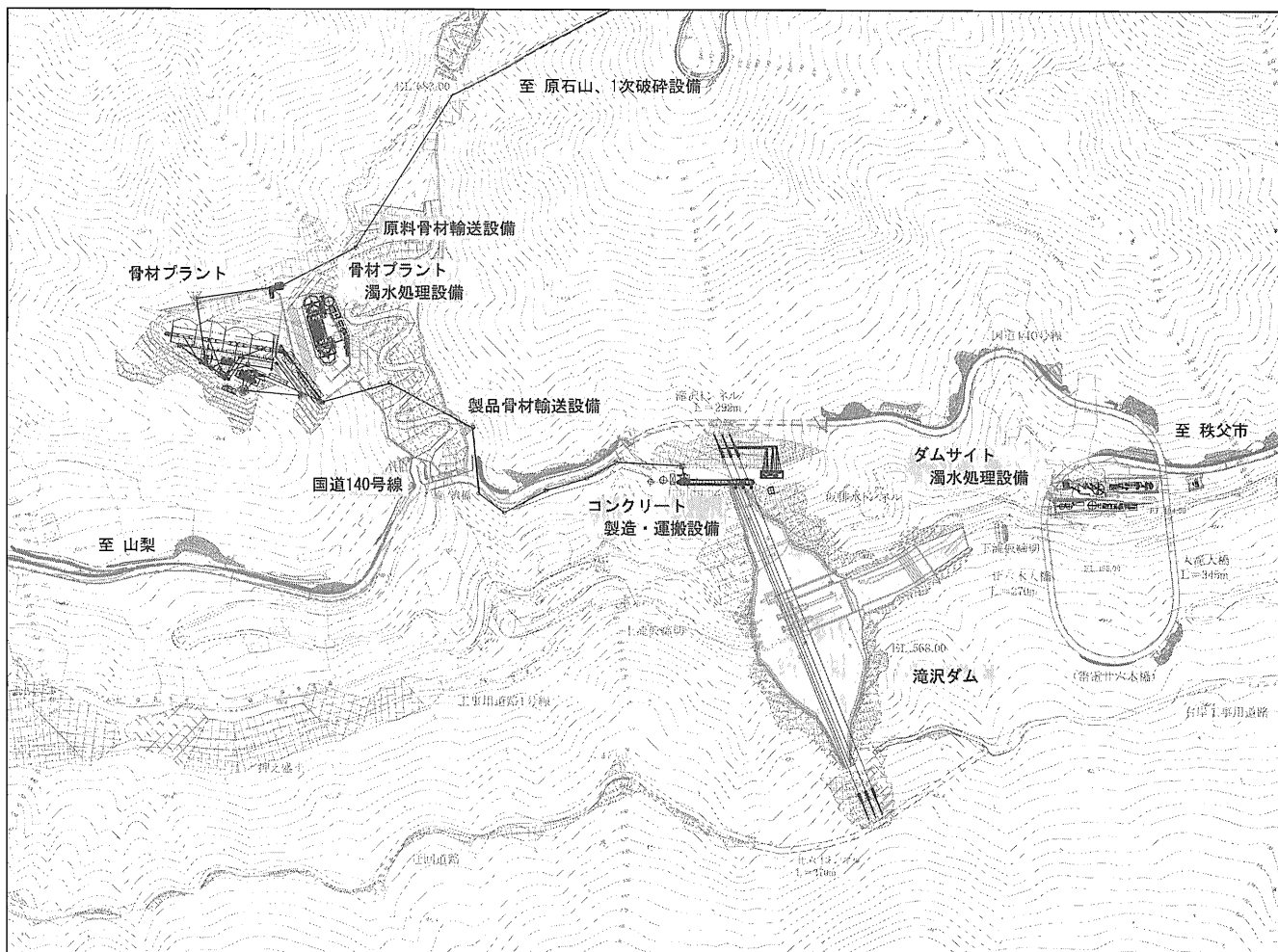


写真-1 ダム施工機械設備全景（堤体近傍）

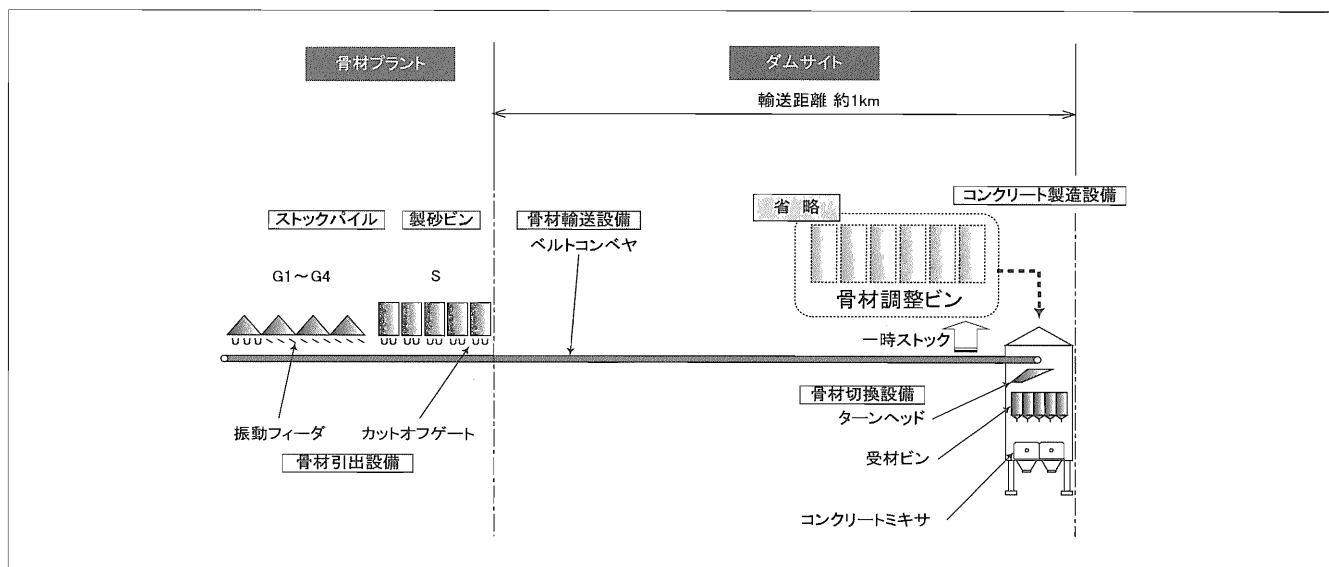
## 3. 骨材調整ピンの省略

製品骨材輸送設備の概要を図-2に示す。一般的に、滝沢ダムのような日打設量が大きく、骨材の輸送距離が長い条件下では、骨材調整ピンをダムサイト近傍に設け、コンクリート打設量にして4～5時間分の骨材を貯蔵する必要があるが、本ダムでは新たな試みとして、この骨材調整ピンを省略する検討を行った。検討にあたっての基本条件を①～④に示す。





図一 施工機械設備全体配置図



図二 製品骨材輸送設備概要図

- ① コンクリート製造能力 (270 m<sup>3</sup>/h) が大きい。
- ② 骨材の輸送距離が長距離 (約 1 km) である。
- ③ 5 種類の製品骨材を 1 系列のコンベヤで輸送する。
- ④ コンクリート製造設備の受材ビン容量がコンク

リート打設時間に換算して約 50 分しかない。

#### 4. 制御設計の条件

前述した基本条件を考慮し、設備の制御を検討した

結果、要求される制御内容は以下のとおりである。また、設計した制御システムの概要図を図-3に示す。

(1) Requirement 1 引出し骨材の選定

コンクリート配合により各骨材の使用量が異なるため、各骨材 (G1~G4, S) の輸送順序 (引出し順序) を固定せず、現在引出し中の引出し設備が閉状態になった時点で、受材ビンの最も低いレベルの骨材を優先的に引出す。

(2) Requirement 2 引出し量の決定

骨材の引出しは、いずれかの受材ビンの貯蔵レベルがHレベル (引出し開始点) を検出した場合に開始され、H2レベル (貯蔵目標点) に到達するまで行う。

(3) Requirement 3 引出し時間の決定

引出し時間は、引出し設備の状態と骨材投入速度および受材ビンの貯蔵レベルで計算した理論値で算定を行い、引出し回ごとにその都度計算して決定する。

なお、各受材ビンの貯蔵レベルは、常時監視するためリニア式レベルセンサ (超音波レベル計) により連続的に計測し、貯蔵量に変換する。

(4) Requirement 4 貯蔵レベル低下時の措置

現在、引出し中の骨材とは別の種類の受材ビンレベルがLレベル (Lモード切替点) を検知した場合、現在の骨材の投入を中止し、Lレベルを下回った骨材を、Mレベル (Lモード貯蔵目標点) に到達するま

で優先的に供給する。

(5) Requirement 5 貯蔵容量の算出

受材ビンは、骨材貯蔵容量が少なく、骨材の供給、消費による骨材貯蔵レベルの変動が大きいため、コンクリートミキサ等が緊急停止した場合に過供給 (オーバーフロー) してはならない。したがって、受材ビンの貯蔵量は、輸送中のコンベヤに存在する全ての骨材量を加算した量として算出する。

(6) Requirement 6 空荷時間の設定

5種類の製品骨材を1系列のベルトコンベヤにより輸送するため、異種骨材との混合を避ける必要がある。異種骨材を連続して引出す場合、コンクリート製造設備のターンヘッド (骨材投入切替え設備) の切替え時間があるため、骨材と骨材の間に空荷時間を設ける。

(7) Requirement 7 空荷時間の算出

空荷時間は各骨材の引出しパターン (骨材の引出し順序) ごとに異なるため、コンベヤ速度と引出し位置により算定し、引出し設備閉状態からのコンベヤ空運転時間を各引出しパターンごとに決定する。

(8) Requirement 8 輸送状況の把握

輸送中の骨材位置の監視は、各コンベヤに設置したフローセンサとコンベヤ速度および引出し設備の状態からトラッキングした理論値の双方で行う。

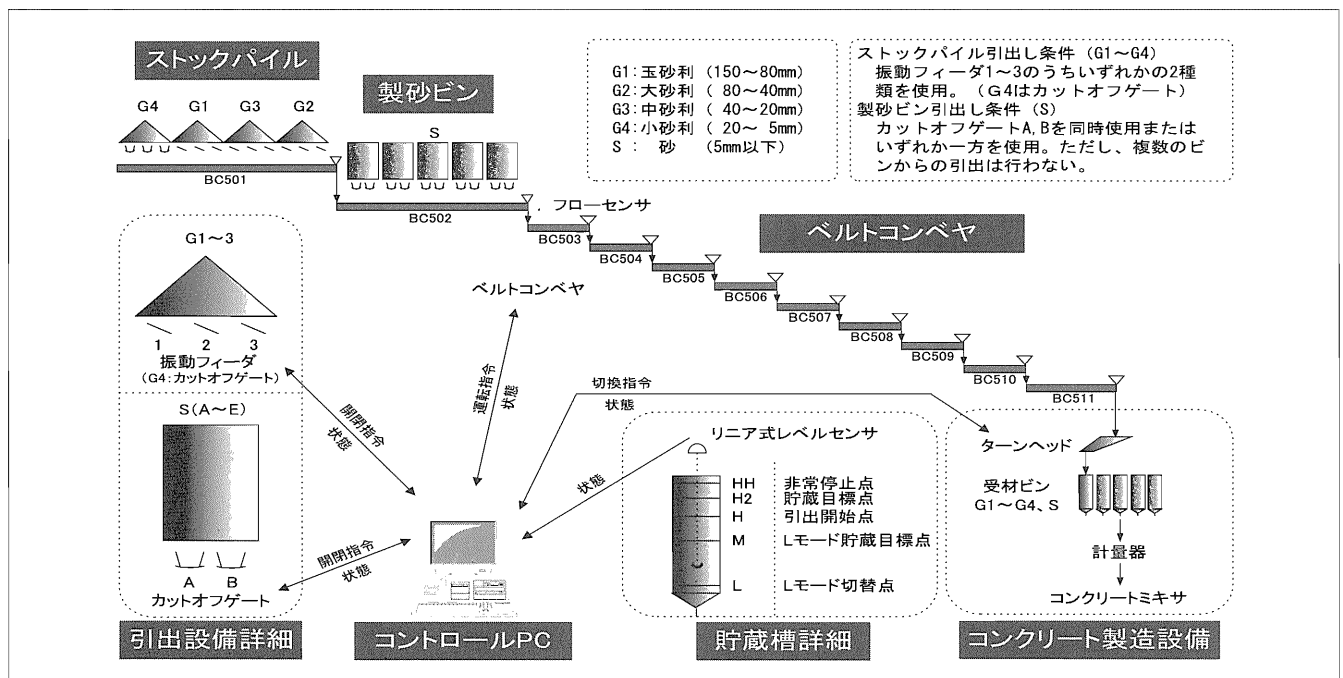


図-3 制御システム概要図



## 5. PCシミュレーション

前述した制御内容と現地での諸条件を仮想し、PCを用いてあらゆるパターンについてシミュレーション

を行った。

開発したシミュレータは、各条件を入力するとストックパイル（振動フィーダ・カットオフゲート状態）、製砂ビン（現存量、カットオフゲート状態）、コンクリート製造設備（ターンヘッド状態、受材ビンレベル）、ベルトコンベヤ（運転状態、コンベヤ上に存在する骨材位置）の各種情報を図-4のようにグラフィック表示できるもので、今回のシミュレーションでは受材ビンレベルHH、H2、H、M、Lの各設定値を変化させ、コンクリート製造設備の製造能力（270 m<sup>3</sup>/h）に追従した骨材の供給が行えるかを検証した。

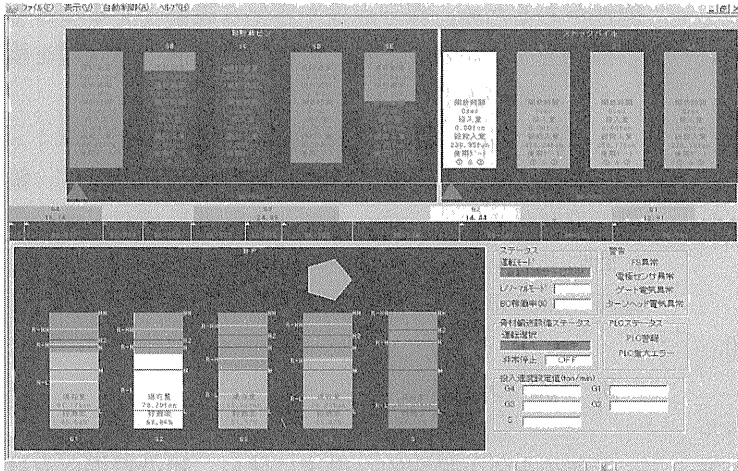


図-4 シミュレータディスプレイ

図-5～図-7にシミュレーションで得られた結果の一例として、コンクリート打設時における受材ビンレベルの推移を示す。なお、本報文中で記載するシミュレーションの骨材消費速度は、本ダムでのコンクリート打設状況を仮想し、まずモルタル（M）9 m<sup>3</sup>を出荷、次に構造物コンクリート（A1）45 m<sup>3</sup>を出荷、続いてRCDコンクリート（B1）210 m<sup>3</sup>を出荷し、後はこの繰返しといったRCD工法の代表的なコンクリート打設スケジュールで行った。本シミュレーションにおいて入力した基本パラメータを表-1に示す。

表-1 基本パラメータ

項目	基本パラメータ
コンベヤ速度	110 m/min
コンベヤ空荷最小運転時間	40 s
骨材比重	1.65
引出し設備開閉時間	開時間：10 s、閉時間：10 s
骨材投入速度	G1；10.5 t/min、G2；10.5 t/min、G3；13.9 t/min、G4；13.9 t/min、S；15.8 t/min
ターンヘッド回転速度	40 s
コンクリート製造設備受材ビン貯蔵量	G1；154.7 t、G2；137.4 t、G3；137.4 t、G4；137.4 t、S；203 t
コンクリート示方配合モルタル（M）（骨材使用量）	S；1,353 kg/m <sup>3</sup>
構造物コンクリート（A1）（骨材使用量）	G1；447 kg/m <sup>3</sup> 、G2；373 kg/m <sup>3</sup> 、G3；373 kg/m <sup>3</sup> 、G4；298 kg/m <sup>3</sup> 、S；576 kg/m <sup>3</sup>
RCDコンクリート（B1）（骨材使用量）	G2；607 kg/m <sup>3</sup> 、G3；455 kg/m <sup>3</sup> 、G4；455 kg/m <sup>3</sup> 、S；576 kg/m <sup>3</sup>

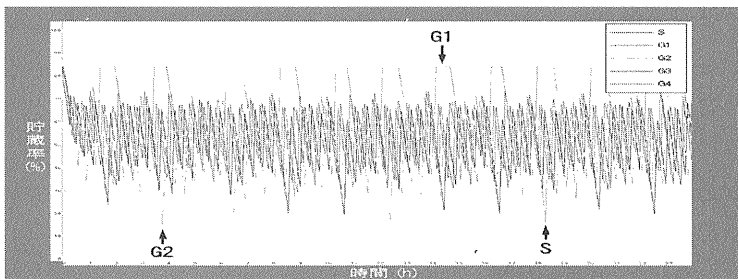


図-5 test pattern 1（設定値 HH=95、H2=85、H=70、M=50、L=30）

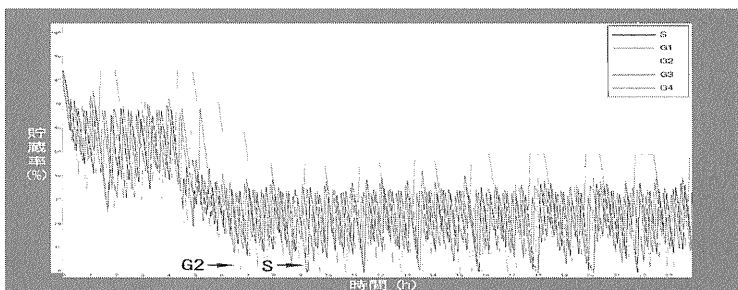


図-6 test pattern 2（設定値 HH=95、H2=85、H=70、M=50、L=40）

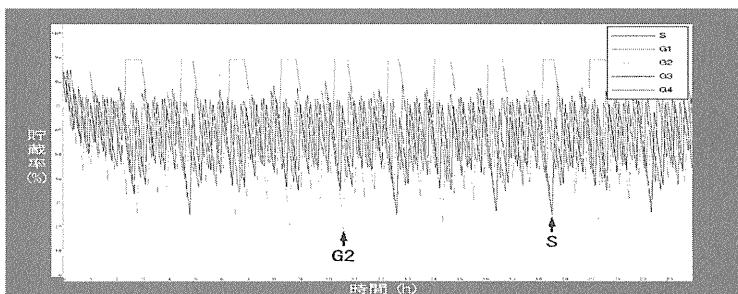


図-7 test pattern 3（設定値 HH=95、H2=90、H=85、M=60、L=30）

## 6. 検証結果

(1) test pattern 1（設定値 HH=95、H2=85、H=70、M=50、L=30）

図-5により、骨材が不足することなく運

転されており、本シミュレーションにおいて実用化が図れることを意味する。しかし、G2の変動が非常に大きく、15%まで落ち込むことがわかる。

(2) test pattern 2 (設定値 HH=95, H2=85, H=70, M=50, L=40)

test pattern 1におけるG2の変動を押えるためLレベルの設定値を30%から40%に変更したのが本パターンである。

しかし、Lモード(L優先機能)が機能しすぎたため、全般的に変動域が下がり約6時間経過後からG2, Sにおいて骨材の荷切れ(払底)が発生している。Lレベルを上げた場合は骨材の追従が不可となった。

(3) test pattern 3 (設定値 HH=95, H2=90, H=85, M=60, L=30)

本パターンは、test pattern 1において、Lレベルはそのままだし、H2, H, Mレベルを上げたものである。

本パターンではG2, Sにおいて、数回Lレベル(30%)を下まわることが確認されたが、20%以下に落ち込むことはない。また、全ての骨材が概ね35%~80%で変動しており、test pattern 1に比べて変動域が上がったことを意味している。

これらのシミュレーション結果により、従来から必要とされてきた骨材調整ピンを省略することが可能と判断し、本制御システムの開発、現場での実用化を行った。なお、現場ではコンクリートの配合、打設状況等の外的要素が大きく変化するため、実機にもシミュレータを搭載し、各種のパラメータ設定時の参考データとして活用できるようにした。

## 7. 今後の課題

現在、コンクリート製造設備に供給される製品骨材

は、本設備により、全量が輸送できており、所定の輸送能力を確保し、骨材調整ピンを省略することにより、設備費のコスト削減が実現できたと言える。

しかし、骨材調整ピンは、設備故障時のバッファの役割も兼ねており、骨材調整ピンがないことにより、故障時に、直ちにコンクリート打設に影響を与える可能性があるため、保守点検が容易な設備とすることや予備品を充実することなどの維持管理面上の課題を検討する必要がある。

また、今回は、製品骨材の供給、消費におけるシミュレーションを、PCを用いて実施したが、今後は、輸送設備だけでなく、コンクリート製造設備など他設備においてもシミュレーションが可能と考えられるため、積極的に適用していくべきである。

## 8. おわりに

近年のPCの飛躍的な発達に伴い、建設現場における計画段階でのシミュレーションは容易なものとなってきている。今回実施した本ダムでの新たな試みが、後続するダム事業だけでなく長距離を輸送する設備等の参考となれば幸いである。

J C M A

[筆者紹介]

黒川 文貴 (くろかわ ふみたか)  
独立行政法人水資源機構  
荒川ダム総合事業所  
機械課  
機械第一係



小特集 **建設施工にかかわるシミュレーション技術**  
 建設技術のシミュレーション技術

# 採石場の採掘計画及び緑化計画シミュレーション

高柳 秀樹

採石の無駄のない採掘，原価低減そして市場の動きへの迅速な対応のため，正確な現況地形図をもとに綿密な採掘計画をスピーディーに行う必要がある。また，採掘跡地の自然と調和した緑化復元が求められている。こうした状況に対応するため，まず地形の3次元CAD化～採掘計画の中心となる採掘切羽の設計・岩石賦存量計算，盛土造成設計について採石専用CADのシミュレーション機能を使い，工数を如何に低減してスピードアップを図るかについて触れ，次に3次元CADと汎用CGソフトを組合せた3次元景観シミュレーションによる緑化計画について紹介する。  
 キーワード：採石，採掘計画，緑化計画，採石CAD，CG，景観シミュレーション

## 1. まえがき

e-Japan，電子自治体への取組みが急ピッチで進められているが，採石業界では設計のCAD化が徐々に浸透してきており，将来の採石認可申請の電子化も現実味を帯びてきている。一方では，採石需要の低迷や採石製品の価格下落への対応として，採石製造の損益分岐点の引下げが生残りの必要条件となってきた。また，近年環境負荷の少ない岩石採取事業への転換が求められ，緑化復元費用が大きな負担となってきた。

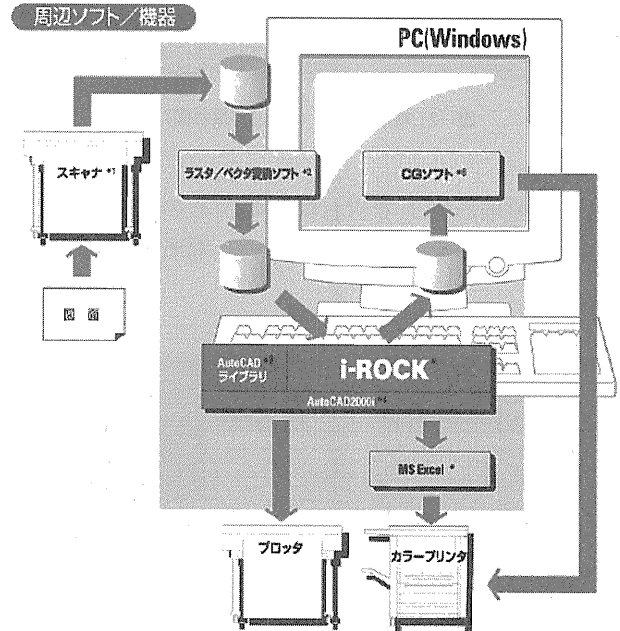
建設機械メーカーにとっても，そうした状況への対応として，より経費がかからず耐久性の高い建設機械の開発にとどまらず，現場に最適な機械と台数・組合せの提案から更に採掘計画も含めた大型建設機械の設備計画の提案をするコンサルタントとしての役割が重要になってきている。

採掘計画は，採石事業の最上流に位置する最も重要なステップで，この計画が碎石の製造原価を大きく左右する。また，採掘跡地の緑化計画は環境への配慮と事業コストのトレードオフ関係から合理的に計画する必要がある。この二つの計画業務にCAD，特に3次元CADとCGの技術を連携させてフル活用することで，コストの低減と環境負荷の軽減の両立が実現できるので，このITシステムの概要と実施事例を紹介する。

## 2. シミュレーションシステムの概要

従来碎石場では，採掘計画を立案し手書きの計画図面を作成してきたが，ここ2～3年でCAD図面化が急速に進んでいる。ただし，2次元CADが多く，まだ十分にCAD設計のメリットを活用しきれていない。

採石分野におけるプラットフォームとして卓越した拡張性



- \*1 スキャナ
  - \*2 ラスタ/ベクタ変換
  - \*3 i-ROCK
  - \*4 AutoCAD
  - \*5 MS Excel
  - \*6 CG ソフト
  - \*7 AutoCAD ライブラリ
- 図面データをデジタルデータ化して取り込むイメージデータをCADデータ化する  
 採石専用3次元CAD (AutoCADベース)  
 i-ROCKのプラットフォームとなる基本ソフト  
 鉱量計算結果を表示するためのソフト  
 3D面表現による景観図作成ソフト  
 ・CIVIL-LT ・LANDCADD  
 ・CIVIL-RRO ・CIVIL ENGINEERING

図-1 シミュレーションシステム概要図

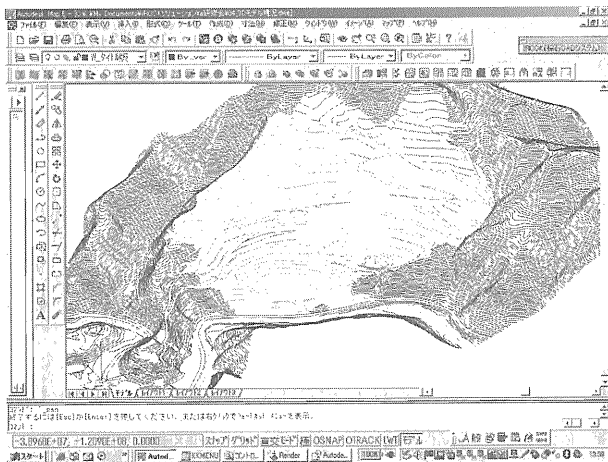


緑化計画での景観シミュレーションをするには、3次元のCAD地形図が基本であり、その意味からも3次元CAD化は今後ますます必要である。まず、採石専用の3次元CADシステム及びそれと連携する景観シミュレーションシステムの概要を図一1に示す。

以下に本システムを使った計画とシミュレーションの流れを見ていくこととする。

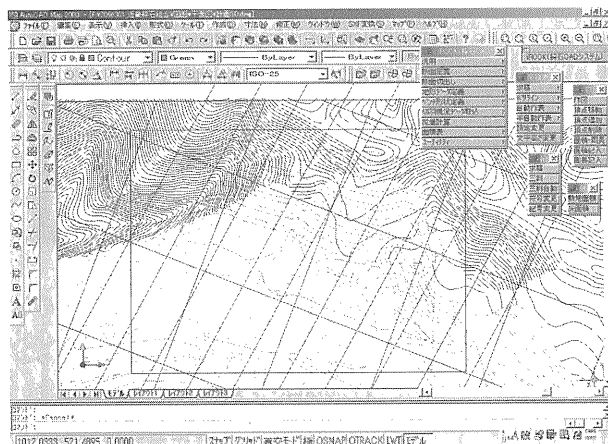
### 3. 3次元CADによる採掘計画

CADによる設計の処理手順を見る。まず、図一2に示すように現況の地形図をCAD図にする。手書き図面からスキャナで絵（ラスターデータと呼ぶ）としてデジタル化した後、ベクトル変換ソフトにより等高線を3次元化している。



図一2 現況地形図（3次元等高線図）

次に現況地形図上で岩石採取のための採掘場所の候補を選びシミュレーションを行い、場所と形状を決定する。



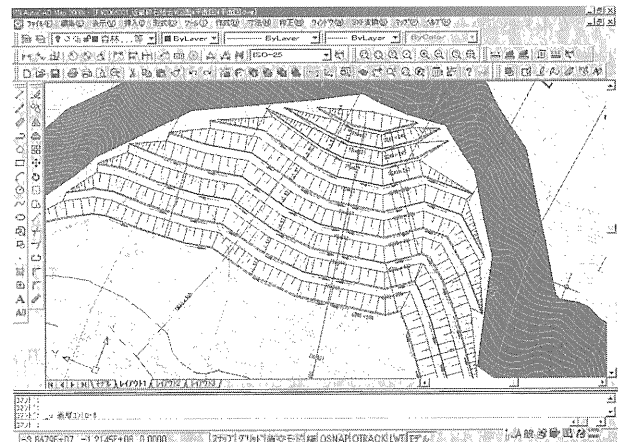
図一3 採掘計画シミュレーション

図一3はシミュレーション実施状況を示す。中央部の法面、犬走りラインが切羽で、図一2の切羽現況の右上部を採掘する計画である。本システムのベースは「AutoCAD 2002」でアプリケーションソフトとして採石専用CAD「iROCK」が載せられている。そのメニューがフローティング形式で図一3右上に見えている。採掘計画に関する自動処理メニューがボタンを押すだけで実行できる。

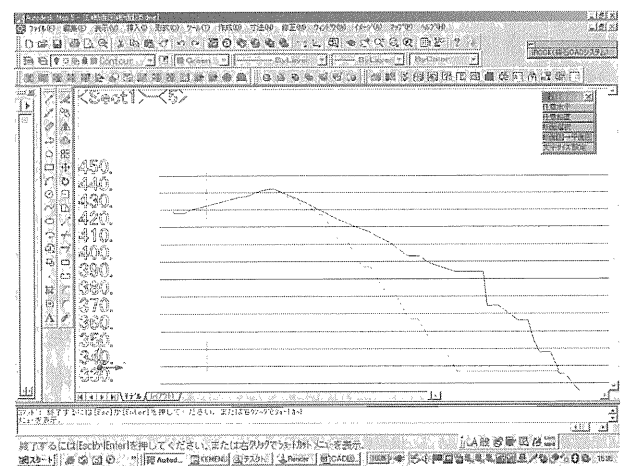
図一4は切羽の規格（法面の傾斜角、高さ、犬走り幅）を設定して、ベンチ形状を設計した例である。

上段3段は表土部分で下部6段が岩盤部のベンチであり、犬走りに沿って開削の排水路が設計されている。このベンチの横断面をシステムで自動的に切出してみたのが図一5である。外側の現況地形断面線の内側に設計切羽の断面が描かれている。従来の手作業での平面図からの高さ読み取り作図に比べ格段に省力化される。

これを3次元の色付け機能で簡単な景観図として見たものが図一6である。平面図ではイメージし難い立体イメージが確認できる。現況地形の中に右上の明色の部分が設計した切羽である。



図一4 切羽計画平面図



図一5 切羽横断面図

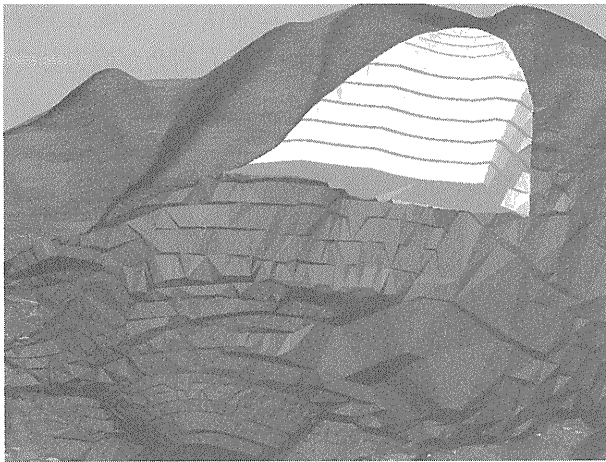


図-6 切羽周辺景観図

また、本切羽設計での岩石採掘量は平均断面法で自動的に計算し Excel 表に出力される（図-7）。計算根拠となる断面積も別シートで参照可能である。

Microsoft Excel - 04_岩石採取量					
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)					
H39					
A	B	C	D	E	F
1					
2		<b>岩石採取量計算書</b>			
3					
4			ピッチ	全体	
5					
6	1		0.00		
7	2		40.00	0	0
8	3		40.00	36,028	0
9	4		40.00	116,893	0
10	5		40.00	165,574	0
11	6		40.00	189,404	0
12	7		40.00	184,073	0
13	8		40.00	38,516	0
14	9		40.00	9,138	0
15	10		40.00	0	0
16					
17		合計		789,627	0
18				(m <sup>3</sup> )	
19					
20					

図-7 岩石採取計算表

左側の 1~10 は横断面の番号であり、その右側の列は断面間のピッチ 40 m、その右側の列は各断面間の岩石採取量である。この切羽からは合計約 79 万 m<sup>3</sup> 採取できる。図-3~図-7 までの一連のシミュレーション処理を何箇所かの採掘候補区域で行うことにより、必要な種類の岩石採掘量の確保と採掘コストの低減を両立させる採掘計画の策定が可能となる。

#### 4. CG による景観シミュレーション

採石場の開発区域の景観保全や開発跡地の緑化復元、里山化のため、各自治体は採石認可申請時やその後の採石場パトロールなどを通して採石跡地の恒久緑化を求めている。既に景観条例を制定して、法的に緑化の義務付けを実施している自治体も増えている。

しかし緑化復元には多大な投資が必要であり、綿密

な中長期計画に基づき必要最小限の経費で最大の緑化効果を出すことが求められている。

効率的に緑化復元を進めるためには、まず合理的な緑化復元計画を立てなければならない。緑化計画のベースとなるものは、採掘計画図である。採掘計画のベンチ設計に基づく採掘後の現況地形 CAD 図より、CG を使い、以下に説明する方法で緑化計画及び緑化シミュレーションができる。

採掘計画時の景観図の実例を図-8、図-9 に示す。図-8 は碎石場全景が見渡せるよう採石上空に視点を設定して鳥瞰図として見たものである。図-9 は同じ採石場の採掘切羽部分を中心に視点を変えて見た鳥瞰図である。

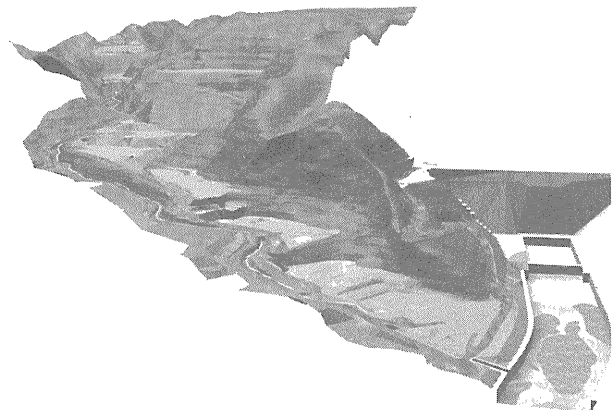


図-8 採掘全域の景観シミュレーション (例 1)



図-9 採掘切羽の景観シミュレーション (例 2)

もう一つの例として海上に浮かぶ島の東端に位置する採石場の景観シミュレーションを見てみよう。真上（図-10）と東側上空（図-11）から見た景観図をそれぞれ示した。場内全体にわたり切羽や調整池などの位置や形状が良くわかる。

このように様々な視点より採石場の景観シミュレーションを行う事ができるので、採石場の開発計画の検

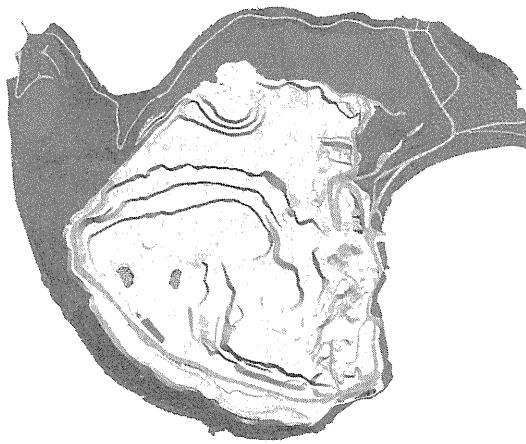


図-10 真上から見た景観図



図-11 東側から見た景観図

討やそれがどのように景観に影響するかの評価が容易になる。

また、緑化は現地形に植栽してすぐに効果ができることはなく、樹木の伸びに従って緑が徐々に復元されていくことになる。

グラビヤに緑化評価を行った現場での、緑化のシミュレーションを行った結果を示す。

視点 A から見た緑化進捗予想、B 点及び C 点から視点を変えて見た場合の景観予想が確認できる。従来平面図で説明してきた緑化計画をこうして景観シミュレーションにすることで、地域住民や地方自治体との景観保全の協議に役立てられる。

## 5. 景観評価の具体的適用例

採石場の採掘時の景観への悪影響を少なくし、採掘跡地の緑化を促進するため、京都府では昭和 46 年に「風致条例」が制定されたが、最近では年度毎に上記のような景観図を風致委員会に提出するようになった。当然緑化シミュレーションに従い、植栽がきちんと進んでいるかどうかは、採石パトロールでチェックされる。

兵庫県でも同様に平成 13 年 10 月より「環境の保全と創造に関する条例」が施行された。自然景観との調和や早期の植生の回復を図るため、県下区域を三つ

(第一種、第二種、第三種)に分けて、造成工や緑化工の規格を定めている。行政と砕石組合が協力して、計画の実施状況のフォローを実施しているのは、京都府と同じである。

現在ではこの他の自治体でも同様の動きが多くなってきており、計画段階で景観シミュレーションによる採掘切羽の露出度合いや緑化による修復度合いの評価をして、実地でフォローする仕組みが必須のものとなってきている。

## 6. CAD・CG シミュレーション技法の応用

採石業務の最上流である採掘計画や景観シミュレーションは事業計画を立案する際に利用されるが、更に発展的な応用例を二つ挙げる。

### (1) 採石認可申請の電子化への対応

採石認可申請時には、申請図書として様々な申請書類や図面を添付するが、現在書類はワープロ化され、図面は CAD 化されてきている。従って、全て電子データで提出することが可能である。ただし、電子申請は受け側である自治体の体制や法整備が必要であり、次の 2 段階のステップで進んで行くことが予想される。

#### (a) 第一ステップ：CD-ROM での提出

書類・図面の電子データは CD-ROM に入れて、図面類は A3 判程度に縮小コピーして提出する。こうすることで、全体を見る場合は縮小コピーで見ても、詳細を見る場合には電子図面をブラウザで拡大して見ることができる。これまで、10 cm 以上の分厚いファイルで提出していた図書が非常にコンパクトになるので、保管も容易になる。

#### (b) 第二ステップ：WEB サイトからの申請

CAD 関係の技術進歩により現在では図面と図面管理項目などの文字情報をリンクさせて扱えるようになった (DesignXML 言語) ため、図-12 のように WEB

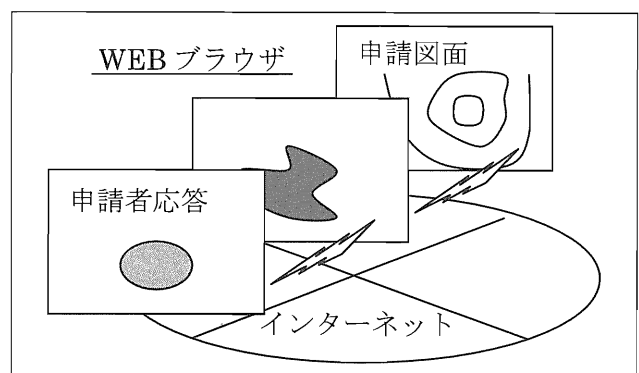


図-12 電子申請と修正対応



サイトから申請図書を電子申請したり、審査側から申請図面の朱書き修正をWEB上で指示することができる。修正指摘と対応がこれまで一々面談にて行われてきたので、審査のスピードアップとなり、申請者・審査側双方の工数が大幅に低減できる。

(2) 重機積算シミュレーションとの統合化

現在、碎石場で使用される掘削ブルドーザ、積み込み機械、運搬機械については、稼働条件に合わせて最適な機種と台数及び組合せをシミュレーションで求めるソフト（OFR：Optimum Fleet Recommendation System）がある。採掘計画シミュレーションの結果から、OFRに必要なデータを出力すれば、それをもとに重機積算シミュレーションが行える。

込み機、運搬機の選定を行う。幾つかの採掘計画案でシミュレートして比較検討して設備投資を最小化することができる（図-14）。

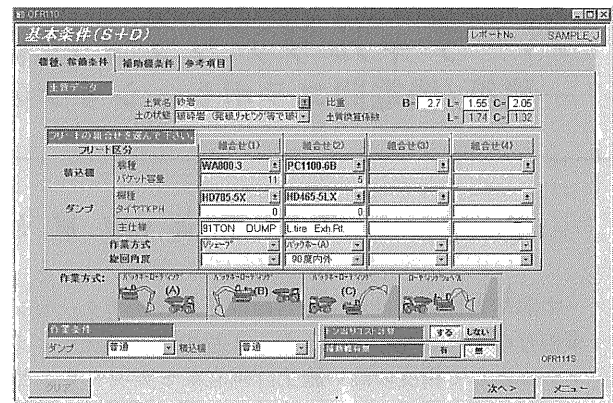


図-14 OFRシミュレーション画面

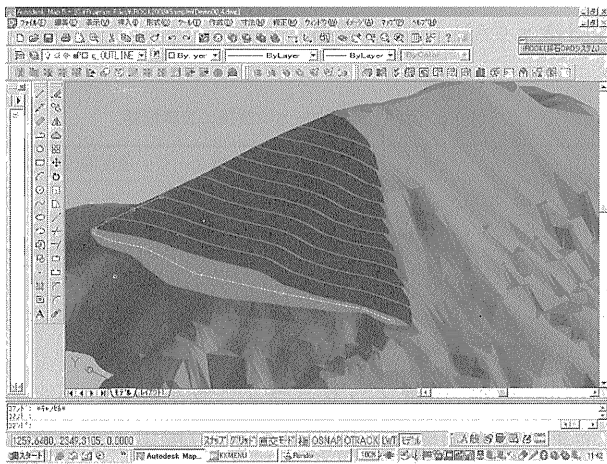


図-13 CAD図で運搬路設定

図-13のように長期採掘計画（3次元のCAD図）上で運搬路を設定して、運搬路データ（運搬走路の区間ごとの距離・勾配）データをシミュレーションソフト（OFR）に転送してコストミニマムの工法及び積

7. おわりに

CADやCGを使った採掘計画や緑化計画シミュレーションにより、例えば採石認可申請業務コストは実績ベースでも3~4割程度低減している。更に、原石採掘の重機積算シミュレーションとも連携して設備を精査すれば、碎石の原価低減に役立つことは明白であり、今後こうしたITツールの徹底した活用が必要と考える。

JICMA

【筆者紹介】

高柳 秀樹（たかやなぎ ひでき）  
 株式会社小松製作所  
 建機マーケティング本部  
 CS推進部



## 小特集 建設施工にかかわるシミュレーション技術 建設技術のシミュレーション技術

# バーチャルリアリティ技術を利用した原子力発電所工事 —建築/機電間コラボレーションの実施—

田中 幸一郎・中村 尚弘・得平 洋史・川端 稔・砂川 定男

中部電力株式会社浜岡5号機原子力発電所タービン建屋建設工事では、3次元CADを活用して建築工事と機電工事相互の工程調整を実施した。工程の進捗状況をビジュアルに確認することが可能となり、建築/機電間の工程調整ツールとして精度の高い施工計画立案を実現することができた。工程データ交換では、週間・月間工程表に記載される工程情報を電子データで交換し、同一紙面上に建築/機電双方の工程を出力して工程調整会議での運用を図った。本報文では建築/機電工事間のコラボレーションの概要について紹介する。

キーワード：コラボレーション、施工計画、シミュレーション、3次元CAD、データ交換

表-1 浜岡5号機タービン建屋の工事概要

工事名	浜岡原子力発電所第5号機タービン建屋建設工事
建設地	静岡県小笠郡浜岡町佐倉5561
炉型式・出力	改良沸騰水型（ABWR）、138万kW
建築面積	8,028.95 m <sup>2</sup>
建屋工期	平成11年12月～平成16年2月

## 1. はじめに

原子力発電所建屋は重要な機器・配管類が高密度に配置されており、放射線遮蔽のため厚い壁床で構成されている。このため躯体工事を進める途中で大型機器や配管を設置していく施工工程となり、建屋躯体の建設を担当する建築工事と内部に配置される機器類を担当する機電工事の相互の施工手順が複雑化している。近年は高い生産性を得るために工事効率の向上及び工期短縮が必要条件であり、両者のインターフェースを改善することが非常に重要な課題となっている。

そこで株式会社竹中工務店と株式会社日立製作所で中部電力株式会社浜岡原子力発電所第5号機タービン建屋建設工事（以下、浜岡5号機と記す）にあたり、建築/機電相互が保有する3次元CAD情報及び工程情報を有効に活用する手法について検討を行い、情報共有による建築/機電工事間コラボレーションを実施した。

## 2. コラボレーション実施の背景

### （1）浜岡5号機タービン建屋の工事概要

浜岡5号機は中部電力株式会社が建設中の改良沸騰水型軽水炉の原子力発電所で、平成17年1月に営業運転を開始する予定である。タービン建屋の工事概要を表-1に示す。平成15年8月現在で建屋躯体工事はほぼ完了し、内部機器の据付け、調整を行っている。

### （2）建築/機電インターフェースの改善

従来、原子力発電所建設での建築/機電工事は図-1左欄に示すようにそれぞれ独立して設計・施工計画が進められてきた。

設計・施工計画期間中に両者間での調整は行われるものの詳細なレベルまでカバーすることは困難であり、実際の施工に入ってから調整で変更が発生し手戻りとなるケースも多々見受けられた。

浜岡5号機については前工事と比較して狭隘敷地での施工、短工期、機器の高密度配置等の建設条件により、建築/機電間の認識相違による工事の手戻りや工程調整に要するマンパワーの増大が懸念された。

こうした要因より3次元CAD情報を用いて建築/機電間コラボレーションを実施することとした。これは図-1右欄に示すようにプロジェクトの初期段階で建築/機電双方の設計・施工情報を一元化し、相互の設計・施工計画の整合性を確認することが目的である。

### （3）システム構成の概要

長期間にわたるデータメンテナンスやソフトウェア技術進歩に柔軟に対応できるようコンポーネント（部品）指向のシステム構成とした（図-2）。システムの

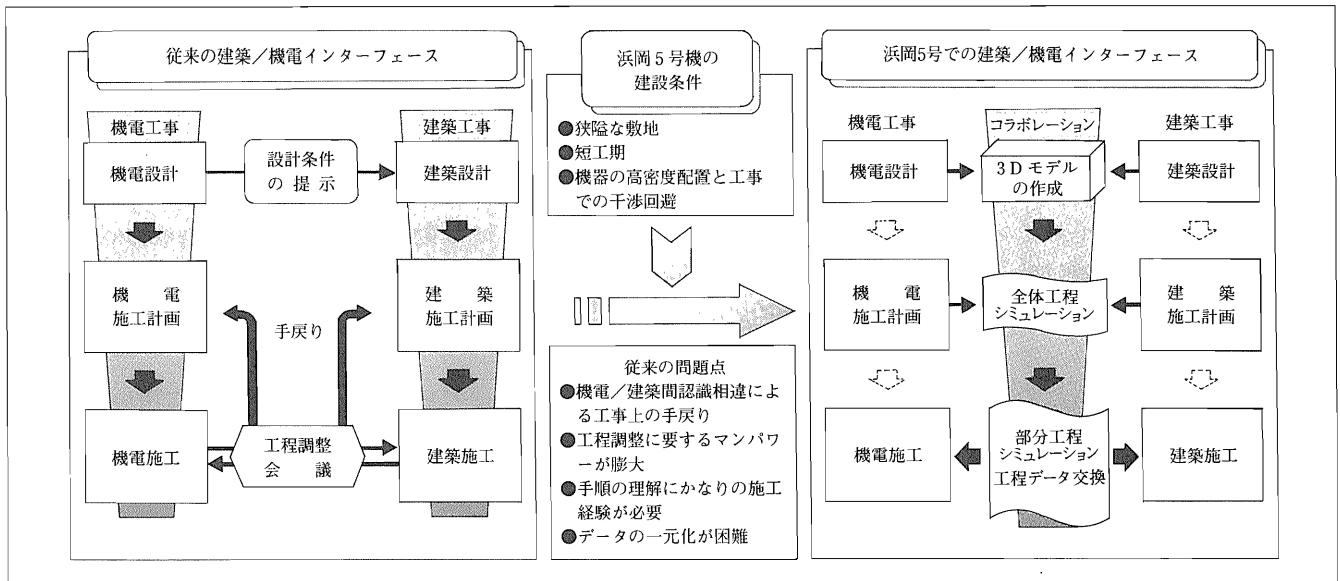


図-1 建築/機電インターフェースの改善

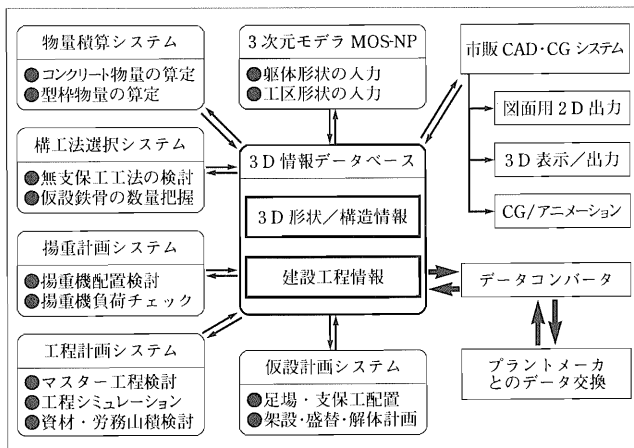


図-2 システム構成

減した<sup>2)</sup>。作成した3次元モデルは市販CADソフトに取込むことが可能である。

### 3. コラボレーションの実施内容

#### (1) 全体工程シミュレーション

全体工程シミュレーションは3次元表示での動画(アニメーション)を利用して着工から竣工までの工程をビジュアルに表示する機能を有する。図-3に工程シミュレーションのフローを示す。

建築/機電双方から持ち寄った躯体、機器、工区形

開発期間およびコストの削減、変化への対応力向上の点で有効な方法である。3次元形状データおよび工程情報を中核に置き、

- ・物量積算
- ・構工法選択
- ・揚重計画
- ・工程計画
- ・仮設計画

等のサブシステムと連動を図っている。3次元形状データおよび工程情報はテキスト形式とし、各サブシステムや市販ソフトのバージョンアップに対応可能な仕様とした<sup>1)</sup>。

躯体3次元データの作成は開発ソフトである専用モデラ MOS-NP を利用した。本モデラは通芯交点を基準とした相対アドレスでのデータ形式を取り、「建築的常識」を備えることで主要な部材を自動発生させる機能を有し、3次元データ入力の作業負担を大幅に低

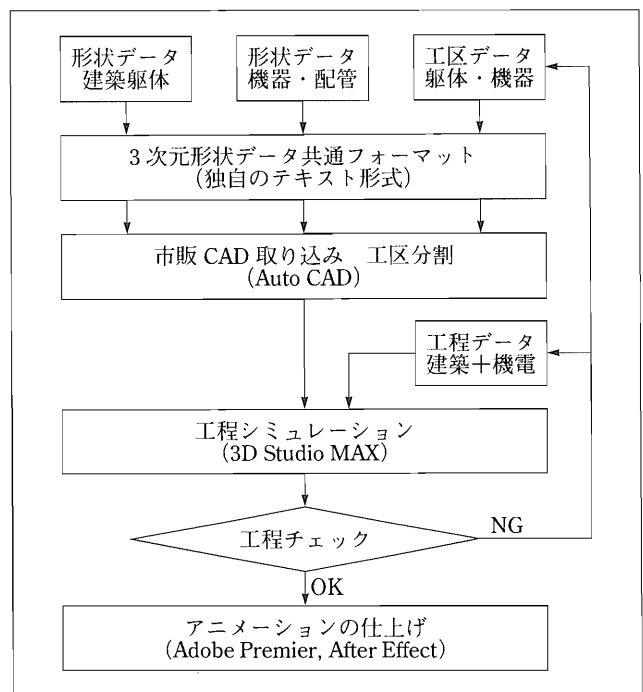


図-3 工程シミュレーションのフロー



状に関する3次元データを共通フォーマットに変換しCAD上に取り込む。CADソフトの機能を利用して、工区を示す3次元空間内に含まれる躯体・機器データを自動的に取り出し工区別データを作成する。

工区別データ毎に工程情報として作業開始日、終了日、表示方法(3次元オブジェクトの色変化および落下・横移動等)を関連付け、工程の推移を動画として表現する。出来上がった全体工程アニメを視覚的に確認し、工事上の不整合がないかを確認する。

工程に不整合が見られる場合は工区分割や工程計画に戻って修正を行った。また、建屋躯体・機器等の本設物以外に工事中に利用する主な仮設物(揚重機、構

台等)の架設、撤去を表現し、概略の全体仮設計画も含めた確認が可能となるようにした。

工程のシミュレーションフローの中で、工区別のデータ分割は3次元CADソフト(AutoCAD)、工程アニメの作成はアニメ作成ソフト(3D Studio MAX)、アニメ仕上げは動画編集ソフト(Premiere, After Effect)等の市販ソフトを活用することによりシステム開発を効率的に行った。

図-4に浜岡5号を対象として作成した全体工程シミュレーションの一部を示す。本検討に用いたシステムはエンジニアリングツールとしての利用を前提として開発したもので、工程期間変更、作業手順組替え、工区分変更などパラメトリックなケーススタディに対応できる。

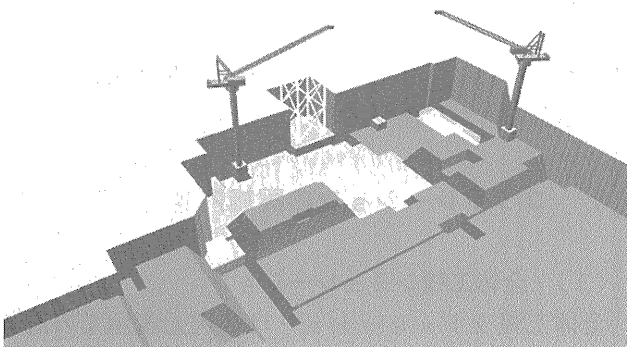
従来こうした調整を行うためにはかなりの発電所施工経験を必要とし、建築/機電間で相手方の工事内容を詳細まで理解するために大変な努力を要していた。本シミュレーションでは施工過程をビジュアルに確認することができることから、建築/機電間で同一の施工段階イメージを共有することが可能となり、整合性の取れた極めて精度の高い事前計画を立案することができた。

## (2) 部分工程シミュレーション

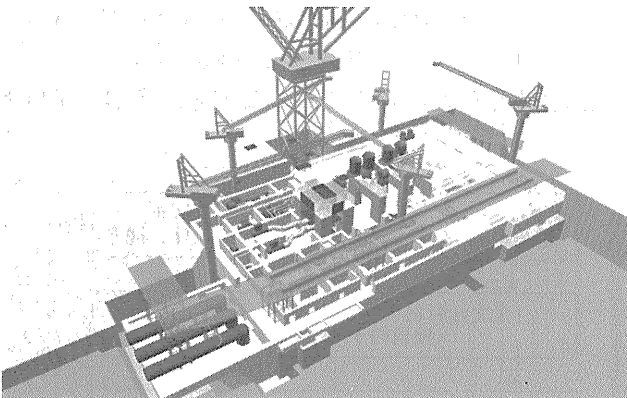
部分工程シミュレーションは施工を目前に控えた詳細な調整用として開発したものである。個別工区での建築と機電の干渉調整がターゲットで、全体工程シミュレーションで使用した3次元形状データにより詳細な情報として建築工事用の足場配置や先行搬入される機器、配管位置、形状を追加し施工状況を表示した。

グラビヤに代表的なシミュレーション例として地下2階の機器搬入事例を示す。壁面に沿って配置された躯体工事用足場と先行搬入する機器、配管について、3次元データを合体させ干渉をチェックし最適な仮設材配置計画や盛換え計画を行うことができた。これまで工事前に建築/機電間の施工手順を詳細に調整することや、先行搬入される機器、配管のサイズや仮置形状を正確に機電側から建築側へ伝えることは非常にマンパワーを必要とした。そのため必要以上の範囲の足場を解体してしまったり、解体範囲が不十分で干渉が回避できなかったりという無駄や手戻りが少なからず発生していた。本シミュレーションを利用することにより、作業を実施する事前にビジュアルに仮設配置や機器搬入状況を確認することができ、工事の手戻り・無駄をなくすことができた。

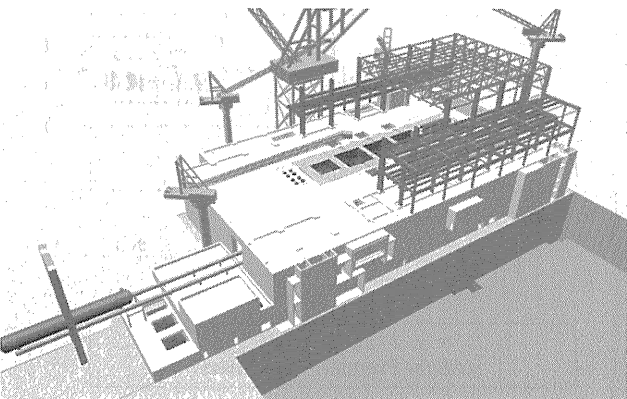
グラビヤにタービン架台の例を示す。タービン架台



①2000年5月 マンメイドロック打設, 揚重機設置



②2001年2月 1F床躯体工事, B1F機器搬入



③2002年2月 上屋鉄骨建方, 湿分離加熱機搬入

図-4 全体工程シミュレーションの例

は発電所の心臓部であるタービン発電機を設置するための大型構造物であり、コンクリート・鉄筋ともに膨大な物量を有する。一方、復水器（タービンを回転させた水蒸気を冷却凝縮する機器）という大型機器が架台下部の柱間に設置されるため建築/機電の施工手順が非常に複雑な部位である。

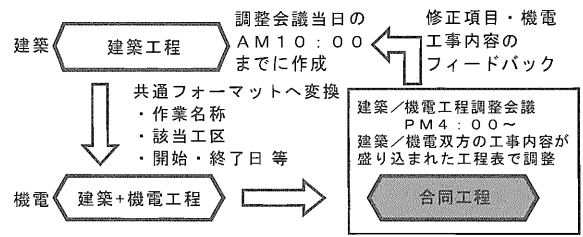


図-5 工程データ交換のサイクル

(3) 工程データ交換

現場の週間・月間工程表を電子情報として交換することでデータ入力作業の重複削減、建築/機電間の情報伝達の円滑化など工事管理業務の合理化を図った。従来建築/機電間の現場での工事調整は相互の工程表を印刷物で提出しあい、紙面を追いながら行われていた。工事最盛期には工程表が数十枚にもわたり、互いに関連する建築作業と機電作業とを照合し整合性をとるのは大変な業務であった。

工程データの交換項目は、作業ID、作業名称、工程種別、工区、作業開始日、作業終了日等とした。作業IDは工程データ個々にユニークなIDナンバーをつけることとし、前回データからの変更は本IDをキーとして自動判別することとした。

図-5に工程データ交換のサイクルフローを示す。工程調整会議の当日AM10:00までに所定のフォーマットで記載した工程データを電子メールで建築側から機電側へ送付する。機電側では受理したデータをシステムへ取込み、建築工程と機電工程を合体させ合同工程表とする。PM4:00からの工程調整会議はこの合同工程表を参照して行われる。

合同工程の実現にあたり、建築側と機電側の工区区分が異なるため以下のデータ交換のルールを設定した。

- ① 躯体工事（機電側の工事種別は青塔工事・埋設工事）については建築側の工区区分に従って記載する。
- ② 仕上げ工事（機電側の工事種別は先行工事）については機電側の工区区分に従って記載する。

これにより建築/機電相互の工程の関連性をシステム上で自動的に認識可能なものとし、合同工程表として出力可能なシステムを構築した。なお、合同工程表自動作成については機電側システムで処理を行った。図-6に示すように各工区毎に建築工程、機電工程の順に自動的にデータを並べ替えて表示されるようにした。合同工程表では同一工程表内に建築/機電の関連性の強い工程が並ぶため非常に分かりやすくなった。また、従来、機電工程では建築工程からの流れを示すために建築工程の一部を再入力していたが、そうした作業がなくなり入力の手間や間違いを削減でき、情報の一元化や書類の削減にも貢献できた。

PROJECT		T/B 3週間建設工事工程表 (埋設工事)		作成年月日	01.01.16	浜岡原子力発電所5号機建設所	SR.NO	3/10																
中部電力株式会社 浜岡原子力発電所第5号機																								
NO	工 事 項 目	2001												備 考										
		1月					2月																	
		日	月	火	水	木	日	月	火	水	木	日	月	火	水	木								
		14	15	16	17	18	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
1	3.T1B壁	柱 壁配筋																						
2	B1W-1-1	開口補強 埋金 スリーブ ラス																						
3		型枠 セバ CON 打継処理																						
4	1) P&D 配管据付	P/T																						
5		FU,WD																						
6	2) 特殊金物他	墨出し 搬入 設定												SO2 9枚										
7	3) 仮設配管	FU,WD																						
8	B1W-1-2	定場 柱 壁配筋 開口補強 埋金 スリーブ ラス																						
9		型枠 セバ CON 打継処理型枠 解体																						
10	1) P&D 配管据付	墨出し 搬入																						
11		P/T																						
12		FU,WD																						
13	2) 特殊金物他	墨出し 搬入 設定												SO4 6枚										
14	3) オフセットダクト	墨出し 搬入 設定												2本										
15	4) 仮設配管	墨出し 搬入																						
		FU,WD																						

図-6 合同工程表の一例

## 4. おわりに

原子力発電所建設工事における建築/機電間のコラボレーションについて適用システムの概要、コラボレーション内容とその効果等について述べた。

3次元CAD情報・工程情報を盛込んだシミュレーション手法適用により工程の進捗状況をビジュアルに確認することが可能となり、建築/機電間の工程調整ツールとして精度の高い施工計画立案を実現することができた。また工程情報を電子データで交換することにより、工程情報の一元化、入力作業の重複回避を図ることができた。

### 謝 辞

本報告の発表に快く御了解いただきました中部電力株式会社に謝意を表します。

JCM A

### 《参考文献》

- 1) 中村尚弘, 田中幸一郎: 原子力などエネルギー関連施設を対象とした3次元CADシステムの開発, 原子力工業, 1997年10月号, pp.56-61
- 2) 田中幸一郎, 他: 大規模工事における躯体工程シミュレーションシステムの開発(その1) システム開発のニーズおよび3次元モデラの開発, 日本建築学会大会梗概集, No. 8126, 1994
- 3) 田中幸一郎, 他: 原子力発電所工事での建築/機電間コラボレーションの実施, 日本建築学会第17回建築生産シンポジウム, 2001

### 【筆者紹介】

田中幸一郎(たなか こういちろう)  
株式会社竹中工務店  
エネルギービジネスプロデュース本部  
課長



中村 尚弘(なかむら なおひろ)  
株式会社竹中工務店  
技術研究所  
主任研究員



得平 洋史(とくひら ひろし)  
株式会社竹中工務店  
エネルギービジネスプロデュース本部



川端 稔(かわばた むのる)  
株式会社竹中工務店  
浜岡原子力発電所5号機作業所  
所長



砂川 定男(すなかわ さだお)  
株式会社日立製作所  
浜岡建設所  
副所長



## 小特集 建設施工にかかわるシミュレーション技術 建設技術のシミュレーション技術

# 運搬システム支援ソフトウェアの現状

坂井忠浩・山本茂太

近年、大型土工現場の切盛計画や露天採掘現場の岩石採取設計にはCADが広く用いられ、環境や経済性を考慮した、より現実に近い開発計画が机上で簡便に立案できるようになり、国土や資源の有効活用に大きく寄与している。そのような中、新キャタピラー三菱株式会社では、独自開発した露天採掘計画用CADとダンプトラックの運搬シミュレーションや、走路設計ノウハウを組合わせたソフトウェアを考案し、より安全で効率的な機械編成や走路造成を行える体制を築きつつある。本報文ではそのソフトウェアの概要と効果について報告する。

キーワード：安全、運搬、効率化、CAD、シミュレーション、ビークル、フリート

## 1. ソフトウェア開発の経緯

建設機械が土木工事や鉱山開発にとって欠くことのできないツールとなってから半世紀を迎えようとしている現在においても、大量の土砂や原石を移動させる手段のひとつとして、ダンプトラックはその汎用性の高さなどから中核を成す運搬機械として位置付けられ広く使用されている。それ故に、現場におけるコストダウンを考えるうえで運搬というファクターの占めるウエイトは非常に重く、メーカーに対するユーザからの現場改善提案のニーズも大きい。

新キャタピラー三菱株式会社（以下、当社と略記）においては、ダンプトラックの走行シミュレーションや、積み込み運搬の組合せ作業量シミュレーションなどのソフトウェア開発を1970年代より手掛け、数多くの現場改善活動を支援し成果を上げてきた。しかし、これら従来のシミュレーションはいわば「個」のシミュレーションにとどまっており、より複雑な条件でのシミュレーションに対するニーズが大きかったため、様々な現場条件を再現できる「群」をシミュレート可能なソフトウェアを新たに開発した。

また、それと並行して独自に3次元CADを用いた地形処理ソフトウェアを開発し、土木工事や露天採掘場における開発計画の省力化を図り、景観などの環境保全と経済性を考慮した計画立案基盤の提供を行ってきた。

現在では、これらの当社で開発したソフトウェアを組合わせることによって、運搬システム効率向上をよ

り高い精度でシミュレート可能であり、開発計画の段階から既に進行中のプロジェクトの改善提案まで様々なニーズに対応することが可能となっている。

## 2. ソフトウェアの概要

### (1) ビークルシミュレーション (Vehicle Simulation)

ビークルシミュレーションとは1970年代に米国CAT社で原型が開発された、任意の走路における運搬機のサイクルタイムおよび運搬作業量を算出するソフトウェアである。

そのオリジナルのソフトウェアは1980年代に日本語化され、その後も改良が続けられている。現在のバージョンはMS Visual Basicを利用して再開発され、各種データの入力と結果出力がMS Excelにて行えるようになり、データの汎用性が高くなっている。

本ソフトウェアでは、

- ・コースデータ、
- ・マシンデータ、
- ・シミュレーションデータ、

の3種のデータを入力し、それらを演算した結果、運搬機のサイクルタイムおよび作業量を算定する（図1）。入力データと出力データの詳細は以下の通りである。

ソフトウェアの歴史は長く、多くのシミュレーション実施実績があるが、単一走路、単一機種のみに対応しており、複数機種、複数走路が混在する現場に対応した結果を算出するためには、機種や走路に応じたシミュレーションを繰返す必要がある。



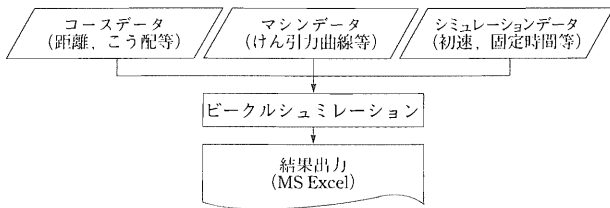
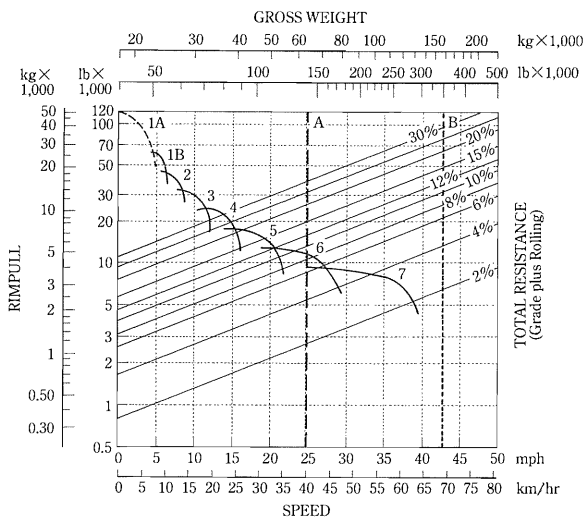


図-1 ビークルシミュレーションの概略

① 入力データ (図-2, 図-3 参照)

図-2 ユースデータ



KEY	KEY
1A - 1st Gear (Torque Converter)	A* - Empty 64,359 kg (141,889 lb)
1B - 1st Gear	B* - Max GMW 161,028 kg (355,000 lb)
2 - 2nd Gear	
3 - 3rd Gear	
4 - 4th Gear	
5 - 5th Gear	
6 - 6th Gear	
7 - 7th Gear	

\*These two reference lines (A and B) apply only to 777D.

図-3 マシンデータ (牽引力曲線)

- コースデータ: 各変化点における距離, 勾配, 回転抵抗等
- マシンデータ: バケツ容量, 積載重量, 牽引力曲線等

- シミュレーションデータ: 初速, 終速, 固定時間, 作業効率等

② 出力データ (図-4)

- サイクルタイム: 運搬機の走路往復時間
- 走行データ: 各地点における限界速度
- 時間当たり作業量:  $m^3/h$  もしくは  $t/h$

図-4 出力データ

(2) フリートプロダクション (Fleet Production)

フリートプロダクションは、ビークルシミュレーションと同時に米国 CAT 社で開発された、積込み運搬システムとしての作業量を算出することが可能なソフトウェアである。

本ソフトウェアでは、ビークルシミュレーションで算出された運搬機単体の運搬作業量とその台数、積込機単体の積込み作業量とその台数、およびバンチングファクターを用いることにより、作業量を算出する。運搬システムとしての作業量を考える場合、単純に機械単体の作業量に台数分を乗じるだけでシステム全体の作業量を求められるものではない。また、積込み作業を行う積込機と、運搬作業を行う運搬機を組合わせた積込み運搬システムの場合、システム全体の作業量は理論的な総作業量の値が低い方に制限される。

例を挙げるならば、ある現場に時間当たり 100 トンの運搬作業量を持つ機械を 100 台導入した場合、時間当たり 10,000 トンの作業量を得ることは非常に難しく、相当の条件が揃わない限り理論的な総作業量である 10,000 トンは得られないであろう。そこで米国 CAT 社では、運搬機の理論的な総作業量と積込機の理論的な総作業量の比 (マッチファクター) から作業量低下係数 (バンチングファクター) と呼ばれるもの

を、莫大な量の実測値を基に経験値として導出し適用することによって、より現実に近い結果を算出することができるようになった。

現在では、ピークルシミュレーションと統合され、データの受渡しなどにおいて利便性が向上している。

### (3) フリートシミュレーション (Fleet Simulation)

前述したピークルシミュレーション、フリートプロダクションの二つのソフトウェアは、それぞれ単一機種、単一走路におけるシミュレーションが可能なソフトウェアであり、複数機種が稼働し、走路に分岐、離合などが複数存在する実際の稼働現場の状況を再現しているとは言い難い。そこで、複雑な現場状況を高い精度で再現したシミュレーションを行い、サイクルタイムや作業量の算出、あるいは走路上の待ちの発生状況などを正確に把握し、効率的な積込み運搬システムの提案を可能にすることを目的として、フリートシミュレーションが開発された。

本ソフトウェアは、米国 Rockwell Software 社製のソフトウェアである「Arena (アリーナ)」を利用している。この「Arena」は、離散系シミュレーションに関して十分な機能を備えているほか、MS Visual Basic for Application に対応しており、運搬機の挙動を求める際にピークルシミュレーションの機能を利用することも可能となっているため、本ソフトウェア開発に相当であった。

当社ではこの「Arena」の機能と、これまで当社で研究開発してきたロジックを組み合わせることによって、走路のモデリング、積込機、運搬機の稼働パターンのモデリングを行い、シミュレーションを実行している(図-5)。

本ソフトウェアの最大の特徴は「現場に適した積込み運搬システムを構築するために、様々な条件における比較分析(“What-if”分析)の実施が容易である」という点にある。例えば、

- 運搬機の機種変更をした場合の作業量はどの程度変化するか?
- 積込機の機種を変更した場合の作業量はどの程度変

化するのか?

- 積込機と運搬機をそれぞれ何台導入すれば最も効率上がるか?

などの、様々な状況を想定したシミュレーションを行い、その結果を比較分析することによって、その現場における積込み運搬システムの最適解を容易に求めることができる、ということである。また、こうした最適機種選定におけるシミュレーションの他に、走路設計におけるシミュレーションも可能である。即ち、

- 走路上のどの位置に離合場所を設けるか?
- 1車線から2車線走路に拡幅が可能であるならば、どの部分を拡幅するのが最も効果的か?
- 勾配を緩やかにするために走路延長を延ばすか?
- 急勾配の走路を設置しても効率は上がるか?

などの、様々な走路の状況を想定したシミュレーションを行い、同様の比較分析をすることによって、走路設計においても本システムを有効に活用することが可能である。

結果出力機能については、本ソフトウェアには以下の通り3種の機能がある。

#### ① MS Excel による詳細結果出力(図-6)

運搬機サイクルタイム、運搬機運搬回数、運搬機作業量、運搬機稼働率、待機場所における運搬機の待ち回数、待機場所における平均待ち時間、等

図-6 結果出力の一例

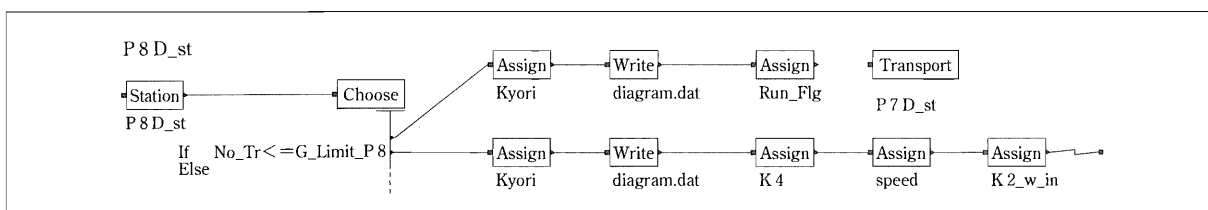


図-5 アルゴリズムの一例

## ② MS Excel によるダイヤグラム作成 (図-7)

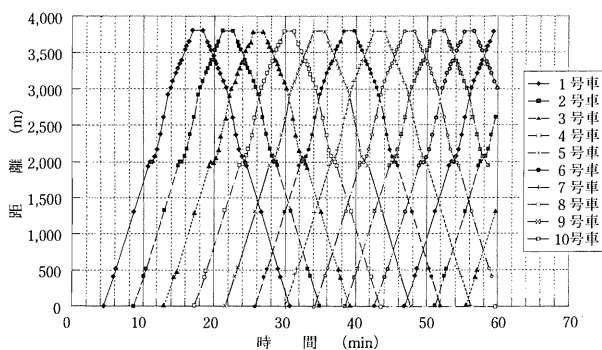


図-7 ダイヤグラムの一例

## ③ シミュレーション状況のアニメーション表示 シミュレーションを実行する際にモデリングした画面を利用して、運搬機、積込機の稼働状況をアニメーション表示することが可能 (図-8)

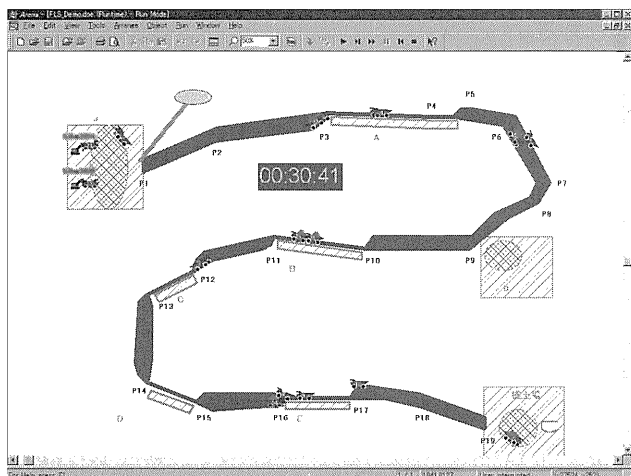


図-8 アニメーション表示

運搬機の大型化、様々な現場周辺の制約条件などにより、重機の稼働環境は従来と比較して非常に複雑になっている。現場条件の正確な再現と複数通りの検討を容易に行うことができる本ソフトウェアに対するユーザーニーズは、今後ますます大きくなると考えられる。

## (4) 地形処理ソフトウェア「Sitecraft」 (サイトクラフト)

サイトクラフトは、砕石、鉱山、ダム現場などの原石山管理と開発計画の立案、図面作成を目的とした地形処理用 CAD ソフトウェアである。

当社では、早期から砕石業の許認可申請業務代行および現場コンサルティングを行っており、従来は全て自社開発した CAD ソフトウェアである「DOGRUN (ドッグラン)」を利用して当該業務を行ってきたが、汎用 3 次元 CAD ソフトウェアが目覚ましく進歩した

こと、また図面作成業務の効率化を図る必要から、米国 Bentley Systems 社製の汎用 CAD ソフトウェアである「Micro Station」(マイクロステーション) をベースとして、新しく地形処理ソフトウェアを開発することとした。

本ソフトウェアは、汎用 CAD ソフトウェアがベースとなっているため、その機能を用いて作図を行うことができ、使用に際して違和感の無いことが特徴の一つとなっている。また他の優れたアドオンソフトウェアとも自由に関係が取れるため、高い拡張性も有している。

本ソフトウェアの主な機能は以下の通りである。

- ・現状地形および地層の 3 次元モデリング機能
- ・採掘および盛土計画のためのベンチ設計機能
- ・三斜求積法、または座標求積法による求積図表の作成
- ・平均断面法による採取量および盛土量の算出
- ・許認可申請図面の作成
- ・計画入り景観図の作成

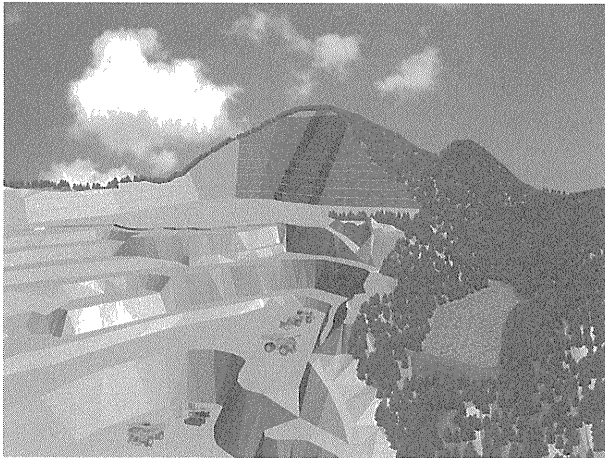
ベンチ設計機能は本ソフトウェアの中心的機能である。机上でベンチ設計を行う場合とほぼ同じ手順で作業を進めていくことになるが、設計の途中でベンチを立体的に確認したり、採掘鉱量を把握したりできるのが最大の特徴である。

まず採掘区域を設定し、採掘計画を立てる場合は切り始めの位置から、盛土計画を立てる場合は盛り始めの位置から、それぞれ設計を開始することができ、全体計画の設計は極めて簡単に完成する。次に採掘鉱量を確認しながら各年度の計画を立て、最終的な設計が完了する。計画線の位置を修正する場合は、数段先の計画線が参照線として表示され、先を予想しながら修正できるので、計画線を確実に採掘区域内に収めることができる。

採掘計画を設計する際の特殊機能としては、最大採掘量を意識しながら設計を進めやすくするために、指定標高までの採掘円を参照表示させる機能や、切り始めとなる最初の小段を自動で発生させる機能などがある。

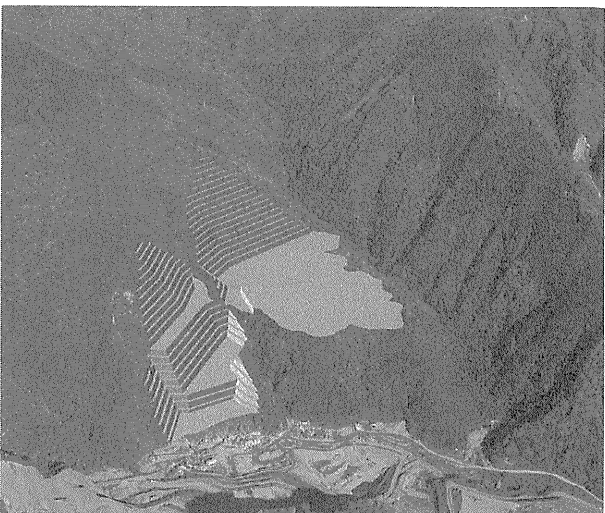
作図結果の出力機能では、いくつかの設定値を入力するだけで、平面図、断面図、求積図および景観図を自動作成することができ、これらは許認可申請の下図として利用することも可能である。また、景観評価の資料となる景観図の作成機能では、実際の景観により近づけるために、日時指定の太陽光による陰影、カメラおよび目標点位置を指定した透視投影効果、テクスチャマッピングによる複数種の樹木の植樹や原石の材

質指定などの様々な効果を設定することができる（図—9）。



図—9 景観図

カメラの視点を変えることができることにより、走路を走行する運搬機からの視界をバーチャルに再現することもできる。さらにモンタージュ機能によって、現場上空から撮影した現況の航空写真に、サイトクラフトで作成したベンチの画像を合成することができるため、より実感的な景観図を作成することも可能である。これらの機能は、景観評価における開発地域住民への説明や、現場の安全管理において非常に有用である（図—10）。



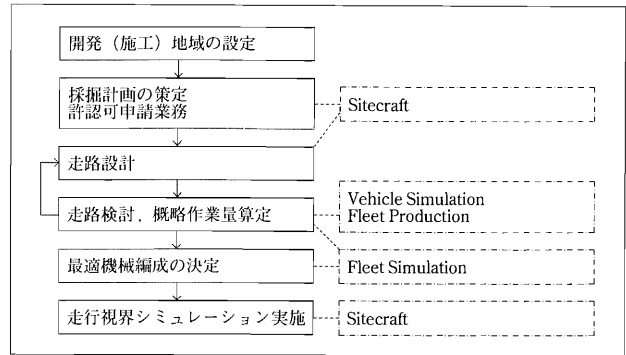
図—10 モンタージュ

本ソフトウェアの作図機能を用いた申請図面作成コストの低減に対するユーザの評価は非常に高いが、許認可申請業務に限らず、シミュレーションとして地形モデルを用いた様々な鉱量や施工量の計算は応用の範囲が非常に広く、今後適用事例が増えるものと思われる。

### 3. 実施事例

ユーザへの支援活動に、前述した各種ソフトウェアを援用した事例を以下に紹介する。

ある砕石業を営むユーザの新規開発計画において、採掘計画の立案から最適機械編成の提案などのコンサルティングを行った。コンサルティングのフローは図—11の通りである。



図—11 フローとソフトウェア

#### （1） サイトクラフトによる採掘計画の策定および許認可申請業務支援

サイトクラフトによって開発区域の全体のベンチ設計、各年度の鉱量算定といった採掘計画を策定し、許認可申請に必要な下図を作成した。許認可申請コストに対するユーザの関心は高いが、サイトクラフトを利用することによって、効率の良く開発計画の検討および作図作業が行え、コストの低減が期待できる。また当社では、様々な開発計画の支援活動によって蓄積したノウハウから、安全で効率の高い開発計画の提供を行うことができる。

さらに切羽展開に合わせた走路設計も同時に行ったが、サイトクラフトによる走路設計と運搬シミュレーションソフトウェアのデータと関係することによって、開発段階で精度の高い走路設計が可能となっている。当該計画の走路設計では、走路幅員が十分に確保できない箇所も多く存在したが、当社のソフトウェアを組み合わせることで活用することによって、効率の低下を最小限とすることができた（図—12）。

#### （2） ビークルシミュレーションとフリートプロダクションによる走路検討及び概略作業量算定

サイトクラフトによって設計された走路に対してビークルシミュレーションを実施し、その走路における運搬機のサイクルタイムと作業量を検証することによって、最も効率の高い走路条件（曲率半径、勾配、等）

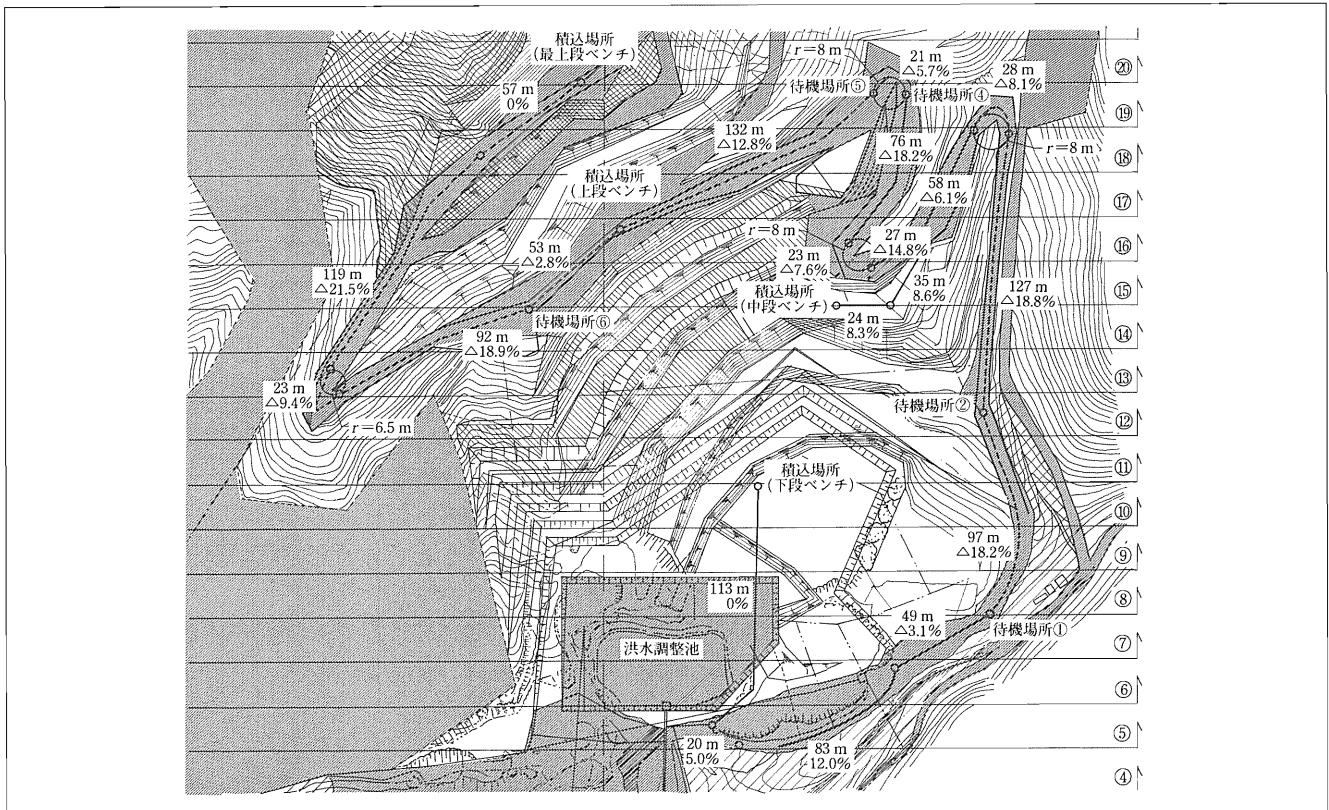


図-12 採掘計画図

を検討することができる。

当該計画で設計された走路では、走路全長の短縮を企図したため、走路中に急勾配および曲率半径が小さい箇所が散見されたが、ピークルシミュレーションの結果、これらの箇所での走行速度低下が確認されたため、勾配と曲率半径を適正なものへ是正した。

再シミュレーションの結果、走行の円滑化、速度変化の平準化による平均車速向上、サイクルタイム短縮、作業量増加が確認された。効率の高い走路を設計することによって、実際の稼働時における安全性の向上、燃料消費量の低減も期待できる。

### (3) フリートシミュレーションによる走路配置の検討および最適機械編成の決定

複数の運搬機が走行した状況において、種々の走路の制約条件（狭隘部、離合場所、走路の合流部、交差部、等）が運搬機の挙動に及ぼす影響をフリートシミュレーションによってシミュレートし、最適な走路配置を検討した。

当該計画においては、十分な走路幅員が確保できず運搬機の離合場所を複数設置しなければならない区間のあることが設計段階において判明した。しかしフリートシミュレーションにより様々な離合場所の設置例を高い再現性で検討することができたため、最適な離合場所を決定することができた。現場稼働後に、こうし

た走路配置に関する問題が見出された場合、その修正には多大なコストが掛かるが、フリートシミュレーションにより計画段階において様々な状況を事前にシミュレート可能であるため、それらのコスト発生を未然に防ぐことが可能である。

さらに積込み運搬機械の編成についても、フリートシミュレーションによって、様々な機種種の混在した積込み運搬システムの作業量と稼働率を試算し、最も効率の高い編成を導くことが可能である。

当該計画においては、当初油圧ショベル2台と11t積みダンプトラック十数台による積込み運搬システムが検討されていたが、フリートシミュレーションによる試算の結果、運搬機の台数の多さから走路の各所で離合待ちや走行速度低下が発生し、各運搬機の稼働率が非常に低いことが判明した。

運搬機の1セットを重ダンプトラックへと大型化し台数を1/3程度とした再シミュレーションの結果、運搬効率が大幅に向上し、また運搬コストの低減にもつながることが判明したため、機械編成は油圧ショベルと11tダンプトラックおよび重ダンプトラックによる計画へ変更された（図-13）。

### (4) サイトクラフトによる走行視界シミュレーション実施

サイトクラフトの機能の一つである景観図作成機能



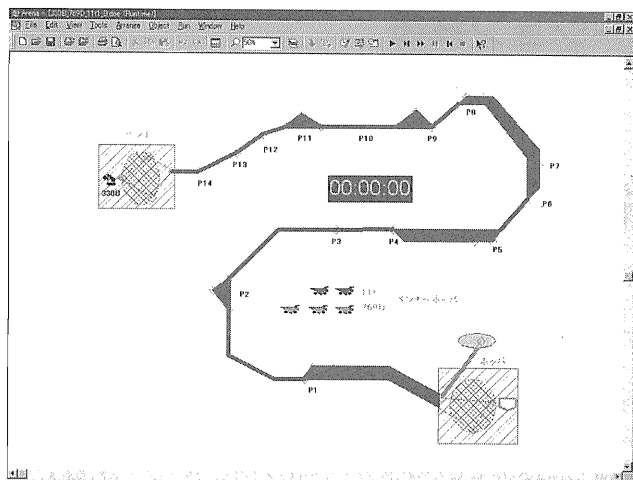


図-13 フリートシミュレーション結果

を用いて、設計された走路を実際に走行した場合の運搬機から眺めた景観を再現し、走路上の危険箇所の把握を行った。サイトクラフトでは、走路上の任意の地点間における情景を動画で再生することも可能であり、実際の走行状況に近い形で運搬機からの視界を再現できる。立体的な画像によって、走路の平面図面では確認することができない、走路上の潜在的な危険箇所を確認することが可能となる。

当該計画では、現場の稼働開始前に危険箇所を確認することによって、各種安全設備の設置場所などの検



図-14 走路景観図

討を事前に効率的に行うことができた。また現場稼働後も、作業者に対する安全教育などにこれらの画像を活用して頂いている(図-14)。

#### 4. おわりに

新キャタピラー三菱株式会社で開発したソフトウェアの紹介を行ったが、各ソフトウェア間のデータの受渡しはまだ十分に出来ていないなど、いまだ開発の域を脱していないことは否めない。しかし個々のソフトウェアは実績に裏付けられた信頼性を持っており、現状でも十分に走路や積み込み運搬機種の最適化を図る活動に対し支援できるものと確信している。また、新たに開発する現場に限らず、既に開発が進んでいる現場においても現状分析や改善案立案に力を発揮することができることから、その活用範囲はかなり広いものと考えている。

大型土木工事や露天採掘場を取巻く社会環境は更に厳しくなると考えられる現在、環境とコストを考慮した運搬計画を立案することは必須条件となるものと考えられる。したがって、今後とも現場改善支援活動を通し、これらソフトウェアの玉成を図って行く所存である。

JCMA

#### 【筆者紹介】



坂井 忠浩(さかい ただひろ)  
新キャタピラー三菱株式会社  
広報営業部  
砕石マーケット営業課  
課長



山本 茂太(やまもと しげた)  
新キャタピラー三菱株式会社  
広域営業部  
環境マーケット営業課

## 小特集 建設施工にかかわるシミュレーション技術 建設技術のシミュレーション技術

# バージによる投入土砂の堆積形状に関する予測手法と適用事例

増田 稔

関西国際空港2期工事のような大水深における海上工事を円滑かつ迅速に施工するには、大型バージで土砂を投入し、所定の設計土層厚を効率よく施工することが重要であり、土砂投入位置決めを事前に把握しておく必要がある。そのためには、バージによる投入土砂の堆積形状に関する予測手法の確立が不可欠である。

本報文では、特性（海象、土砂）の変化を確率変数で考慮した松見モデルを採用した堆積形状予測モデルの概要と、深浅測量と組合わせた施工管理システムおよび関西国際空港2期工事での適用事例を紹介する。

キーワード：バージ、堆積形状予測、情報化施工、造成工事、埋立て工事

## 1. はじめに

海面から土砂を投入する場合、効率的な施工を行うためにはあらかじめマウンドの形成状況を予測する必要がある。

関西国際空港2期工事のように対象となる海域の水深が20m前後と大きい場合、堆積形状を精度よく予測することにより目標形状をより効率的に施工することがより重要となる。

今回、施工土層厚を均一化するための適正な投入位置に関する底開・全開式バージの配船計画について、予測モデル（松見モデル）と堆積形状計測システムを組込んだ施工管理システム（図-1）を提案し運用したので、その事例を紹介する。

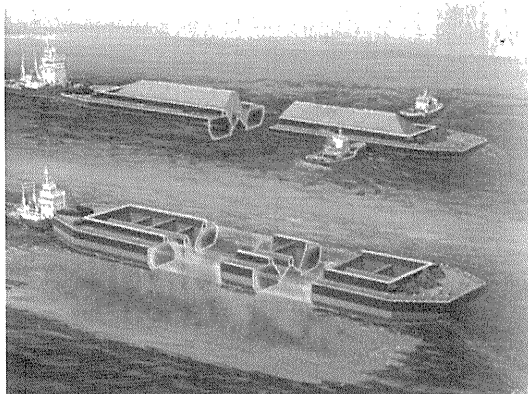


図-1 バージ船による土砂投入イメージ

## 2. システムの概要

### (1) 予測（松見）モデルの概要

松見らは、水深方向に分割した各区間での土砂の散乱に関する確率的性状が同一であることを明らかにした。これに基づき、水深方向に分割した区間ごとに土砂の散乱分布特性を算出し、各区間の土砂の落下移動の確立過程に関してマルコフ・チェーンの確率モデルを適用して、土砂の落下質に関する平面的な確率分布を求め、土砂堆積との積により堆積形状を求める（図-2）。

モデル関係式  $f(x^*)$ ,  $f(y^*)$  は以下のとおりである。

$$f(x^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left\{-\frac{(x^* \pm \mu_x)^2}{2\sigma_x^2}\right\} \quad (1)$$

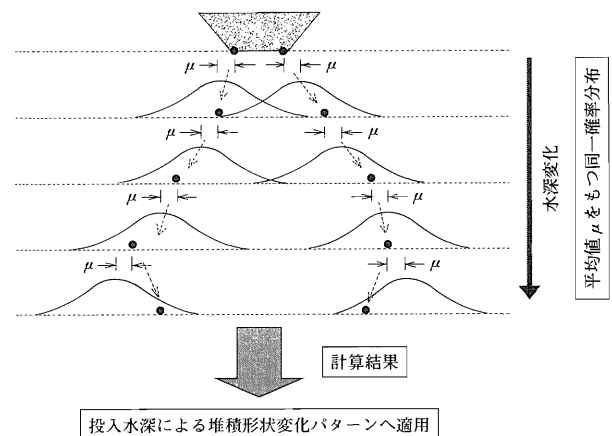


図-2 予測モデル説明図

$$f(y^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left[-\frac{(y^* \pm \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad (2)$$

ここで、 $x^*=x/d$ ,  $y^*=y/d$ ,  $d$ : 土砂の中央粒径  
 $\sigma_x, \mu_x$ : 船幅方向の標準偏差, 平均値 (実験パラメータ)  
 $\sigma_y, \mu_y$ : 船首尾方向の標準偏差, 平均値 (実験パラメータ)  
 $\pm$ : 船幅方向の場合,  
 左舷側 (+) と右舷側 (-)  
 船首尾方向の場合,  
 船首側 (+) と船尾側 (-)

土砂群の平面確率分布  $P_r$  は (3) 式で表される (図-3)。

$$P_r(x^*, y^*) = \left\{ \sum_{i=1}^N P_{ri}(x^*, y^*) \right\} / N \quad (3)$$

ここで、 $N$ : ホッパ開口部の分割総数  
 $d$ : ホッパ開口部の分割幅

また、堆積形状  $H$  は  $P_r(x^*, y^*)$  を用いて (4) 式で表される。

$$H(x^*, y^*) = V \cdot P_r(x^*, y^*) / d^2 \quad (4)$$

ここで、 $V$ : 土倉船の積載土砂体積 (空隙も含む)

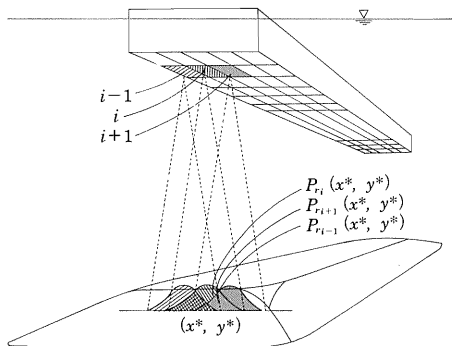


図-3 分割されたホッパ開口部イメージ

確率モデルを採用した堆積形状予測は、

- ① 計算が簡単である、
- ② 特性 (海象, 土砂) の変化を確率の変数で考慮できる、

などの特徴があり、实际的で利用しやすい。

特に②で示す特徴から、本モデルがもともと捨石マウンドの堆積形状  $H$  を予測するものとして開発されたものの、山砂や漁礁ブロックなどのさまざまな材料に対しても、水理実験などによって確率特性をとらえることによって利用可能であることが大きな利点となっている。

本予測モデルを採用することにより、

- ① 護岸工事における盛砂の投入を予測し高精度に管理することが可能である。

② 埋立て工事においては、直投の施工層厚を均一化することにより、不同沈下の出現を低下させる施工管理が可能である。

③ 工事着工前に施工中に任意の時点における埋立て形状をシミュレートでき、海底面の状況を三次元的に把握し、より高精度な施工管理が可能である。

ことが分かった。

## (2) 堆積形状計測システム

土砂投入前の海底地形および投入後の深淺測量には、既に開発されたベルーガ (Beluga) システムを用いる。

このシステムは、GPS による測位システムと、広範囲の地形データを一度に取得可能なナローマルチビーム測深ソナー、さらには計測作業船の動揺補正装置を組み合わせることにより、水深の 2 倍~6 倍の幅で海底面の 3 次元情報をリアルタイムで高精度に処理できるものである。

## 3. システムの検証

投入した土砂堆積マウンドの形状の特長の把握と、堆積マウンド形状に関する予測モデル式に含まれる統計量の設定資料を得るために、バージ模型を用いた水理実験、その後現場実験を実施した。

### (1) 水理実験

水槽は、長さ 4 m × 幅 3.8 m × 高さ 2 m の大きさで、水槽の二面側はガラス張りになっており、投入土砂の落下状況を確認できる。

バージ模型は、47 cm × 45 cm × 21 cm のアクリル製の縮尺 1/36 の全開式バージを採用した。ホッパ開閉部分はモータにより制御され、開閉速度は可変式となっている。ホッパの最大開閉角度および開閉幅は、それぞれ 29° と 18.5 cm である。ホッパの開閉速度は 20 秒一定で、バージの設置高さは、原型の満載時の喫水 5.4 m を考慮して 15 cm で実施した (写真-1)。

実験に使用した砂は、50 mm 以下 2 mm 以上のも

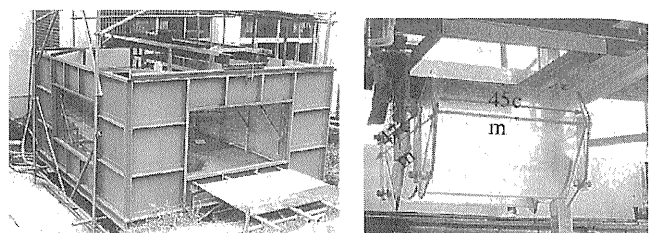


写真-1 実験水槽とバージ模型

ので、中央粒径は 14 mm である。

投入水深の増加に伴ってマウンド形状が山型から台形型への変化特性並びに堆積高さをよく再現しており、本堆積マウンド形状に関する予測モデルの投入土砂に対する適合性が認められる (図-4)。

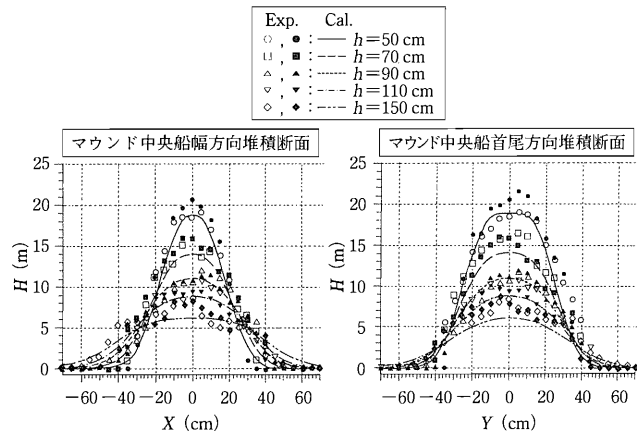


図-4 実験結果と予測結果の比較

(2) 現場実験

バージによる投入土砂の堆積マウンド形状に関する本予測モデルの実用性を検証するため、大阪湾内における投入土砂の堆積形状について予測計算と比較検討した。

投入水域は山砂によって平均 1 m の盛砂が施工された海域で、平均水深がほぼ 14 m であった。バージは積載量 3,200 m<sup>3</sup> の底開式 (土倉長: 66 m, 開口幅: 1.7 m × 2, 開口幅: 8.5 m) と 3,500 m<sup>3</sup> 積みの全開式 (土倉長: 56 m, 開口幅: 8.5 m) である。投入土砂は 200 mm 以下の山砂である。土砂投入前の事前測量と投入後の出来形の計測には、ベルーガシステムを用いて実施した。

計算条件としては、バージの開口部の分割幅を  $d$

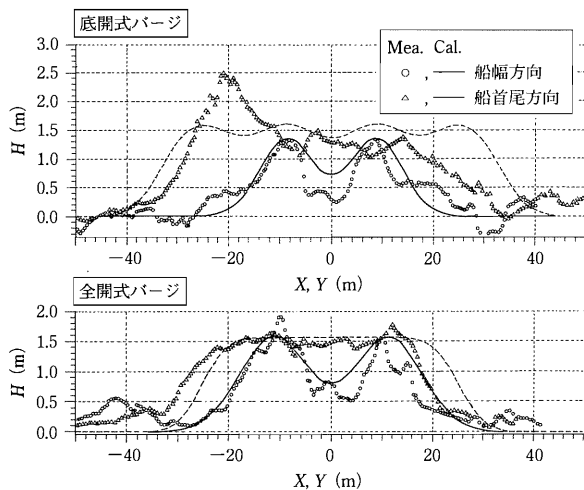


図-5 現地投入結果と計算結果の比較

= 20 cm, 水深方向の分割間隔を 1 m に設定した。予測モデル式に含まれる標準偏差と平均値については現地投入結果より推定している。

図-5 は、底開式および全開式バージによる土砂堆積マウンドの船幅方向中央断面、船首尾方向については二山の頂部について現地結果と予測計算結果を比較したものである。

計算結果は、大水深域における一般的な特徴である二山型の断面形状を再現している。したがって、本予測モデルは、投入土砂の堆積高さおよびマウンドの斜面勾配の事前把握に対して実用性が認められる。

4. プロジェクトへの適用

(1) 導入現場の状況

現場は関西 2 期空港島護岸築造工事 (その 6) の工事区域で、海底地盤に対して 1.5 m の敷砂を砂撒き船で施工した後に、サンドドレーンによる地盤改良が完了している。したがって、土砂投入区域の地盤は平面で、平均水深は -18 m である。

対象とした投入土砂は粒径 50 mm 以下の山砂で、平均中央粒径および均等係数はそれぞれ 1.3 mm および 10.7 である。土砂投入時の工事水域は、懸垂式および自立式の汚濁防止膜で水面下 5 m, 海底面上の 7 m が封鎖された状態であった (写真-2)。



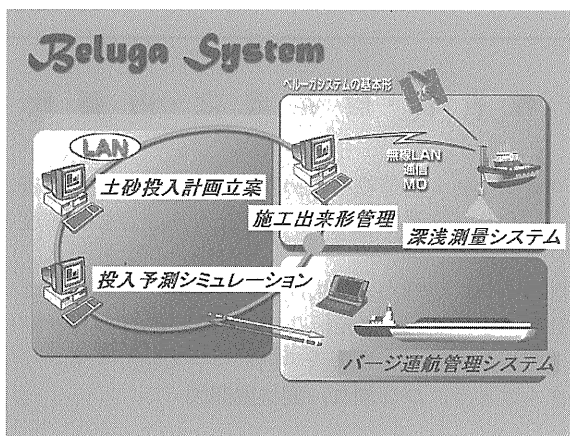
写真-2 導入現場状況

(2) 土砂投入管理方針

土砂投入作業を実施する工事区域は、約 26 m の沖積粘土層をサンドドレーンにより地盤改良をしている。この地盤改良区域に対して、直投土砂が载荷することにより圧密沈下と強度増加が生じるものの、初期段階における载荷を極力薄層で均一に行うことは、より安

定性の高い断面を構築するためにも重要である。

そこで、均等な载荷が行われるよう土砂投入後の海底面の平坦性を向上させるために、底開・全開式バージによる投入土砂堆積形状に関する本予測モデルとリアルタイム計測システムを組込んだ土砂投入位置管理システムを構築し土砂投入管理を実施した(図一6)。

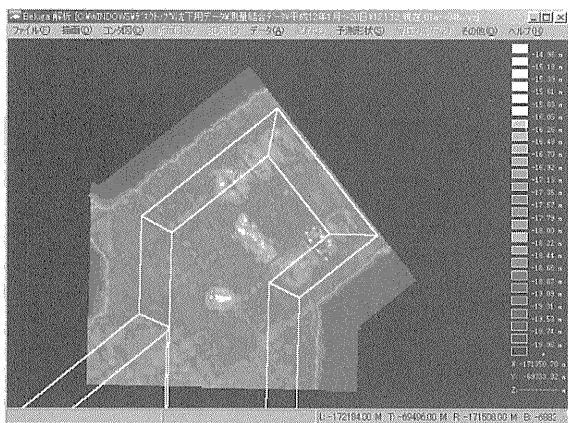


図一6 土砂投入位置管理システムのイメージ

### (3) 土砂投入位置管理システム利用例

護岸築造工事では、幅員約400m、護岸延長2.2kmの範囲に対して層厚約6.0mの盛砂を施工した。施工中の水深を考慮した堆積形状予測結果より求めた層厚が1.0m~1.3mであることから、盛砂断面を五つの土層に分割して各土層を平面的に施工し高い平坦性を持つよう投入位置の決定を行った。

図一7は、土砂投入位置管理システムの利用状況の一例を示したものである。

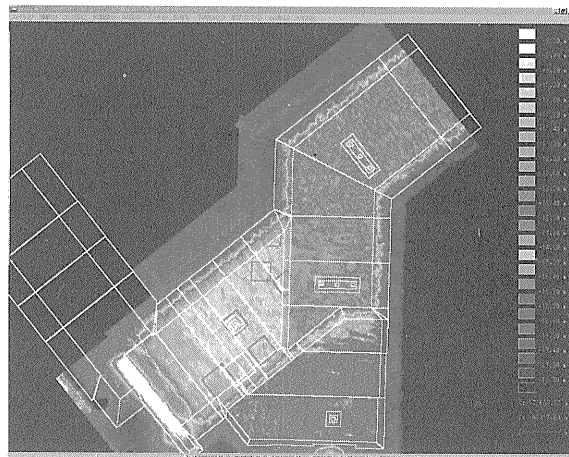


図一7 位置決定シミュレーション例

現地の深浅測量結果の深い領域に対し、各バージの堆積形状予測結果から求めた堆積土砂の広がり領域を「枠」で示し、投入位置を概略決定する。

続いて堆積形状予測結果を加えることにより海底地盤高を表示させ、平坦性の評価、投入位置の微修正を含めた調整等を土砂投入管理者が視覚情報を有効利用しながら、バージの最適な土砂投入位置を決定する。これらの投入結果は全てデータベースに蓄積され、予測モデルの精度向上に利用された。

この結果、図一8のように要求された品質の護岸を築造することができた。また、埋立て工事にも適用され、貢献することができた。



図一8 投入管理された現場深浅図

## 5. あとがき

近年の建設業界を取巻く状況は、刻々と変化しており、特に情報化、合理化に関する技術革新のスピードは目覚ましいものがある。海底の詳細情報が容易に取得できるようになり、従来実験でしか得られなかった情報が実施中に取得可能となり、予測モデルへのフィードバック等現場への適用がさらに確実にいった。これらの技術革新によってもたらされる成果は、求められる高い品質の確保を実現するものと思われる。

平成15年11月~12月には、これら蓄積した技術を活用して水深-85mの海底にバージによりブロックを投入管理し、人工山脈を造成する予定である。

最後に実験および現場導入にあたり、ご指導ご協力頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。 **JCMA**

【筆者紹介】  
 増田 稔(ますだ みのる)  
 東亜建設工業株式会社  
 機電部  
 課長





# コンクリートの表面変状調査システム

## —トンネル覆工コンクリートの変状調査方法とその事例—

高橋 秀樹・椎名 貴快・熊谷 成之・内藤 欣雄

新幹線トンネルなどで発生したコンクリート塊剥落事故以降、コンクリート構造物の維持管理における点検・調査業務の重要性が再認識された。そこで筆者らは、従来の目視調査に替わり、作業労力と時間の省力化および調査精度の向上を目的とした、表面変状調査システムを開発した。

本システムは、主にトンネル覆工コンクリートを対象に、調査からデータ処理、変状展開図の作成までを統合したシステムである。デジタルカメラと光波測距計を搭載し、ひび割れの検出性能は0.2 mm以上、画像の位置座標データを利用してひび割れの経時変化も把握できる。本報文では、システムの概要および調査事例について紹介する。

キーワード：トンネル、覆工コンクリート、表面変状調査、デジタルカメラ、ひび割れ、変状展開図

### 1. はじめに

近年、各構造物の維持管理機関では竣工時及び供用期間中に厳しい品質検査が実施されている。この内、竣工時検査の一つとして、構造物表面の変状箇所を調査し、写真や展開図（ひび割れ発生状況や補修履歴等を記載）の形式で提出を義務付けるケースが増えている。従来、これらの調査は目視調査や打音検査を主体としていたため、作業労力と時間の省力化、さらに費用低減や精度向上が課題となっている。

本報文では、現在、西松建設・戸田建設共同研究開発中のコンクリート構造物の健全度評価システムの内、点検・調査を目的とする表面変状調査システムに関して、その概要とトンネルで実施した覆工コンクリートの調査事例を紹介する。

### 2. 表面変状調査システム

#### (1) 調査対象構造物と調査項目

表面変状調査システムの対象構造物を表-1に示す。本システムは、基本的にトンネルを対象構造物とし、

表-1 調査対象構造物

適用構造物	対応形状
トンネル（道路、鉄道、水路、共同溝等）	内径φ3.5~15m程度*
高架橋（道路、鉄道等）	梁下10m程度
その他（直立壁状構造物等）	（撮影距離で異なる）

\*：二車線/三車線道路とJR単線のトンネルに標準対応。覆工条件は比較的平滑なコンクリート面とし、セグメント覆工については対応を検討中。

この他、高架橋（柱、梁、スラブ下等）や擁壁などの壁状構造物への適用も検討している。主な変状調査項目は表-2に示すとおりである。

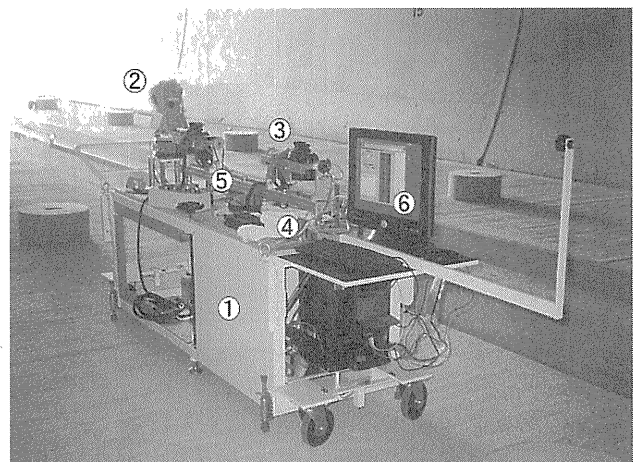
表-2 主な変状調査項目

調査項目	摘要
ひび割れ	0.2 mm幅以上のひび割れ箇所の検出
漏水・湧水	漏水・湧水、色むら箇所の記録
剥離・剥落	剥離・剥落部の面積測定、記録
断面測定	トンネル内空断面測定
補修箇所	ひび割れ注入、断面修復箇所の記録

#### (2) 調査装置

調査装置の概要を写真-1に示す。本装置に搭載された各機器及びその仕様を表-3に示す。

デジタルカメラに装着する単焦点レンズは、撮影画



①調査台車、②光波測距計、③デジタルカメラ、④レーザ距離計、⑤自動精密標準台、⑥制御・保存用パソコン

写真-1 調査装置

表—3 調査装置の仕様

(表中の丸付き数字は写真—1の調査機器の番号に対応)

① 調査台車	
台車寸法	W 2,200(プリズム装着時 4,400)×H 760×D 730
重量	調査機器未搭載時 60 kg 調査機器搭載時 140 kg
付帯装置	台車位置視準用プリズム (台車前後各々1個)
② 光波測距計 (1台)	
測距精度	2 mm + 2 ppm
付帯機能	自動追尾・自動視準・レーザ距離機能
③ デジタルカメラ (2台)	
単焦点レンズ仕様	35/50/85/135 mm (標準レンズ 85 mm) 解像度 3,040×2,016 pixel (613万画素) 撮影感度 ISO 320/400/800/1,600相当 シャッタ速度 30~1/2,000 秒
④ レーザ距離計 (2台)	
測定精度	40 mm ± 3 mm
⑤ 自動精密整準台 (2台: 光波自動測距計, CCDカメラ用)	
整準範囲	約 ± 4° (Arc Deg.)
⑥ 制御・保存用パソコン (1台)	
仕様	CPU Intel Pentium IV 1.70 GHz 以上 HDD 80 GB 以上 搭載メモリ 1 GB 以上推奨 OS Microsoft Windows2000 日本語版 解像度 1,024×768 pixel 以上

角や撮影可能距離などが異なるため、対象構造物の形状や寸法に応じて適切なものを選定する必要がある。例えば、本調査装置において、オートフォーカス撮影で 0.2 mm 以上のひび割れを検出するのに必要なレンズ仕様を表—4 に示す。

表—4 単焦点レンズの仕様

	撮影条件 (トンネル断面 180° 撮影時)				トンネル断面適用例
	撮影画角	回転角度	撮影枚数	適用距離	
ワイド系 35 mm	約 25°	18°	11 枚	1.2~2.3 m	ボックス型T 導水路T
標準系 50 mm	約 18°	15°	13 枚	2.1~3.5 m	単線型T 一車線道路T
望遠系 85 mm	約 11°	9°	21 枚	3.3~4.6 m	複線型T
望遠系 135 mm	約 7°	6°	31 枚	4.5~7.5 m	新幹線T 高速道路T

(3) 調査の手順及び特長

調査装置は、高解像度のデジタルカメラを用いてコンクリート表面を連続的に撮影し、ひび割れなどの表面変状箇所及びその状況を把握する。また、光波測距計を使用して、画像合成に必要なデータを計測する。

トンネル覆工コンクリートを対象とした場合の調査手順および代表的なトンネル断面における撮影条件(撮影距離、使用レンズ、撮影時間)を、それぞれ表—5 および図—1 に示す。

本装置を用いて調査を実施した場合のシステムに関

表—5 調査手順

(a) 調査台車の組立て・設置	調査トンネルの中央、または任意の側線上に測定基準線(撮影基点 2 m 毎)を設定し、調査台車を組立て・設置する。
(b) 撮影諸条件の入力	トンネル名、日時、トンネルの平面線形・縦断線形、断面寸法、基準点座標、撮影画角を入力する。
(c) 基準点の視準(光波測距計の位置座標取得)	光波測距計を使用して、トンネル内に設置した二つの既知基準点(既知座標 X, Y, Z)を自動視準する。
(d) 台車プリズムの視準(台車の位置座標取得)	光波測距計を使用して、台車前後に取付けたプリズムを自動視準する。
(e) 画像座標の取得	光波測距計によって画像中央までの距離と角度を計測し、画像の座標値を取得する。
(f) 覆工コンクリート画像の撮影	制御ソフトの指令により、2台のデジタルカメラ(標準設置間隔: 1 m)をトンネル断面方向に任意の角度で回転させ、連続的に撮影する。1回の撮影で 1 m × 2台 = 2 m 幅の断面画像を取得することができる。
(g) 調査台車の移動	1回の撮影後、調査台車をトンネル縦断方向へ 2 m 移動し、以下(c)~(f)を繰返す。

する主な特長を以下に示す。

- ① 付帯設備は不要:  
仮設足場や高所作業車は不要
- ② 調査人員は 3 名程度
- ③ 調査速度は 300~400 m/日 (8 時間):  
調査条件で変わる
- ④ 画像解像度 3,040×2,016 pixel (613 万画素):  
0.2 mm 以上のひび割れ認識精度
- ⑤ 調査時に外部電源は不要:  
装備バッテリーで連続 8 時間程度稼働
- ⑥ トンネル内空断面の測定可能:  
設計標準断面に対する施工精度確認

(4) 画像処理

調査画像の処理手順を表—6 に示す。撮影した画像は、適宜、画質処理(色調補正、シャープなど)を行った後、変形処理(以下、あおり補正)によって平面画像に変換する。次に、トンネル断面方向に結合し、その結合画像から 1 m 幅の帯画像を切出す。さらに、これらの画像をトンネル縦断方向に連結してブロック画像を作成する。以上、一連の処理作業を迅速化するため、画像自動処理ソフトを開発した。

(a) 結合処理(トンネル断面方向)

画像をソフト上に読込んだ後、画像中心までの距離と角度、使用レンズから画像サイズを求め、画像四隅の座標を算出する。次に、あおり補正処理を行った後、隣り合う画像をソフト上で自動的に結合する。最後に、幅 1 m の断面画像を切出す。画像結合処理の画面例を図—2 に示す。

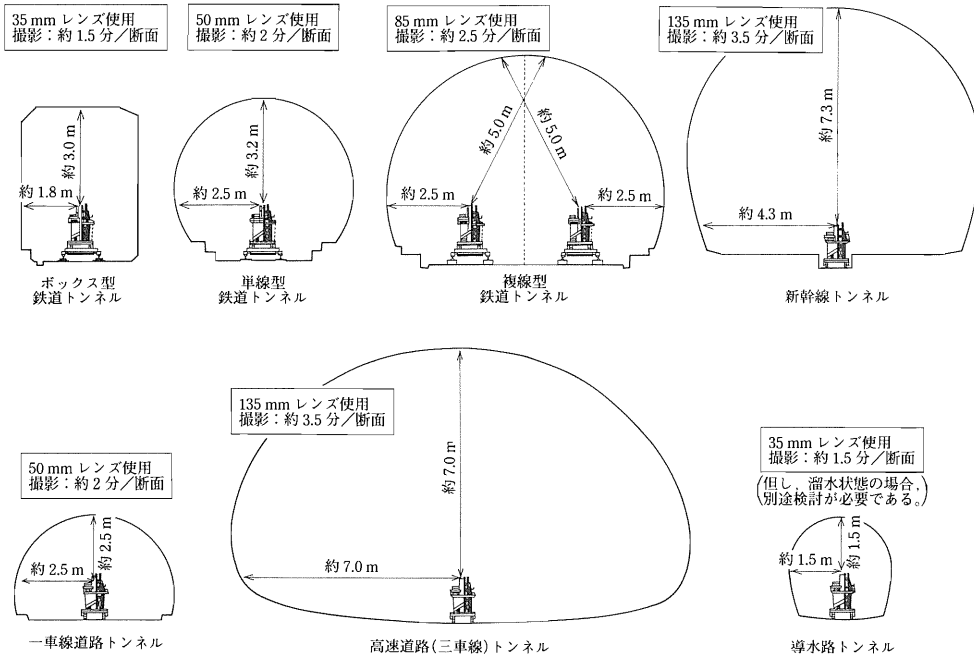


図-1 代表的なトンネル断面での撮影条件

表-6 画像処理の手順

(a) データの読み込み	画像データ及び CSV 形式データ（撮影距離と角度）の読み込み
(b) 画質処理	画像の色調補正、シャープなど
(c) 変形処理	あおり補正
(d) 結合処理	トンネル断面方向に画像を連結する
(e) 切出し処理	連結した断面画像から幅 1m の画像を切出す
(f) 連結処理	断面画像をトンネル縦断方向にブロック単位で連結する

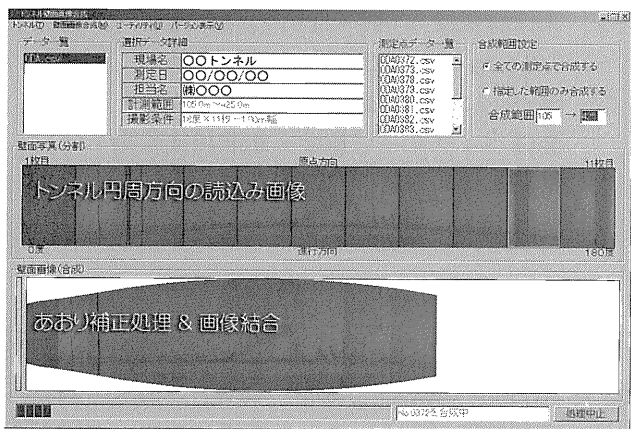


図-2 画像結合処理の画面

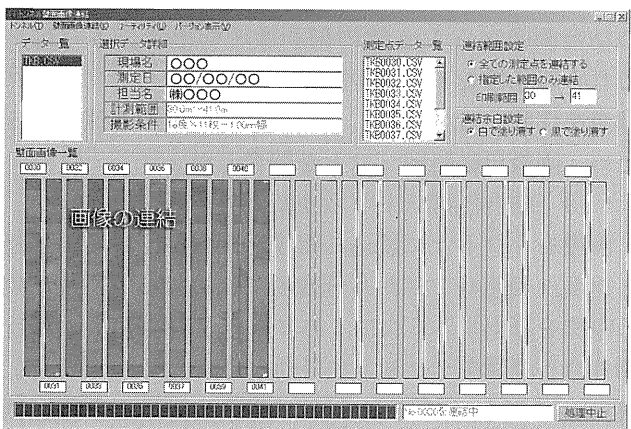


図-3 画像連結処理の画面

(b) 連結処理（トンネル縦断方向）

画像の結合処理後、切出された幅 1m の断面画像をトンネル縦断方向に連結し、ブロック毎の画像を作成する（図-3）。

(5) 変状展開図の作成  
(a) ひび割れの抽出

ひび割れ抽出画面を図-4に示す。撮影画像と同縮尺のひび割れスケールを使用して幅を特定し、マーキングする。また、抽出したデータから、ひび割れ長さや密度などの数値データを

参照することができる。ひび割れ幅の表示区分や色調は任意に変更可能である。

(b) その他の変状の抽出

ひび割れ以外の変状（漏水、ジャンカ、遊離石灰等）

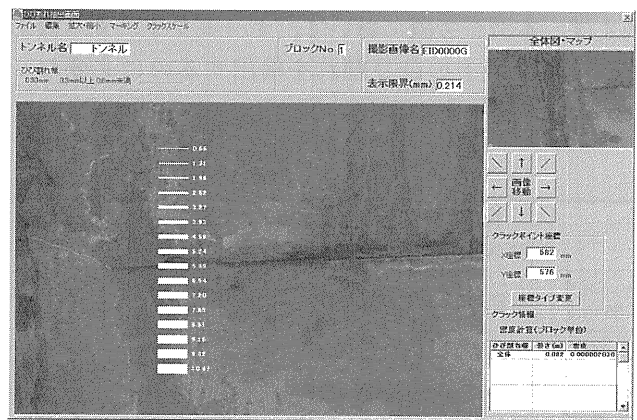


図-4 ひび割れの抽出画面

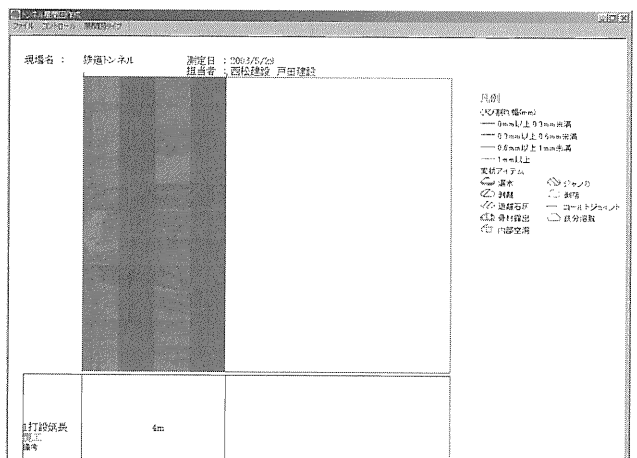


図-5 変状展開図の作成画面

は、事前に設定した記号を使用してマーキングする。又、各管理機関指定の記号を登録して使用することができる。更に、マーキング箇所の座標データをCSV形式で保存しているため、撮影画像とは別階層のデータとして認識し、表示/非表示が選択可能である。

(c) 変状展開図の作成

変状展開図の様式については、各管理機関の指定様式をソフト上で作成・登録して使用することが可能である。変状展開図の作成画面例を図-5に示す。

3. トンネル覆工コンクリートの調査事例

トンネル覆工コンクリートの調査事例を述べる。

(1) 調査事例①(写真-2)

- ・調査対象：馬蹄形鉄道トンネル（竣工前）
- ・事前状況：
  - ・坑口付近の二次覆工コンクリート天端部縦断方向に、乾燥収縮が原因と推定されるひび割れを確認
  - ・目視調査の全線実施済み
- ・撮影範囲：二次覆工コンクリート天端部 60度
- ・使用レンズ：望遠系 135 mm 単焦点レンズ
- ・撮影距離：約 7.0 m（天端部で最大約 7.3 m）
- ・撮影枚数：11 枚（6 度間隔撮影）
- ・調査延長：約 450 m
- ・調査期間：事前踏査 1 日，調査 3 日間
- ・調査人員：3 名
- ・台車配置：トンネル中央（中央排水溝内）
- ・確認事項：ひび割れ認識性能の確認（目視調査結果との整合性の確認）

本調査システムによる展開図およびひび割れ抽出図、

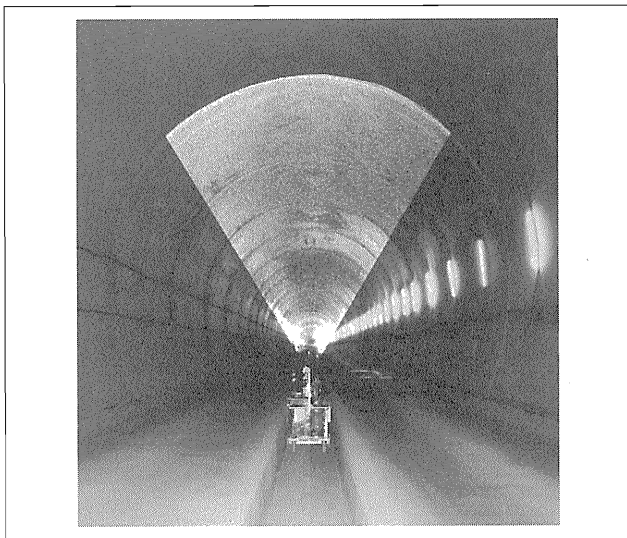


写真-2 トンネル調査実施状況

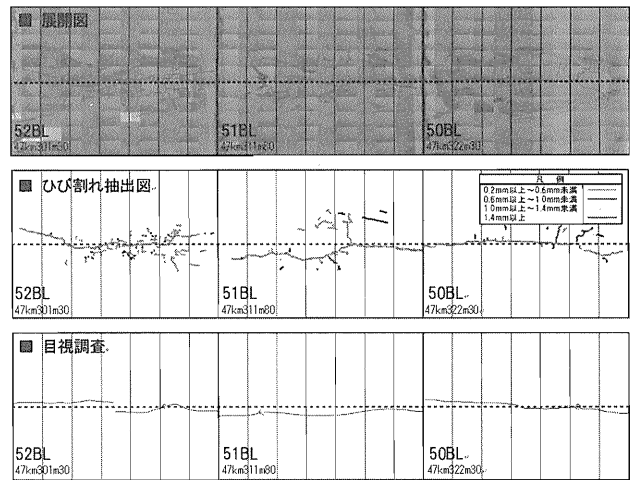


図-6 調査結果の比較

さらに目視調査の結果を図-6に示す。

本システムを用いた場合、微細なひび割れの抽出および発生位置の正確な特定ができる。52BLでは、縦断方向のひび割れ位置に目視結果との差が確認できた。

(2) 調査事例②(写真-3)

- ・調査対象：地下鉄道トンネル（供用中）
- ・事前状況：天端部を中心にひび割れ補修対策工の実施跡や剥落箇所等がみられる
- ・撮影範囲：二次覆工コンクリート（側壁から 125 度）
- ・使用レンズ：望遠系 85 mm 単焦点レンズ
- ・撮影距離：約 7.0~2.7 m
- ・撮影枚数：14 枚（9 度間隔撮影）
- ・調査延長：約 10 m
- ・調査期間：起電停止後約 3 時間（装置搬入含む）
- ・調査人員：3 名
- ・台車配置：線路軌道上
- ・確認事項：変状箇所及び内空変位計測結果の確認  
展開図，変状抽出図および展開図内の A 部拡大写

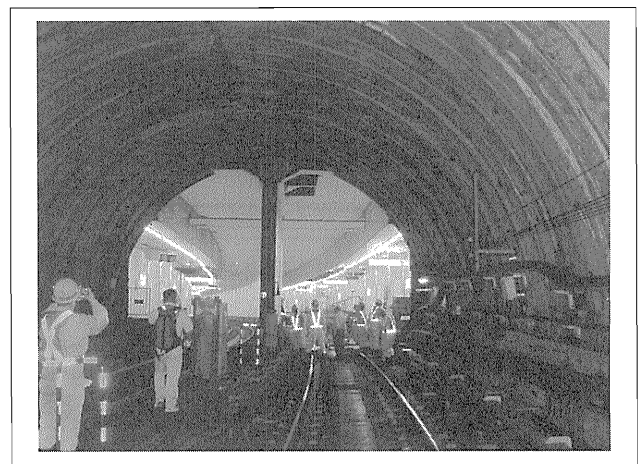
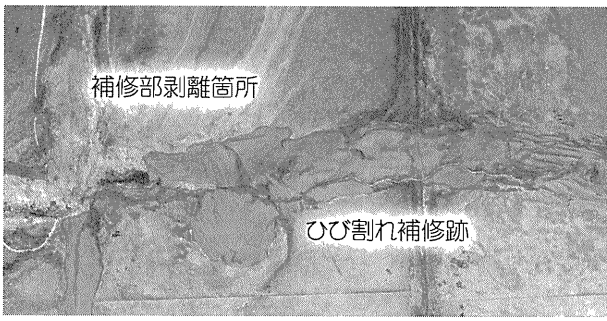
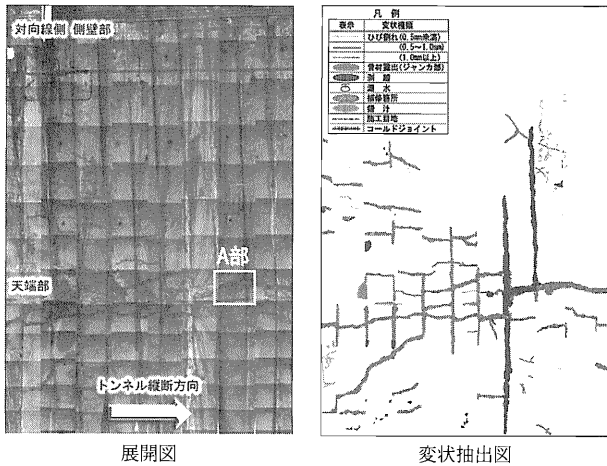


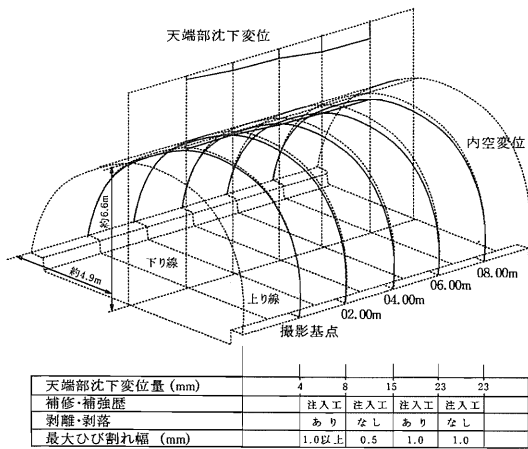
写真-3 トンネル調査実施状況



図一七 調査結果 (撮影位置：天端部；撮影距離：約5.0m)

真を図一七に示す。現状でのひび割れ補修箇所および剥離箇所の状況を正確に把握することができ、以後の維持管理業務に有効なデータの収集が可能である。

調査時に並行して簡易的に実施したトンネル内空変位計測の結果を図一八に示す。設計標準断面に対して、天端部が4~20cm程度沈下している結果を得た。



図一八 トンネル内空変位計測結果

#### 4. おわりに

表面変状調査システムの概要とトンネル覆工コンク

リートの調査事例について報告した。本システムを用いることで、変状の種類や発生位置を正確に特定することが可能である。また、調査を定期的の実施し、データ解析を行うことにより、変状箇所の経時的な変化の追跡にも利用することができる。今後、特に既設構造物に対して、維持管理を目的とした詳細な点検・調査の実施機会が増加すると考えられる。このような現状から、本調査システムは、点検・調査における有効なツールとして期待できる。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所：トンネル補強・補修マニュアル，1990.10.
- 2) 社団法人日本土木工業協会：コンクリート構造物の維持管理マニュアル，2000.6.
- 3) 高橋秀樹，椎名貴快，熊谷成之，田中 徹：トンネル覆工コンクリートの表面変状調査システムの開発，電力土木，No. 304，pp.121-125，2003.3.
- 4) 椎名貴快，松井健一，高橋秀樹他：デジタルカメラを用いたコンクリート表面変状調査システムの開発，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集，pp.385-386，2002.9.
- 5) 三村朋裕，内藤欣男，田中徹他：表面変状展開図支援システムの開発，第58回年次学術講演会講演概要集，VI-154，pp.307-308，2003.9.
- 6) 椎名貴快，湊 康裕，高橋秀樹他：コンクリート構造物の表面変状調査システムの開発，シンポジウム「コンクリート構造物の非破壊検査への期待」，日本非破壊検査協会，pp.343-348，2003.7.

#### 【筆者紹介】



高橋 秀樹 (たかはし ひでき)  
西松建設株式会社  
技術研究所  
技術研究部土木技術研究課  
材料・施工グループ  
課長



椎名 貴快 (しいな たかよし)  
西松建設株式会社  
技術研究所  
技術研究部土木技術研究課  
材料・施工グループ



熊谷 成之 (くまがい しげゆき)  
戸田建設株式会社  
土木工事技術部  
技術課長



内藤 欣雄 (ないとう よしお)  
戸田建設株式会社  
土木営業統括部  
環境ソリューションPJ  
サブマネージャー



# 鋼・コンクリート複合ラーメン橋のキャンチレバー架設 —東九州自動車道今別府川橋—

西川 孝一・佐々木 保隆・小川 尊直

従来、山岳部における鋼橋の架設においては、送出し架設工法やケーブルエレクション工法が用いられていた。これらの工法は、橋梁取付け部に仮設備ヤードを設けるため、隣接工区の工程の影響を受けるものであった。そこで、中間橋脚を始点として左右に張出し架設を行うことが可能な工法の開発ニーズに基づき、中間橋脚と鋼主桁との剛結構造の採用と部材の供給、架設を行うための新架設機材トラベリングエレクションガントリークレーンの採用により、新しい架設工法の開発を行い、東九州自動車道今別府川橋において、国内初の鋼コンクリート複合ラーメン橋のキャンチレバー架設を行った。本報文では、トラベリングエレクションガントリークレーンを用いた鋼桁の張出し架設およびヤード製作PC床版の敷設についてその概要を報告する。

キーワード：鋼・コンクリート複合ラーメン橋、トラベリングエレクションガントリークレーン、張出し架設、ヤード製作PC床版

## 1. はじめに

東九州自動車道今別府川橋は、図-1に示す末吉財部ICと国分IC間の山岳部に位置する橋長188.5m、最大支間81.5mの鋼2主桁複合ラーメン橋である。今別府川橋（以下、本橋と記す）は、写真-1に示す国内で最初のトラベリングエレクションガントリー（以下、TEGクレーンと記す）を用いた鋼2主桁橋の張出し架設工法を採用した橋梁である。

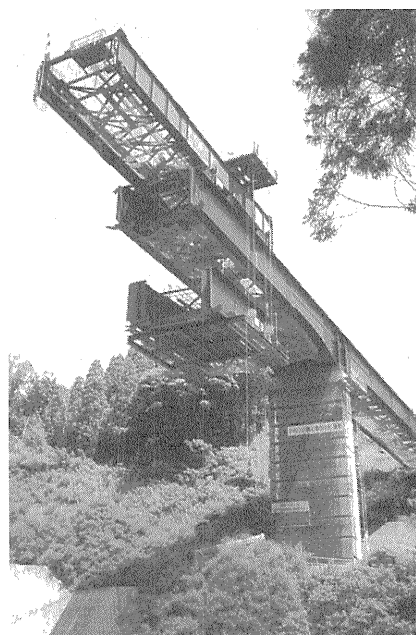


写真-1 今別府川橋の張出し架設状況

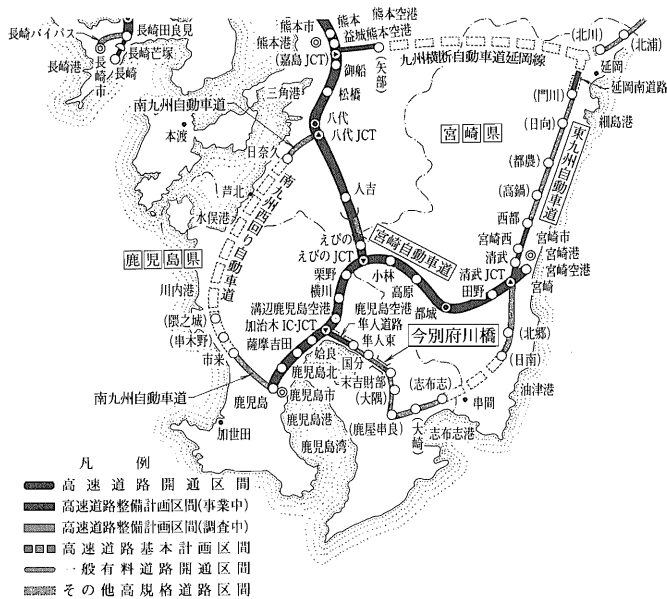


図-1 東九州自動車道今別府川橋の位置

これまで急峻な山岳地帯に建設される橋梁は、架設地点への進入路の確保が難しく、橋脚周辺部にしか資機材の搬入ができない例が多いことから、張出し架設工法によるPCラーメン橋が一般的に採用されてきた。この場合、橋脚位置を比較的平坦な場所に計画せざるを得ないため、下部工が地盤の悪い場所になり、さらに、上部工も不等径間になるなど、建設費増加の一因になっている。

そこで、筆者らは近年、その経済性に着目し研究・

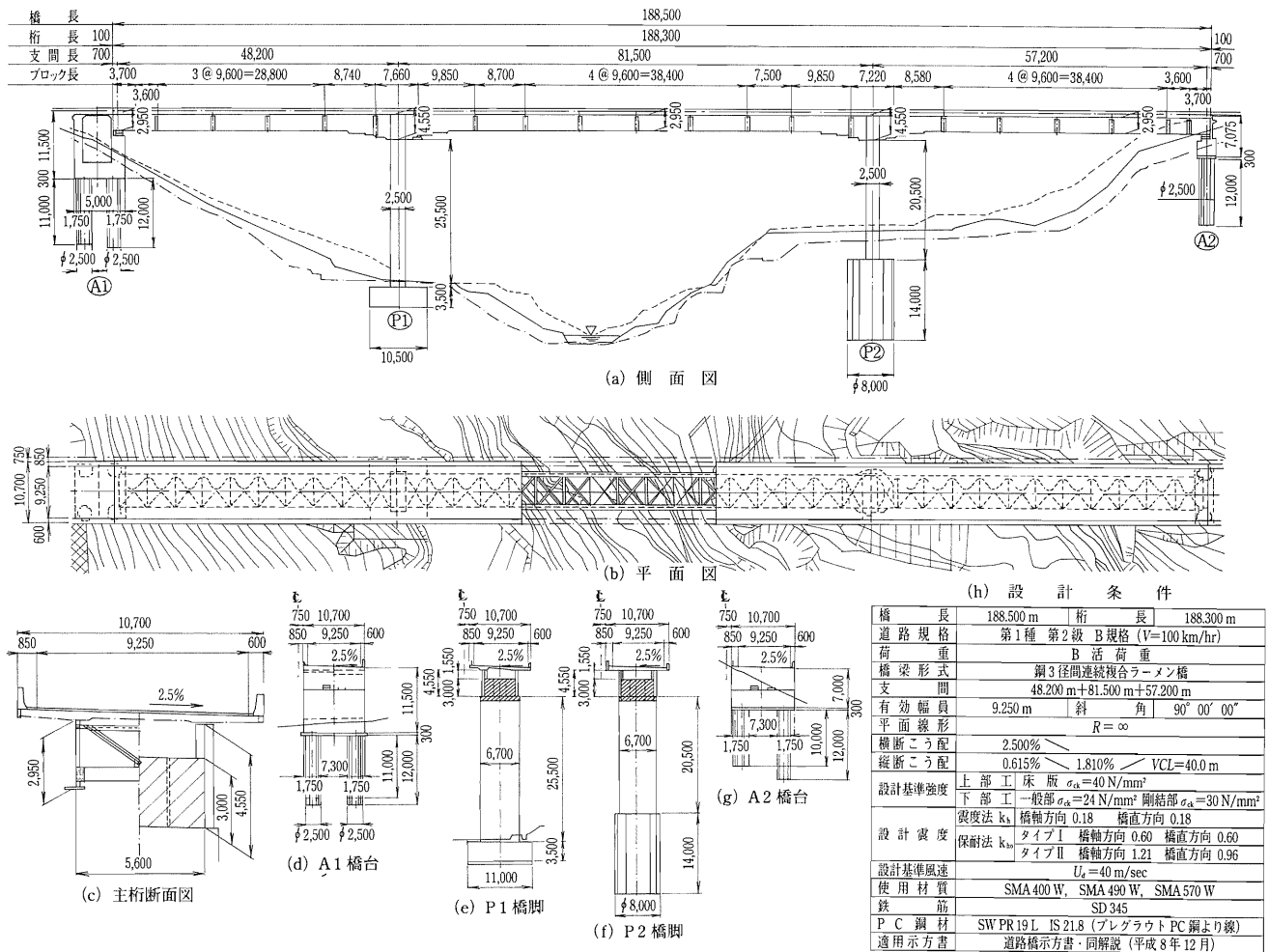


図-2 東九州自動車道今別府川橋一般図

施工実績も多くなっている鋼2主桁と鉄筋コンクリート橋脚とを剛結した複合ラーメン橋<sup>1)~3)</sup>を提案した。

本橋は、鋼2主桁の採用により、従来のPCラーメン橋に比べ上部工死荷重を大幅に軽減して、基礎・下部工への負担を軽くしている。さらに、橋脚周辺部の施工ヤードのみを用いた張出し架設工法の開発により、ケーブルクレーン工法や送出し工法を用いず山岳部での架設を可能としている(図-2)。

本報文では、東九州自動車道今別府川橋の張出し架設工法による上部工施工およびヤード製作PC床版の概要について報告する。

## 2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示す。

- ・構造形式：3径間連続鋼2主桁複合ラーメン
- ・橋長：188.500 m (桁長：188.300 m)
- ・支間割：48.200 m + 81.500 m + 57.200 m
- ・有効幅員：9.250 m, 暫定2車線

## 3. 鋼桁の施工概要

本橋は、橋脚周辺部の作業ヤードを用いて、鋼主桁の張出し架設を行った。また、主桁架設と平行して、A2橋台背面の現場ヤードを利用してプレキャスト床版を製作し、桁架設に用いた同じ架設機材を利用して、床版の敷設を行った。

鋼桁全体の架設要領を、図-3に示す。また、全体架設工程を図-4に示す。

全体工期は、ワーゲン施工によるPC箱桁橋に比べ20%程度短縮が可能である。各部の施工方法について以下に述べる。

### (1) 剛結部の施工

鋼桁とRC橋脚との剛結部の施工は、図-5に示すように、橋脚周囲のヤードに据付けたトラッククレーンで行った。

まず、橋脚天端の目粗し、配筋を行い、位置調整用

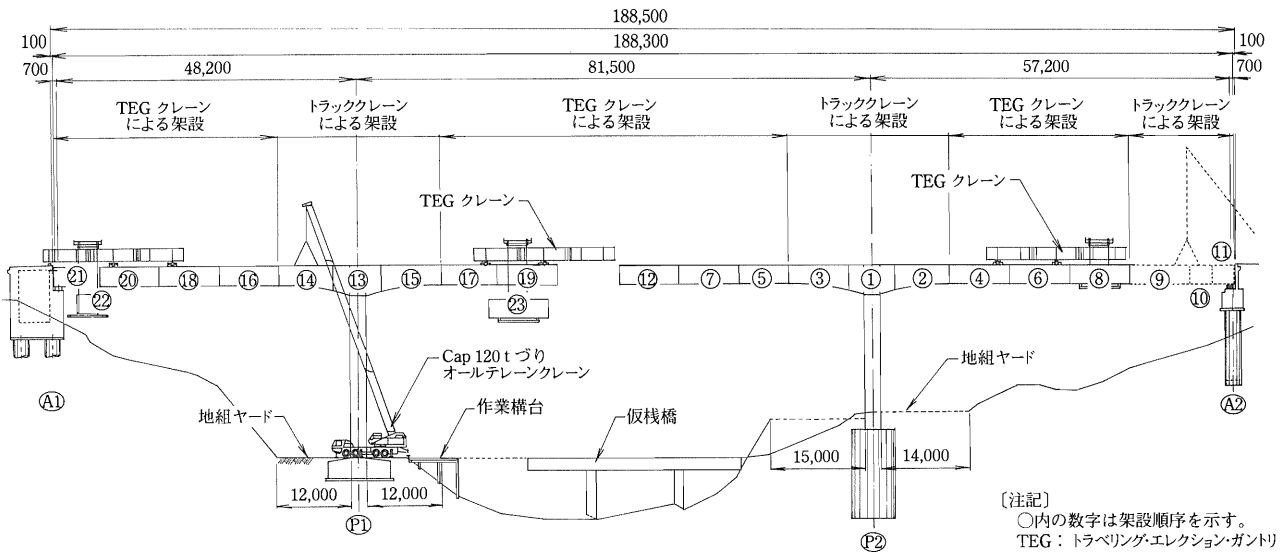


図-3 鋼桁の全体架設要領

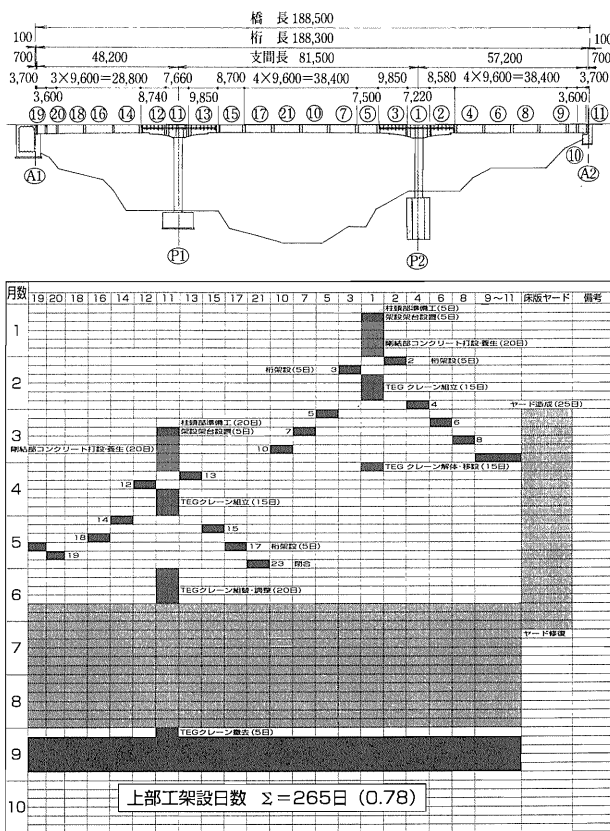


図-4 今別府川橋の全体架設工程

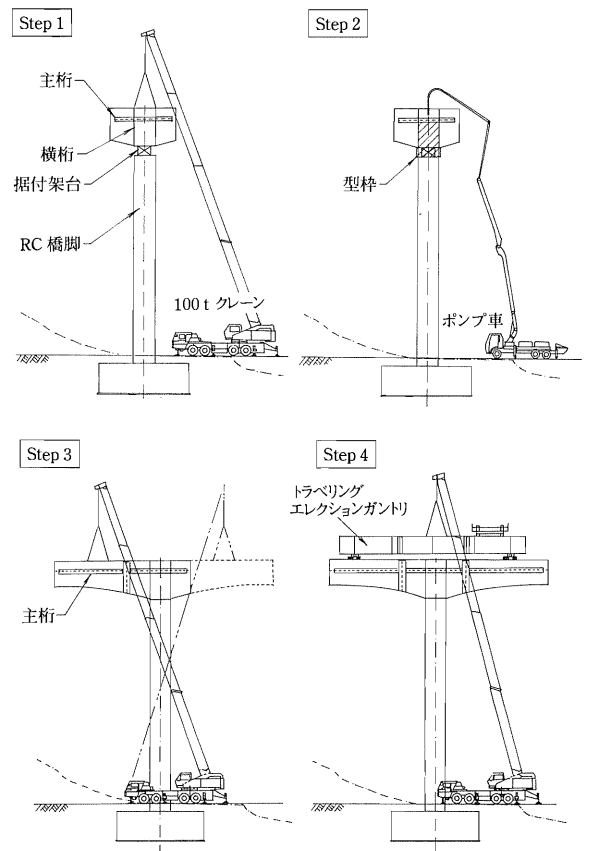


図-5 剛結部の施工要領

の据付け架台を設置した後、剛結部の主桁・横桁パネルを単材架設する。主桁位置の調整、型枠施工後、表-1に示す配合の膨張コンクリートをポンプ車により打設する。剛結部のコンクリートの打設状況を写真-2に示す。養生完了後、橋脚を挟んで左右の主桁パネルを単材架設し、張出し架設に用いる TEG クレーンを桁上で組立て、サイクル架設に入る。

表-1 剛結部コンクリートの配合

骨材の最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	水粉体比 W/P (%)	空気量 (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				混和剤 (kg/m <sup>3</sup> )	
					水 W	粉体 P		粗骨材 G		
						セメント C	膨張材 B			細骨材 S
20	10	48.5	5.0	43.5	168	317	30	760	996	3.47



写真—2 剛結部のコンクリート打設状況

(2) 標準サイクル架設

張出し架設に用いる TEG クレーンは、主梁、その主梁上を移動し部材の巻上げ・巻下げを行う吊上げ装置、機材全体を移動させる走行装置、地組立て時の架台と架設時の足場を兼ねるサポートフロアより構成され、総重量は 60 t である。

本橋の張出し架設では、橋梁規模や経済性を勘案し、TEG クレーン 1 基のみを用いて、図—6 に示すようなステップで張出し架設を行った。

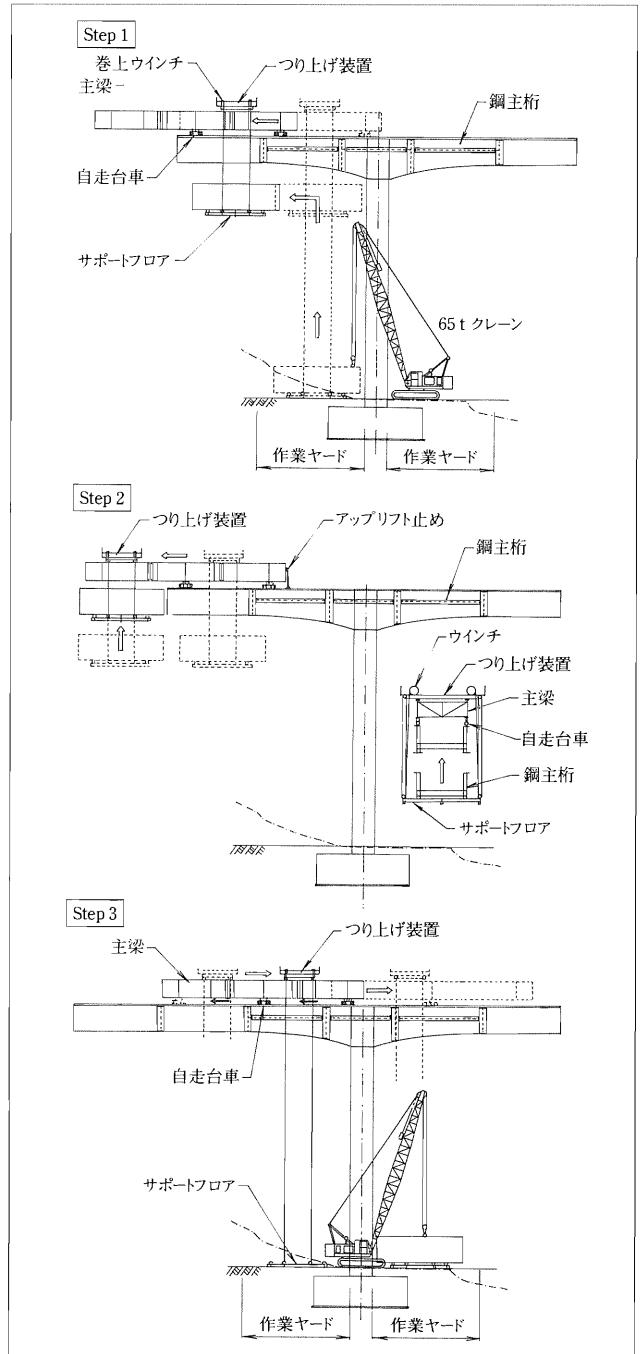
まず、橋脚周辺の作業ヤードで地組立てした主桁ブロックを吊上げ、TEG クレーンごと所定の位置まで移動する。次に、主梁を主桁本体に固定し（アップリフト止め）、吊上げ装置のみ前進させ、桁仕口調整後連結する。最後に、吊上げ装置、TEG クレーンの順に後退させ、逆側の主桁架設に備えて走行台車の盛替えを行う。逆側の主桁についてもこの一連の作業を繰返し行い、順次張出し架設を行う。

張出し架設状況を写真—3 に示す。1 ブロックのサイクル工程は、部材搬入・地組立てに 2 日、吊上げ運搬・接合に 2 日、合計 4 日となる。ブロックを吊上げ、所定位置への移動は 2 時間程度である。主桁の接合は、後述するプレキャスト床版の施工性を考慮し、上フランジのみを溶接、腹板・下フランジを高力ボルト接合とする併用継手を採用した。

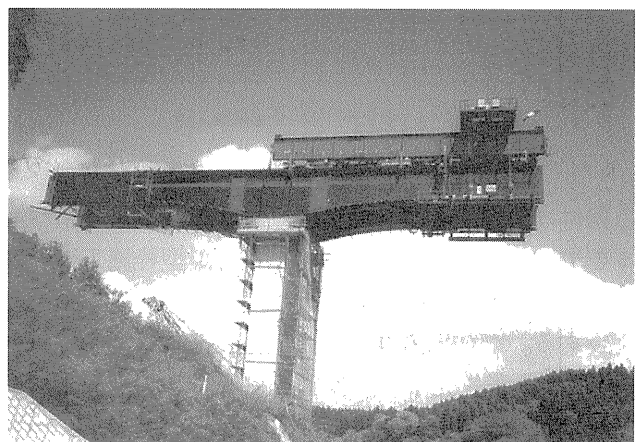
接合手順は、張出し架設時に、上フランジのエクシジョン・ピース、腹板の下側 2/3、および下フランジの高力ボルトの本締めを行い、上フランジの溶接完了後、腹板の残り上側 1/3 について本締めする方法とした。

(3) 側径間最終ブロックの架設

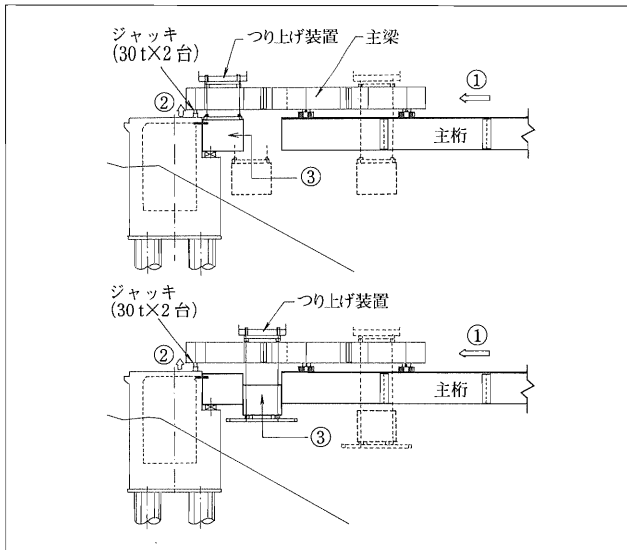
側径間最終ブロックの閉合に際しては、前述した TEG クレーンを用いた張出し架設を行った場合、張



図—6 張出し架設要領



写真—3 張出し架設状況



図一七 側径間の閉合要領

出し長が長いことから先端部のたわみが大きくなりすぎることや、橋台と架設ブロックが干渉して引込みが不可能となるなどの問題が生じる。これらに対処するため、図一七に示す要領で側径間最終ブロックを閉合する方法を採用した。

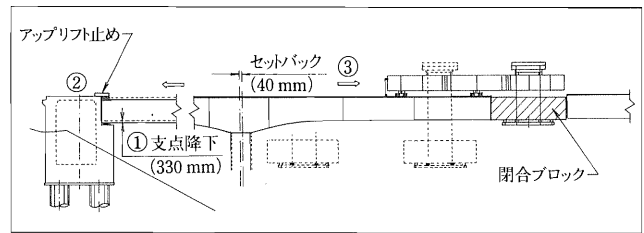
まず、側径間の最終ブロックについては、通常ブロック長の半分程度の長さで分割し、引込みに際して生じる橋台との干渉を避けた。また、中央径間張出し先端に生じるたわみについては、吊上げ装置を前進させる前に、橋台上で TEG クレーンの主梁をジャッキアップし、その後、所定位置まで吊上げることで解決した。架設順序は、桁端ブロックを橋台に固定した後、隣接ブロックを最後に架設することとした。

A2 橋台側の側径間については、橋台背面に主桁や揚重機の搬入可能な施工ヤードが確保できたため、橋台側からのクレーン架設を行った。

(4) 中央径間の閉合

中央径間の閉合は、桁上に TEG クレーンと閉合部材が載荷された状態で行われることから、側径間の閉合時と同様に桁のたわみが大きく、たわみ差の調整、継手遊間の確保が重要となる。

このため図一八に示すように、A1 支点を 330 mm 支点降下させることで、P1 橋脚を 40 mm セットバックし、閉合ブロック架設時の継手遊間を確保することとした。仕口調整は、TEG クレーン側の継手を連結した後、TEG クレーンを P1 橋脚上まで後退させ、仕口があったところで逆側の継手施工を行い、付加断面力を作用させることなく閉合することができた（写真一四）。



図一八 中央径間の閉合要領



写真一四 中央閉合ブロックの架設状況

(5) 主桁架設時の管理

架設時の管理は、通常のキャンバ計測を行うとともに、剛結部近傍の鉄筋の応力測定も実施することとした。各架設ステップにおける計測値はいずれも設計で予定していた変位、応力性状を示し、本橋の設計の妥当性が確認された。

4. 床版の製作と施工

(1) 施工方法の検討

本橋における床版は、死活荷重載荷状態でひび割れを発生させない程度の引張り応力度を許容する PRC 床版として設計を行った。床版の施工方法については、

- ① 移動型枠による場所打ちサイクル施工、
- ② 固定型枠による一括場所打ち施工、
- ③ プレキャスト施工、

の3種類が挙げられる。

本橋における床版施工方法の選定理由は、以下のとおりである。

- ・主桁腹板高さが変化しており、移動型枠の施工に難点がある（床版張出し部の支持方法）。
- ・固定型枠施工の経済的な橋梁の規模を上回っている。
- ・プレキャスト床版を敷設する際、主桁架設に用いた TEG クレーンを転用できる（吊上げ能力 35 tf）。



- ・ A2 橋台の背面側に床版製作ヤードが確保でき、床版寸法にトラック輸送の制限を受けない。

以上のことを勘案し、A2 橋台背面の施工ヤードにて製作したプレキャスト PC 床版を、桁架設用の TEG クレーンを用いて施工することが、本橋において最も経済的、工期的に優れた工法となった。

本橋に採用したヤード製作プレキャスト PC 床版の構造諸元を以下に示す。

- ・ 平面寸法：幅 10.4 m × 長さ 4.0 m
- ・ 版 厚：一般部 310 mm，主桁上 380 mm
- ・ 重 量：34 t/枚（合計 46 枚）
- ・ PC 鋼材：1 T 21.8（プレグラウトタイプ PC 鋼より線，500 mm ピッチ）
- ・ コンクリート強度： $\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ （早強コンクリート，間詰部のみ膨張材入り）
- ・ 継目構造：RC ループ継手

(2) 床版のヤード製作

ヤード製作 PC 床版の製作フローチャートを図-9 に示す。基本工程は、型枠清掃，鉄筋・PC 鋼材の配置に 2 日，コンクリート打設 1 日，養生 2 日，脱型・箱抜き，PC 鋼材の緊張に 2 日，合計 7 日の標準サイクルとした。

A2 橋台の背面に造成した床版製作ヤードの概要を図-10 に示す。ヤード設備として、鋼製型枠 3 台，20 t 門形クレーン 2 基，養生用のじゃばらテント，床版敷設の際に用いる軌条と移動台車付きのターンテーブルを設けている。

(3) 床版敷設

プレキャスト PC 床版の敷設は、以下に示すサイクル架設としている。図-11 に敷設要領を示す。

- ・ STEP 1：TEG クレーンの端部（敷設済み床版側）および中間部を支持し，床版製作ヤード

から，ターンテーブル付き自走台車に乗せて，所定位置まで運搬する。

- ・ STEP 2：TEG クレーンの支持状態を両端に盛替えた後，中央の支持台を吊上装置にて撤去する。
- ・ STEP 3：床版を所定位置に敷設し，支持台を中央部に盛替えた後，ターンテーブルの後退，敷設済み床版の軌条設置し，TEG クレーンの前進を行う。

TEG クレーンを用いて PC 床版の敷設完了後（写真-5），RC ループ継ぎ手部，スタッドの箱抜き部，および床版-主桁間の隙間をモルタル充填し，伸縮装置を有する端部床版のみ固定型枠施工した。

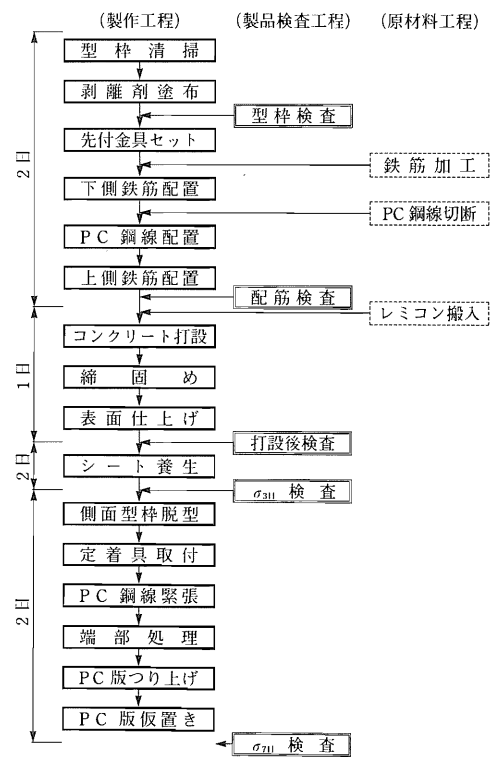


図-9 プレキャスト PC 床版の製作フローチャート

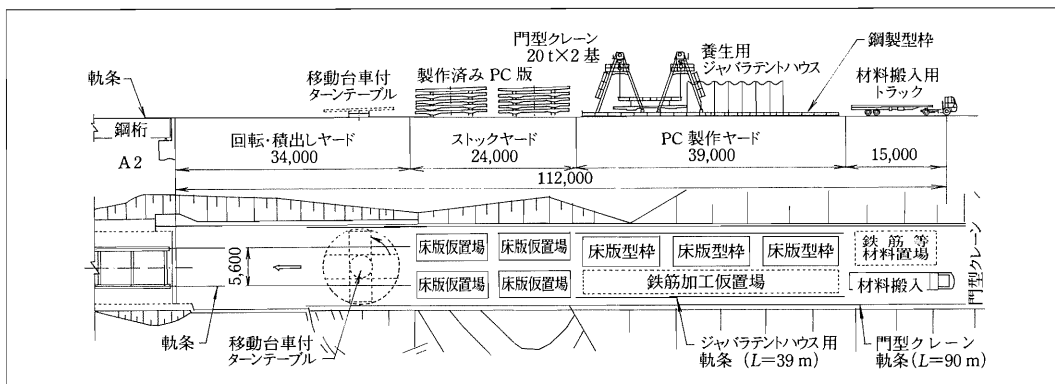
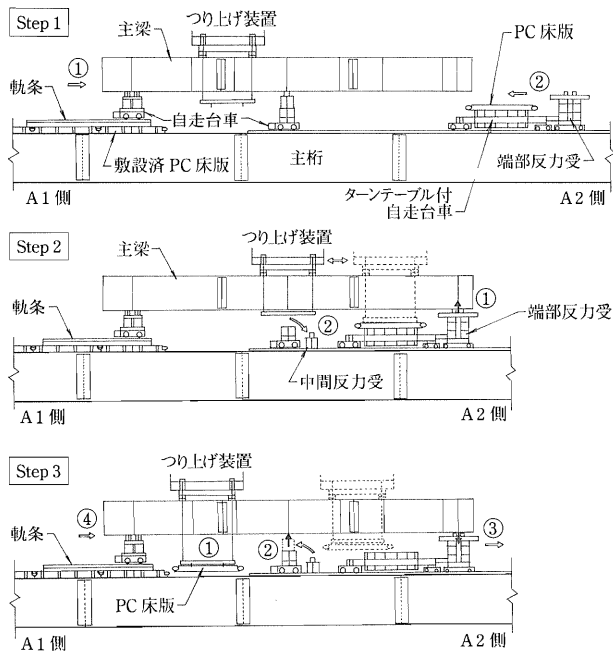
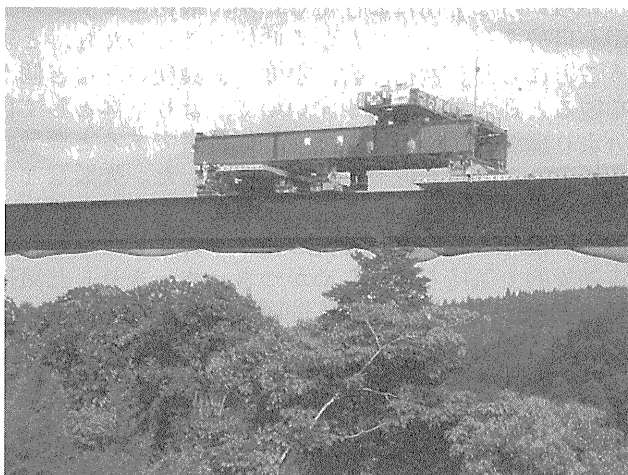


図-10 プレキャスト PC 床版の現場製作ヤード



図一11 PC床版の床版敷設要領



写真一5 TEGクレーンによるPC床版の敷設状況

## 5. おわりに

本報文では、山岳部において建設された鋼2主桁複

合ラーメン橋東九州自動車道今別府川橋における張出し架設工法、ヤード製作PC床版の製作、敷設工法について報告した。

いずれも、新しい架設機材トラベリングエレクションガントリーの提案により工期の短縮と現場作業の合理化を期したものである。本橋梁形式ならびに架設工法は、今後、山岳部における多径間連続ラーメン橋の施工に、さらなる威力を発揮するものと期待される。

本橋は、平成13年度社団法人土木学会田中賞（作品部門）を受賞したことを追記する。

JCM/A

### 《参考文献》

- 1) 佐々木, 平井, 明橋: 鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結部に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 44 A, pp. 1447-1457, 1998. 3
- 2) 中村, 今泉, 兼重, 中東, 佐々木, 小川: 今別府川橋の設計・施工—張出し架設工法を用いた鋼2主桁複合ラーメン橋—, 橋梁と基礎, Vol. 34, pp. 2-9, 2000. 12
- 3) 前田, 木水, 佐々木, 明橋: 鋼2主桁複合ラーメン橋剛結部における設計法の提案と実橋確認, 構造工学論文集, Vol. 48 A, pp. 1315-1326, 2002. 3

### [筆者紹介]



西川 孝一 (にしかわ こういち)  
 日本道路公団  
 九州支社建設部  
 構造技術課  
 課長代理



佐々木保隆 (ささき やすたか)  
 株式会社横河ブリッジ  
 技術本部  
 技術研究所  
 所長



小川 尊直 (おがわ たかなお)  
 横河工事株式会社  
 技術開発本部  
 開発部  
 計画課  
 課長補佐

ずいそう

## 愛すること、好きなこと

森 勝 信



三年前急性心筋梗塞で人生を終わりにかけた。意識を回復しその時の様子を聞かされたとき、好きなゴルフをしていて、特に苦しむこともなく（家族に言わせると苦しそうで見ておれなかったそうだが）、アッというまに人生を終われたら本望、幸せだったのに、と冗談を言ったら家内に大分怒られてしまった。その事があってから入院中時々だが「人生の最後の言葉」はなんとと言えば良いのだろうと考えた。もし家族或いは友を前にして「最後に一言どうぞ」と言われたらなんと言うだろう？ などと馬鹿げたことを考えたものである。「ありがとう」などのお礼の言葉は別として少なくとも前向きな言葉としては「幸せだった」「思い残すことはない」「悔いはない」など、人生57年を振り返ってどれが適切な言葉だろうか。「思い残すことはない」は如何にも自分中心の生活を送って来たようだし、「悔いはない」はなんとなく不満もあるが、「やったんだ」と自分に無理に納得させようとしている感じもする。やはり自分と家族或いは友も含めて周りとの関わり全部との意味で平凡ではあるが「幸せだった」が良いのではと思った。

大学を卒業するとき饒の言葉として尊敬する先輩から「三惚れ」の言葉を戴いた。

『これからの人生には色々な事があるでしょう。その人生のなかでいつも三つのことに惚れる努力をしてください。このことが貴方の人生を豊かで、楽しく、幸せなものにしてくれます。

一つは、その土地に惚れてください。

二つは、その仕事に惚れてください。

三つは、これから結婚するでしょう、その女房に惚れてください。』

だったと思うが、その時は特に気にしなかった。

私は仕事で何回も転勤した。最初の転勤は兵庫県の伊丹だった。古いものと新しいものが入り混じってゴミゴミしていて、飛行機の音がうるさく、敷金、家賃は高く、大阪弁のうるさ型の大家さんで嫌な所に住むことになったと思った。ところが義母が来て「便利で生活しやすくよいところね、大家さんも面倒見の良い人のようだからいろいろ教えて貰いなさい。二人ともなんにも知らないのだから。」そう言われてみれば、住めば都だった。歴史の町京都、奈良、商人の町大阪、港町神戸、華の宝塚に近く、飛行場の騒音はNHKの視聴料、財政補助は水道代を無料にしてくれた。

うるさ型の大家さんは苦しいものではあったが若い夫婦にゴミの出し方、家の周りの掃除のやり方、挨拶、幼児の遊ばし方まで親切に教えてくれた。そう思うと生活が楽しくなった。京都、奈良を歩き宝塚で子供と遊んだ。なるほど、「土地に惚れる」とはこのことだ

と思った。折角その土地に住むのだからその土地を好きになり歴史や特徴を楽しむことだと思った。福岡では有田や伊万里の焼き物を、熊本では釣りを教えて貰った。仙台では温泉めぐりを、そして旭川の零下25度も家族でウィンタースポーツや雪遊びで楽しい勤務地となった。

仕事はもともと好きで選んだ道でありこれが自分の天職だと言い聞かせた。新しい仕事につくと、まずこれまでの経緯を含めて知識について勉強した。物知りになりその知識を基にやり方、問題点、解決法を考えた。周りの人がなにかを聞きにくるようになると後は自然と勉強するし、仕事が面白くなる。また周りの人を好きになることに気がついた。

いろいろな上司にお仕えしたが、最初にまずこの上司が自分を認めてくれたから此処へきたのだな、と思うことにした。性格、癖、態度、言葉使い、など個々を観ると好き嫌いがでやすいので、より全体として自分より識能、経験豊かな上司、年長者であると尊敬することにし、自ら近づくことに努力した。失敗などでひどく叱られたりした時はできるだけ翌日に必ず何かの形で接触する、言葉を交わすようにした。これは大変効果的で気持ちにけじめが付き、すっきりした気持ちで仕事に取り組めた。人間同士なんとなく好き、嫌いの相互作用があるのは事実で、そのせいか嫌いで堪らなかった人もいなかったし、意地悪をされたこともなかった気がする。

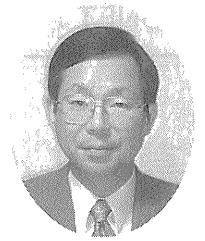
最後の「女房に惚れる」は、いまさら言う迄もない。人生の2/3は家庭、家族との関わりにあると思う。よい仕事をやるためにも女房が支えてくれることが、そのためには女房を大切にす、愛することが大切である。残念ながら一人の女房だけの経験であるが私の場合は仕事柄、転勤が多く気分転換となり、新鮮な気持ちを維持し易かったこと（新しい人間関係、環境が苦痛にならない配慮、特に夫が転勤にナイーブにならない、楽しむ。性格にもよるが）、逆に未知の世界に飛び込む只一人の相方意識がお互いを頼りとしたことが幸いしたと思う。日本人が安全と水は無料だと思っていた時代がすでに終わったように、「女房、子供が喰えるのは俺のお陰じゃないか」の気持ちは一日でも早く棄てることである。

人生「三惚れ」に励み、最後に少なくとも女房の手を握って、さだまささんの「関白宣言」の歌じゃないが「良い人生だった。幸せだったよ」と言って先に逝きたいものと願っている。

## ずいそう

## 犬と散歩

寺尾正義



昨年来、我が家でペンディングになっていた「犬を飼う」という問題に決着をつけるため、今年の3月に家族でペットショップへ行ってきた。犬を飼いたい理由は家族の中でいろいろとあったのであるが、私自身の理由としては「運動不足を解消するための散歩のお供」としての役割だった。

生来の運動音痴と練習嫌いのため、ゴルフ等はお呼びが掛からず、飲む機会が多くなるに従って、体重と体脂肪率が上昇するという有様だった。「これではまずい。何とか定期的に運動する方法は無いか?」と考えて、一昨年ウォーキングを始めた。

私の住んでいる所は新潟県のほぼ真中にあるので、ウォーキングに適する場所は至る所にある。休日、天気の良い日に回りの景色を見ながらウォーキングをするのは大変気持ちが良い。しかし雪が降ったり、雨が降ったりまた、平日のときには行く気になれない。中には、夜歩いている方も見かけるが、暗くて危なそうに見えるし、そもそも疲れて帰ってくる私にそこまでの気力はない。

その頃、ウォーキングの途中で愛犬を連れてくる人を見かけ、「これだ!」と思った。犬を飼えば、必然的に散歩をさせなければならず、ウォーキングをするきっかけになる。不精の私にとっては、良いペースメーカーになる。そう思って飼うことを決意したのである。

我が家で飼った犬の種類はシェルティー（正式にはシェットランドシープドッグというそうである）といい、昔テレビで見た「名犬ラッシー」という番組にコリーが出ていたが、ちょうどあれを小型にしたような犬である。我が家に来た当初は、生後2ヵ月くらいだったので、ワクチンや狂犬病の予防注射もできず、家の中で暮らしていた。5月に入ってようやく念願の散歩に出かけることになった。

ところがいざ出かけてみると、頭の中でイメージしていたことと我が愛犬の様子に大幅なギャップがあり、私の計画は修正を余儀なくされた。まず、こちらが連れて行こうとする方向には歩いてくれない、他の犬を見ると怖がり吠えて逃げる、ところが相手の犬が無視

をして歩き出すと後をついていこうとする。こんな風ではとてもまともな散歩なんか出来ない。従って飼い主の言うことを聞かせる、いわゆる「しつけをする」ところから始まった。

そのかいあって、いまでは毎朝6時前には私を起こしてくれ、散歩の供をしてくれる（犬の散歩に私が付いているというのが正しいのかもしれない）。この種の犬は元来牧羊犬であったためか、走るのが大好きであり、散歩の途中で飼い主である私の顔を見て走ることをせがむ。お陰で散歩以上の運動量を確保でき、最近では体の調子も良いように感じられる。

ところで、町の中を犬を連れて歩くようになってから、いままでこの町にいながら気づかなかったことが沢山あることが分かった。例えば、川の近くに木材を敷き詰めた素敵な遊歩道があり、毎朝犬を連れてくる人が何人もいること、また近くの公園で色々な樹木が植えてある小道があり、「俳句の道」という名前がついていることなど。日頃、私自身が家から会社まで車で往復する生活を送り、休日はやはり車で新潟市へ買い物等に出かけ、この町の良いところに全く眼を向けていなかったことに今更ながら驚いた。

また、愛犬を連れて歩いていると、同じような種類の犬を連れて初対面の方から「まだ若い犬ですね、生後どのくらいですか?」などと話し掛けられ、よく聞いて見るとご近所であったことが分かったりする。犬を連れて来た人だけでなく、ご近所のお婆ちゃんや我が家に遊びに来た人にも人気がある。この間も、小学生くらいの小さい子供二人から「かわいい」などと声を掛けられた。

犬を飼おうとした初期の目的は「定期的な運動をするため」であったが、今ではこうした散歩で得られる新しい発見や、色々な人や犬とのふれあひも私の密かな楽しみの一つになっている。世の中ペットブームであり、多くの家庭でペットが飼われていると思うが、我が家でも最後まで責任を持って飼うようにしていきたい。

## CONET 2003 特別シンポジウム

## 暮らしやすいまちづくり

(2)

日 時 2003年9月6日(土)

場 所 千葉市・幕張メッセ

出演者(敬称略)

## ■司 会

半田真理子 財団法人都市緑化技術開発機構都市  
緑化技術研究所長

## ■パネリスト

澁谷 禎子 日本看護連盟千葉支部長、前千葉県  
看護協会会長

奥山 福子 千葉市地域婦人団体連絡協議会会長

高久田くに 水谷建設株式会社東日本支社総務部  
総務課長佐野 正道 国土交通省総合政策局建設施工企画  
課長

9月4日から3日間、幕張メッセで開かれた CONET 2003 で、「暮らしやすいまちづくり」をテーマに特別シンポジウムが開催されました。前号では「暮らしやすいまち」とはどのようなものなのか、まちづくりを進めるためには何に取組むべきなのかを紹介いたしました。今号では第2ラウンドとして「いいものを創るために行政に望むこと」をテーマにその概要をご紹介します。

## テーマ2 いいものを創るために行政に望むこと



半田 それでは第2ラウンドにまいります。「テーマ2」といたしまして、「いいものをつくるために行政に望むことは」というテーマでお話いただきます。それではまず澁谷様からお願いいたします。

澁谷 先ほどは時間の関係で言いそびれたことがあります。私が本当に好んで足を運んでいる場所がありますので、少しお話しさせてください。会場の皆様もきっと何度か足を運ばれたことがおありかと存じますが、神奈川県横浜スタジアムです。この周辺はとてもすてきなところであると思います。同じ球場でも、千葉マリスタジアムとは比べものになりません。

横浜スタジアムの周辺は近代的な建物ばかりではなく、人々が気軽に身近に利用できるいろいろな環境が周りにあ



ります。例えば自転車を利用してそこに機械を載せて、おいしいコーヒーを入れてくれる方もおりましたし、またその近くには子供がいろいろと遊べる環境もつくられております。それでいて歴史的な建物が整然と同居している。そしてその建物をつなぐ歩道は広くゆ

たりとしていて、街路樹がとても印象的に思いました。それと、その道端には適度な間隔でベンチが設置されておりました。ちょっと足を延ばしますと横浜の港に出られることや、また有名な横浜の中華街へと楽しめる環境がいっぱいございます。大がかりな構造物ばかりではなく、身近に利用できるまちづくり、言いかえれば市民中心のまちづくりが実現されており、非常に気に入っております。

聞くとところによりますと、千葉マリスタジアムにはその空間・風景を楽しむという観点から好んで行きたいという人は少ないというふうに伺ったことがあります。スタジアムの周りを利用できる環境を少し整えていただければいいなど、感じたことをつけ加えさせていただきます。

これからのいいものをつくろうとされている国土交通省には、ぜひこのような市民が憩えるまちづくりを目指していただきたいものです。そのためには幅広い歩道の整備や駅周辺のタクシー乗り場のこと等、バリアフリー化には、もちろんもっともっと積極的に取り組んでいただきたいのですが、本当の意味で市民が憩える空間を創出するためには、都市計画の考え方にも踏込む必要があります。再開発などで容積率の高い近代的な建物を建築するだけでなく、歴史的な建物や気軽に立ち寄ることができる市街地との共生が図れるようなまちづくりを実践していただきたいと思えます。

バリアフリー・デザインにおける視点として、主導線性と環境性の2点が大切だと思いますので、どうぞよろしくお願いたします。以上です。

半田 ありがとうございます。それでは次に奥山様、よろしくお願いたします。

奥山 先ほど「だれが使うか」ということを申し上げましたけれども、一般的には最大公約数というような対象を国民としてとらえていらっしゃるということが、今までの状況だったと思います。これからはユニバーサルデザイン、

つまりあらゆる人を対象に使いやすいデザインが求められています。これは私も聞いた話ですけれども、歩道をお母さんが乳母車を引いて歩いているときに、お母さんは大体150センチぐらいと仮定しましょう。そうすると乳母車の赤ちゃんというのは、地上から





50センチぐらいのところにいるということを考えてみてください。そうすると地表から150センチと50センチでは、温度差が5度ぐらいになるんだそうです。そんなことを私たちはほとんどわかりませんでした。こういうこともつくる側の方によく考えていただきたいと思っております。

それから、ちょっと前に、お盆休みを利用して東欧（中欧）、ドイツ、ウィーン、プラハ（チェコ）、そういったところを見てまいりましたけれども、そこで成熟した大人の街だなという感じを受けました。それがこのシンポジウムのテーマにも大変役に立ったなという拾いものをしてまいりました。もう皆さんもご存じでいらっしゃると思いますが、ローマ時代からずっと歴史を持った街を見ますと、一番いい時代が今から100年か150年前ぐらいの時代で、その当時の様子を景観上から残そうという協定というのでしょうか、約束事があります。5階建て以上は規制があるということも聞いてきました。建物の中をちょっとのぞいてみますと、中のほうは日本のほうが豊かさを感じるなと思いますけれども、やはり全体から見ると日本とは大違いだなということ、文化とかそういった面でうらやましいなと感じてまいりました。

大規模な道路や水道のシステムをつくった古代ローマでは、「社会基盤」という名称はあまり使われていなくて、「モーレス・ネチェサーリエ」というような言葉があったのですが、これは「人間が人間らしく生活を送るために必要な大事業」という意味なのだそうです。私たちも役割、責任、問題点、公共性という考え方を身につけて、まずは人間らしい生活を十分に味わいたいものだと思います。

また使いやすい、いいものをつくるためには、住民も計画の段階からみんなが参画していく必要があります。この近くに打瀬第3小学校というのが今度できる予定ですが、これも教育委員会はかなり早く住民参画に努めて、住民からいい評価を得ています。やはりこうして早め早めに手を打っていくことも、両方のためにいいことではないかと思えます。

この行政と市民の共同にも通じる政策として、都市計画提案権という制度ができました。皆さんはご存じでいらっしゃるかわかりませんが、これは2003年1月1日から都市計画法は自治体がつくるということで、市長さんが替ったり知事さんが替ったりということには関係なく、自治体として認めたらそのまま続くんだそうです。一定面積以上のゾーンで土地所有者等の3分の2以上の同意を得た場合に、土地所有者やNPOも都市計画案を作成し提案できる制度です。

これまでの都市の施設の整備は点の整備であって、そこをつなぐ線とか面の整備になっていないのがあまりにも多かったように思うのです。千葉市でもモノレールができ

まして、大変ユニークな乗り物で渋滞を防ぐのにも大変いいかなと思うんですけども、そこへ行くまでの足がなかったり、そこから降りたときにまた不便を感じるということで、この辺に駐車場を整備していただいたり、バスや福祉タクシーとの連携を強化することがこれからの課題だと思います。このような工夫を通じて、できるだけ点と線がつながるようなつくり方をしたいと思っています。

それから、市民と十分な協調による合意をとってまちづくりをしてもらいたい。行政との協同にはルールがあったほうがいいと思います。せっかくつくられたこの都市計画提案権も、行政の方たちの支援を得てチェック機能を早く有効に活用していただき、実際に使える制度にしてもらいたいと思います。今までの行政の速度ですと、なかなかついていけないものがあると思います。

国土交通省にぜひ期待することとして、私たちの生活している住宅地にこそ、電線、電話線、上下水道、ガスなど、歩道をまたひっくり返して2メートルぐらい掘らないといけないということですので大変だと思いますけれども、こういう地下埋設をぜひ100%に近いようにやっていただきたいと思っています。ほかにもたくさんお話したいことがございますが、時間の関係でこのくらいにさせていただきます。

半田 ありがとうございます。では高久田様、よろしくお願ひします。

高久田 いいものをつくるためには、やはりよい技術とか安全性に優れた機械の開発というのはもう必須条件になってくると思うんですけども、建設機械と新施工技術展示会というこのような催しをすることによって、ますます進歩とか発展には拍車がかかるものだと思います。機械の進歩が生産性へつながってくるものだとも考えております。ただ機械は必要性に迫られて実用化されてくることが多いので、やはり計画の重要性というのをすごく強く感じています。

私が行政に望むこととしては、中央中心の考え方ではなくて、どこに暮らしていても同じ利便さを感じることができるようインフラストラクチュアを進めていくことが大切だと思います。それから時代に合ったインフラストラクチュアというのではなくて、未来を予期して、今後は未来に備えるインフラストラクチュアが必要になってくるのではないかと思っております。



この会場にも並んでおりますが、そのときに備えた建設機械の開発などは着実に進んでおります。

建設機械は地球、要するに環境にや

さしくという観点から、排ガスのきれいな建設機械を使用するようになっております。1次規制から2次規制は7年かかっているんですけども、2次規制から3次規制に至っては、たかだか3年間に40%、60%、100%というような形でもう倍以上の制限がございまして、2006年には世界一厳しい基準が日本の規格になるというふうに言われております。

同じく環境に優しくということですが、「騒音の少ない」ということで、だいたいこれだけ大きな建設機械ですと、皆さんものすごい音を想像されるかと思うんですけども、国土交通省さんなんか低騒音というのものにもものすごく着手されておまして、騒音公害などもなくされるような技術も進んでおります。

やはりこれも環境ということになります。廃油を少なくすると。だいたい廃油を少なくする考え方としては、もともと使う量を少なくする、それから廃油（オイル）を取りかえる間隔を長くするというような観点で技術の開発というのが進められておまして、10年前と現在を比較しますと、交換時期はほとんど倍以上ということになっております。

先ほどの廃油などもそうですけれども産廃のリサイクルということで、いろいろな産廃が出てくるわけです。建設に携わるものばかりではなく、農業といいますか家畜のふん尿なども産廃ということで処理されていますが、そういったものを処理するための機械も会場に設置されておりました。

それから「おしりの小さい」という表現をしましたが、我々働く側としても第三者としても、事故防止の観点から非常に配慮されている機械が多くなった。例えば旋回をするときに巻込んでしまって起こしたりするような事故というのは非常に多かったんですけども、最小限度の旋回半径をもって作業ができるというのをコンセプトにした機械などの開発も進んでおります。

これだけ大きな機械ですから、皆さんがこちらから見るとどこからでも見えるんです。ですけれども機械に乗ってしまうと、すぐ目の前に立っている小さな人や車は、ほとんど死角になって見えなくなってしまうというような状況があったわけです。そういったことでやはり事故につながるというようなことがあったんですが、今はなるべく視界を広く、見晴らしのよいという言い方をさせていただきますが、死角を少なくして事故などの防止ということに努めるような開発も進んでいるということです。

それから、私は働く側として述べさせていただきますと、やはり点検時にいろんなトラブルというのも今まで多く発生しておりました。そんなことを解消するために、例えば回っている間は不意に触れて指が飛ばないように形でラジ

エータにファンガードをつけるとか、それから点検しやすいようにガードをフルオープンするような機械というように形で、開発も進んでおります。

こちらは運転しやすいといっても皆さん運転されないのかわからないかもしれませんが、私はバックホウ（油圧ショベル）の運転をするときに、各企業さんで操作の方法が何年か前まで違っていたわけです。ですから違う機械に乗ると、操作を同じようにやってしまうと全然違う動きになってしまい、それがもとで事故が起きるというようなこともあったんですけども、今は行政のほうのきちっとした指導によりまして、操作の統一化というようなものにも進んでおります。

それから、私のようなメカ音痴でも安易に操作ができる機械をつくるということで、操作しやすい、運転しやすい——例えばハンドル（ステアリング）を使って方向を変えたりするような機械というのは、ごらんいただくとわかるのですが、ほとんどもうなくなってきておまして、シミュレーション、1本レバーでボタンを押して操作するというような形に変わってきております。ですから女性であっても力も要りませんし、こういう技術の開発によって今、私どもの会社にも数多くの女性オペレータという機械の操作をする仕事をしている方もおります。建設の分野にも大分女性の進出というのは多くなってきていると思います。

**半田** どうもありがとうございました。それでは国土交通省の佐野課長、今までのお話でコメントや今後の方針についてお話をお願いします。

**佐野** 時間も大分過ぎてしまったので手短にお話ししたいと思います。最初のフレーズのところでは、社会資本整備（インフラストラクチャ）を考えるにあたっては使用者といいますか利用者（ユーザー）の立場を考えなければいけないと、これが非常に大事な視点だということでしたけれども、今のお話を聞いておりますともう一つ大事な視点を提起されているように思います。

それはやはりインフラストラクチャの中身の問題、質の問題だと思うのです。私どもの暮らしというのは時代時代に応じてどんどん変わってきていますし、変わってきているというより少しずつ向上しています。暮らしがよくなってくればよくなるほど従来の水準ではなかなか満足してもらえない、やはり我々の暮らしに合ったような社会資本整備

備をしていかなければいけない、そういう時代になっているんだと思います。

例えば道の話を取り上げてみますと、戦後間もないころはぬかるみの舗装されていない狭い道路がたくさんありました。そうすると舗装することがまず最初の目標でした。それによって砂利



道から舗装になり、皆さんに満足していただいた。その次は舗装しただけではダメで、今度は対向車が来ても車がすれ違えるような幅の道にするというのが目標になりました。その次はというと、事故が多くなりましたから車がすれ違えるだけではなくて歩行者が安全に通れるようにと。そうすると歩道をつくりましょうということになりました。その次は、歩道をつくっても歩道は非常に狭くて、車いすの方も通れないというような歩道ではダメなんで、歩道を広くしましょうと。さらには歩道をもっと美しくしましょう、あるいは木を植えて町並みを楽しんでもらいましょうと、そういうようなところにも変わってきています。

やはり私どもの暮らしと連動して、インフラストラクチャーというのはどんどん変わっていくものだろうというふう思うのです。そういう意味で、今非常に大事なご指摘をいただいたのではないかと思います。ただ単に、先程来言われていますように公共事業というのは何か税金のむだ遣いで悪いことをしているように思われていますけれども、そうではなくて私どもの暮らしの中でやはり密接にかかわっていますので、暮らしが向上すれば向上するほどそれだけニーズは高まっていくわけで、それに応じた整備のやり方というのがあるんだろうと思います。

奥山さんがおっしゃいましたように、例えばヨーロッパ中欧地域へ行くと、こういうところはローマ時代から長い歴史があるわけです。人間が人間らしい生活を送るために整備をしていくのがインフラストラクチャーなわけでごさいます。そういう意味で何となく向こうへ行くと歴史も感じられます。文化も感じられます。いわゆる風格があるわけです。なんか日本の町という軽い感じがして、もう一つ落ち着きがないといいますか、その辺はやはりそういう質が伴っていないんだろうと思います。

これからは量だけではなくて質の時代だと。そういったものを迎えています。ですから一律に公共事業なんかを予算の都合でカットするのではなくて、やっぱり必要なものを質の向上を目指して整備をしていかなければいけない。そのためには今日展示されていますような建設機械といったものも大いに役に立つと思いますし、その建設機械も環境にやさしいものが最近たくさん開発されています。特に最先端のものが今日は一堂に会しているわけですから、ぜひ皆さんも目の前でごらんになって、そういったものがインフラストラクチャーの下支えをしているのだということをご理解いただきたいと思います。以上です。

半田 ありがとうございます。それでは最後になりますが、今日は「暮らしやすいまちづくり」ということで、まとめとして「ぜひこれだけは言いたかった」ということを一言だけお願いします。

澁谷 私は本日、弱者の立場を視点にして、いろいろなこ

とを発言させていただきました。実は私はたくさんのご指摘を指摘したように思いますが、千葉が大好きなんです。気候が温暖で、そして災害も少なく、美しい自然に恵まれていますので。九十九里、千倉の海岸、また小湊の海岸に沈む太陽はもう感動的です。本当にいいところだと思っています。

これからの老後もぜひ千葉県で過ごしたいと思っておりますので、千葉をもっともっと住みやすくするためにも、冒頭に申し上げましたようにアクセシビリティ、それから安全性、ユーザビリティを基本に、高齢者や体の不自由な方々が自立できるインフラストラクチャーの整備を真剣に考えていただきたいと思っています。また、そのためには利用者の声を聞き、また利用者の目線に立って、利用者の立場になって、いわゆるプロセスを基本に参加型のまちづくりをお願いしたいと思います。本日は発言の機会をいただきありがとうございます。

半田 どうもありがとうございました。次は奥山さんはいかがですか。

奥山 私は二つだけ。介助用のロボットっていうのがあればこれから利用がふえると思いますので、ぜひこちらのほうの開発といったことを手がけていただきたいと思っています。それから将来的に、私も運転免許をとって40年ぐらいになるんですけど、やっぱり下手です。高速道路などでトラックに挟まれて運転していくっていうのは、かなり疲れることです。これはできることでしたら、同じ道路上でしかできないんだとしたならば車線を変えてしっかりと産業用と一般車というのを分けるとか、時間差運転をして早朝にトラックが通るときは料金を安くしてあげるとか、そんなふうな工夫をしながら安全にこれからドライブができるというのと思っています。以上でございます。今日はどうもありがとうございました。

半田 どうもありがとうございました。次、高久田さんです。

高久田 やはり3Kというのが建設業界にはつきものだと思いますけれども、重労働とかの3Kをなくすために、こういった建設機械の発展とか開発が進んでいくんだなとは思っております。それで開発ですとか、先ほど言いましたようないろいろな規制、そういうものに対応しようと思えますと、やはりいろいろな面でコストがかかってまいります。そのコストも考えながら、地球にやさしいとか、環境問題というのも重々に考えながら配慮した形で建設を進めていければ、それが理想かなというふうには思っております。

それらの決め事に対して、やはり行政からのご指導とか、いろいろあります。私は一建設会社の社員として、繰返すようになりますけれども、環境とか安全を考えますとコス

トがかかるわけです。そうしますと先ほど税金のむだ遣い云々というようなことで、公共事業というイメージが悪くなってしまっておりますけれども、決してそればかりではないと。やはり環境、安全を重視するとそれなりのコストがかかります。

行政にお願いしたいのは、例えば皆さんが家庭でゴミを出すときに、決められた指定の袋を買うと指定外の袋より割高になりませんか。指定されたゴミ袋は、例えば300円なら300円を投資して買いますね。それで決められた日にゴミを出します。それと同じように、業界としても決められたことを決められたようにやるには、やはりコストもかかるわけです。

ちゃんと決められたゴミの袋で出す方と、その辺のコンビニでもらってきた袋でゴミを出す方が一緒に評価を受けていたのでは、やはりきちっと指定されたゴミ袋を使っている側は救われないということがあります。業界としても決め事、行政から指導を受けたものにどんどん変えていったりするのにかかるコストは、きちっとやっている業者とそうではない業者というのを区別して、それなりのポイントを与えて、これからの建設に反映させていっていただければと、それが私ども一業界人としては切に望むところでございます。

**半田** ありがとうございます。最後に佐野課長、よろしくをお願いします。

**佐野** それでは最後に一言申し上げたいと思いますが、その前に一点だけ。先ほど澁谷さんが千葉のことをおっしゃいました。やはり私どもがインフラストラクチャーを進めるにあたって、千葉のことも考えるといいますか、地域のことを考える、これも非常に大事な視点だと思います。私どもは何も画一的にやるのではなくて、「地域地域に合ったことを」といった整備の仕方、これはやはり質の問題あるいは利用者の問題といったものと併せて大事な視点だということを追加しておきます。

それから、私どもの暮らしとインフラストラクチャーと

いった社会資本整備というのは、何か全く隔たりがあるような感じがしていたんですけども、このシンポジウムを通じてその間の距離を随分縮めることができたのではかという気がしています。やはり私どもの暮らしと非常に密接なかわりがありますし、暮らしを無視したような社会資本整備というのは全くあり得ないわけでございます。それがこの「CONET 2003」という、建設機械、あるいは施工技術の展示会のこういった場で、機械とか技術を通じて皆様方に暮らしとのかかわりという視点で少しでも距離を縮めることができたのではないかとということで、大変うれしく思っております。以上です。

**半田** ありがとうございます。それでは最後に総括ということですが、もう今までにいろんな話が出ましたので、改めて逐一申し上げません。今日は計画の段階から利用者の声を聞くということ、それからインフラストラクチャー整備も量だけではなくて質が非常に重要だということ、まちづくりを皆さんが参加してつくっていくこと、いろいろな話が出たと思います。

それに何よりも今日はさまざまな蓄積をされた、ご活躍されているパネリストの方々、オペレータの経験もあるという方、それから国土交通省の佐野課長、一緒にお話できてよかったと思います。多分この会場に来られている方も同じような気持ちで、思い当たる節があるということでお話を伺ったのではないかと思います。

このような機会をつくっていただきましてありがとうございましたということと、ぜひまたこういったまちづくりの話を聞いたり、みんなで意見交換ができればいいなと思いました。私も前に建設省の土木研究所というところにいたんですが、これからはまちづくりのために技術開発や研究をしていきたいと思います。

今日は皆様、本当にありがとうございました。最後にパネリストの方々に盛大な拍手をしていただきまして、これで閉会にしたいと思います。ありがとうございました。

(文責：国土交通省総合政策局建設施工企画課課長補佐・宮石晶史)

海外便り

## エチオピア通信 (8)

中山 実

## 1. はじめに

泉憲二郎新大使が10月30日に到着され、日本からエチオピアという長旅にも関わらず、すぐに11月2日の第11回エチオピア日本人会大運動会に出席されておられました。

運動会は、総勢100名程度の参加で行われました。100名程度といいましても、エチオピア在住の日本人の殆どです。数少ない日本人会の行事と言う事で、小学生に負けじとハッスルする大人が多かったように思われます。やはり運動会といえば、紅白対抗リレーが一番の目玉ですが、年を忘れて(?)激走された方が多く、レース後、酸欠状態になられた方等が数人発生し、対抗リレーへの熱き思いが伝わってきました。対抗リレーは何歳になっても燃えるものであり、楽しいものようです。お子さんのおられる方は、親としてのプライドをかけて走っておられたように思います。

また、11月15日から11月24日まで“Japan Week”が開催されました。日本の文化を紹介し、日本を理解してもらい、日本とエチオピアの交流がより一層深まる事を目的として行われました。凧、こまの展示から始まり、日本



写真-1 Japan Week の飾付け

映画の上映等が連日、数箇所で開催されました。

オープニングの様子は、エチオピアテレビにおいても放映されました。また、凧は展示するだけにとどまらず、エチオピア人への凧上げの実演指導も行われました。私もその凧上げ大会に参加したのですが、私自身、凧上げを行うのが小学生以来という事で、うまくあげる事が出来るか心配でしたが、何とかあげる事ができました(良かった!良かった!)

## 2. OJT 訓練における苦情処理!

センターには、建設機械操作、建設機械整備、道路保守のインストラクターに限らず、ありとあらゆる職種の方が働いています。メッセージだけを伝える「メッセンジャー」、書類等のタイプのみを行う「タイピスト」など、日本では考えられない職種が存在します。今回は、その数ある職種の内の「庭師さん」について書かせて頂きます。

先月号に書かせていただきましたが、現在、センターの未舗装部分の舗装工事をOJT訓練として、行っています。モーターグレーダーで、舗装工事予定個所の除根作業を行っていた時ですが、工事を監督していたインストラクターが、あるセンター職員に凄い勢いで何かを言われていました。凄い勢いが、本当に凄い勢いで、少し気になったので、インストラクターに「彼は何を言っているのか?」と聞いた所、こんな回答が帰ってきました。



写真-2 仮設道路建設中

「彼はセンターの庭師なのですが、毎日雑草抜きをしてセンター内を手入れしているのに、こんな機械(モーターグレーダー)で一発で、根こそぎ持っていかれるなんて、なぜなのだ。加えて、彼が育てているあの植物が心配でならないらしいのだ」と言うのです。

その植物の方向を見てみると、彼が心配でならないのも理解できるほど、ギリギリのラインをモーターグレーダー



は、作業をしていました。

凄い勢いで話している彼が庭師なのは以前から知っていました。彼は、毎日、センター内の草木の手入れを一生懸命しています。庭師の彼とは、プロジェクトでは、直接関わる事はないのですが、彼は、草木の葉っぱに水をかけて水撒きしていたので、「エチオピアの日差しがきついで、そのやり方では、葉が枯れてしまう可能性があるから、根元に水を撒いた方が良い」と言って実技指導も加えて、草木に対する水の撒き方の技術移転を行った事があります。

話を戻しますが、どの辺まで舗装するのか等々、インストラクターと詳細な打ち合わせをしてきたつもりだったのですが、どうもモーターグレーダーによる雑草の持っていかれ方が、想像以上だったので、心配になったのだそうです。

それからというものは、「危険だから。大丈夫だから」といくら言っても、自分の植物が心配らしく、モーターグレーダーの回りを自前の鎌を持ってうろちょろします。どうも、頭の中が、植物の事でいっぱいのように、言っても聞かないので、仕方が無いので、庭師さんにヘルメットを渡しました。そして、カウンターパート・運転手に、彼の動きに気をつけるように指示しながらの工事が再開しました。

工事中でも、カウンターパート達に、諭され、怒られながらもうろちょろしていました。これが、本舗装工事始まったの苦情処理第1号です。と言いましても、センター内の舗装工事ですので、後にも先にも彼だけが苦情処理になると思います。ただ、庭師さんとの調整（工事着手前の説明）を怠っていた訳ではありませんが、庭師さんに工事の説明を行っていなかったのは事実でした。

もちろん、その後、カウンターパートには、きちんと工事着手前の説明の必要性、苦情処理の対応と同時に自然との共生を教えておきました。

また、ふと、センター内を見渡した時に発見したのですが、何の目的でそうしているのかわかりませんが、現在、センターの内のあちこちの木が、キノコ形や椅子形等々に創作されていました。それら全て庭師さんの作品でして、その中でも一際異彩を放っていると私によって判断された作品をこの場を借りて紹介させていただきます。喜びに満ちた庭師さん（with ヘルメット）と共に記念撮影してみました。



写真—3 庭師と「ミッキーマウス」

ちなみに、作品名について、庭師さんの溢れる才能そして夢、希望を表していると判断し、「ミッキーマウス」と命名しました。が、彼は、英語も話せませんし、ミッキーマウスが何なのか知りません。けれども、大変喜んでいました。

次回は、OJT訓練の進捗を報告させていただくつもりです。

——なかやま みのる JICA 派遣専門家、国土交通省近畿地方整備局——

## 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

## CMI 報告

## ウォータージェットを利用した 補修技術

谷倉 泉・雪田憲子

### 1. はじめに

施工技術総合研究所（CMI）は、建設事業に関わる調査、設計、施工から維持・補修、環境対策に至るまで、あらゆる建設技術を対象として、調査、試験、研究、開発、評価、認定を行っている公的機関です。

土木技術に関しては、橋梁、トンネル、基礎工、ダム、道路など、多岐にわたる分野の新技术、施工技術の開発、普及に取り組んでいます。特に橋梁については、補修・補強対策の提案、その効果確認のための現地調査・計測および載荷試験の実施、室内疲労試験等による耐荷力、耐久性の評価などの維持管理技術をはじめとして、広大な土地を利用した大規模構造物の載荷試験など、時代のニーズに応じた試験、研究を手掛けています（<http://www.cmi.or.jp/>）。

21世紀はストックメンテナンスの時代とも言われており、これまでに蓄積された社会資本をいかにうまく維持管理していくかが問われています。ここではCMIが取り組んでいる橋梁等のコンクリート構造物の劣化、損傷対策として、ウォータージェット（WJ）を利用した補修（コンクリートのはつり）技術の一部を紹介します。

### 2. コンクリート構造物に発生する変状の問題

最近ではコンクリート構造物に発生する塩害や中性化、アルカリ骨材反応等による変状がコンクリートにひび割れを発生させ、構造物の強度や耐久性、美観に影響を及ぼすケースが増加しています。これらの変状は、場合によってはコンクリート片を剥離、落下させ（写真-1）、一般の人々や車両等に被害を生じさせる恐れがあり、構造物を管理する機関にとっては対策が急がれています。

我が国の山間部や寒冷地では凍結防止剤が冬季に散布され、これがコンクリートに生じたひび割れなどに浸みこん

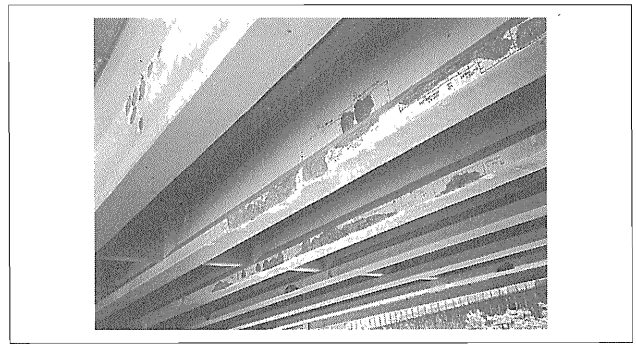


写真-1 コンクリート橋の塩害

で内部の鉄筋を腐食、膨張させることがあります。その結果、コンクリートのひび割れ、強度低下、剥落を招くこととなります。海岸沿いのコンクリート構造物でも、飛来塩分により同様な変状が見られます。

すなわち、塩害対策としては、鉄筋周りの有害な塩分を含むコンクリートを確実に除去して修復することが重要であり、表面のみの被覆処理だけでは効果が期待できず、再損傷の可能性があると言えます。

### 3. ウォータージェット（WJ）とは

WJは一般に直径0.7~3.5mmの小径の穴（ノズル）から30~500MPaの高圧で噴射される高速（マッハ1~3）の細噴流を指します<sup>1)</sup>（写真-2）。

この水噴流が対象物に衝突したときに生じるスタグネーションプレッシャー（せき止め圧）

や水くさび作用などを利用してコンクリートのはつりが可能になります。

WJ技術は、20世紀後半より製造業、食品加工、漁業、医療などの各分野へ利用されてきており、建設分野では地盤改良、杭打設、コンクリート切断などが主な応用技術でした。WJがはつりに用いられるようになったのは1980年代後半からで、比較的新しい技術と言えます。

WJの特長としては、

- ・従来のように大型のハンドブレイカの使用による鉄筋損傷やコンクリート表面のひび割れを生じないこと、
- ・健全で清浄なはつり面への打継ぎによって新旧コンクリートの一体化が図れること、
- ・機械化、ロボット化によって人力施工が困難な部位での施工が可能になること、

など、確実な補修技術の実現及び施工の合理化が図れる点

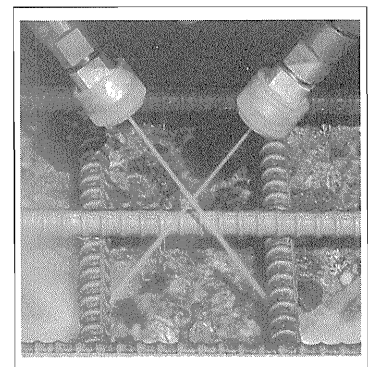


写真-2 ノズルとWJ

などが挙げられます。一方で、水処理、騒音、コスト面などで、より良い技術改良が待たれているのも事実です。

#### 4. ウォータージェットによるはつり技術

欧州でも北欧やドイツ、スイスなどの寒冷地などでは、凍結防止剤の散布による塩害や凍害が問題となっていますが、我が国より早い時期からそのメンテナンス技術の開発に取り組んでいます。このため、CMIでは類似した問題を抱える欧州各国との技術交流を図ることにより、我が国のコンクリート構造物の補修・補強に関する技術開発や維持管理対策へ活用することなどを目的として、1998～2001年にかけて欧州調査を逐次企画・実施してきました。

これらの調査結果を参考に、日本道路公団（JH）からの受託研究では、我が国独自の設計基準（鉄筋径、配筋ピッチなどが欧州よりも密）でも、鉄筋裏まで所定のコンクリートを除去できる技術の研究にあたりました。ここで重要なのは次のような性能です。

- ① コンクリート除去周辺部に悪影響を与えずに、劣化部のみはつり取る性能（セレクトィビティー）
- ② 鉄筋の有無にかかわらず、目標はつり深さまでほぼ平坦にはつり取る性能（平坦性）

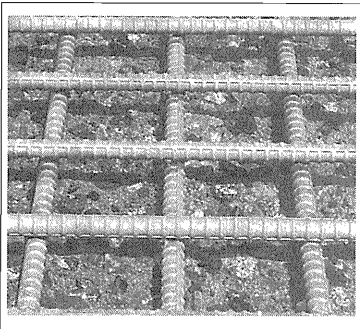


写真-3 鉄筋背面のはつり

各種実験、研究の結果、通常の鉄筋コンクリート構造物に対して、はつりのパラメータ（水量、水圧、ノズルの動かし方など）を調整することにより、鉄筋背面までほぼ確実にコンクリートをはつり取る技術を開発できました（写真-3）。以上のようなことから、JHでは「ウォータージェット施工マニュアル（平成12年6月）」をとりまとめ、CMIはこの基準に沿う形で「ウォータージェットによるはつり処理性能試験実施要領（平成13年2月）」を定めました。その結果、現在では約40社、50名のオペレータが、WJの基礎知識、安全教育等の講習会の受講後、はつり試験に合格し、徐々に活躍の場を広げようになっています。このオペレータの数は、WJ先進国のスウェーデンとほぼ同数となっています。

#### 5. 現場施工への反映

橋梁を対象としてコンクリートの劣化、損傷部に対する補修にWJが利用され始めています（写真-4）。コンクリートは我が国の土木構造物だけでなく、様々な建築物、公共施設に利用されています。適切な工法の採用により再損傷を生じないような確実な補修施工が望まれるところで

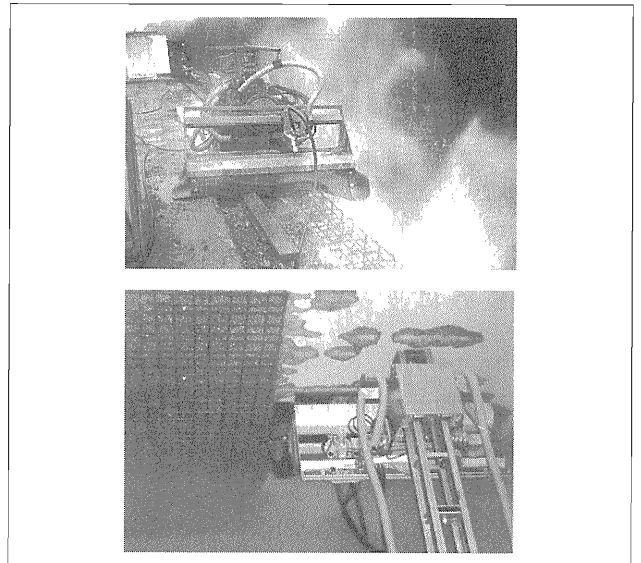


写真-4 現場施工状況

#### 6. おわりに

現在、WJによるはつりの後、その断面を修復するための吹付けコンクリート等の技術検討を行っています。膨大なストックに対して、今後もライフサイクルコストの低減を目指し、経済的で安全かつ効果的な維持管理技術の開発に貢献していきたいと考えています。

今回は、最近のコンクリート関係の業務の一部をご紹介します。施工技術総合研究所は官・学・民の力を結集してより良い成果を得るよう努力を重ねる所存ですので、今後ともさらなるご支援をお願い致します。

#### 《参考文献》

- 1) 例えば、八尋；「ウォータージェット工法」、鹿島出版会、1996.12

#### 【筆者紹介】

谷倉 泉（たにくら いずみ）  
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二部次長

雪田 憲子（ゆきた のりこ）  
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二部研究員

# 新機種紹介 広報部会

## ▶ <01> ブルドーザおよびスクレーバ

03-<01>-05	新キャタピラー三菱 ブルドーザ D3G (LGP) ほか	'03.09 発売 モデルチェンジ
------------	---------------------------------	----------------------

環境適応性、操作性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたD3G, D4G (受注生産), D5Gである。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、2ポンプ・2モータの電子制御式HST駆動で走行無段変速を実現している。また、D3G, D5Gは、国土交通省の低騒音型建設機械にも適合する。前後進切替え、ステアリング、スピード調節はジョイスティック1本で同時操作が可能で、スティック頭部には増速・減速ボタンを備えて任意のスピード設定ができる。ブレードカッティングエッジの掘削角度は、VPAT (Variable Pitch, Power Angle Tilt) 機構により、土質や作業条件に合わせて50~55度の範囲で調整ができる。D3G, D4Gには4本支柱を乗降口よりも後方に配置したROPSキャノピを、D5Gにはエアコ

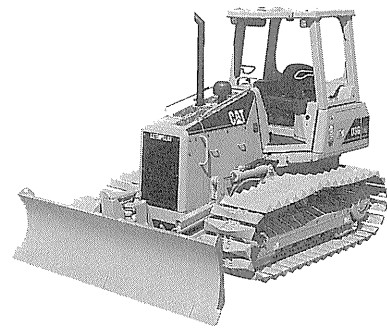


写真-1 CAT D3Gブルドーザ(湿地仕様)

ン付き密閉加圧式ROPS/FOPSキャブを標準装備して安全性を確保している。油圧システム各所の圧力を検出して故障診断ができるハイドロリック検圧集中ポートの装備や、エンジンオイルおよびエンジンオイルフィルタの交換間隔を500hに延長してメンテナンス性を向上している。

表-1 D3G (LGP) ほかの主な仕様

	D3G	
	(LGP) 湿地車	(XL) 乾地車
運転質量 (t)	7.75	7.35
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	55(75)/2,200	55(75)/2,200
ブレード幅×同高さ (m)	3.105×0.73	2.46×0.935
ブレードチルト量 (m)	0.455	0.376
最高走行速度 F/R (km/h)	0~9.0/0~9.7	0~9.0/0~9.7
接地圧 (kPa)	29.0	43.1
最低地上高 (m)	0.360	0.345
全長×全幅×全高 (m)	4.02×3.105 ×2.795	4.02×2.46 ×2.765
価格 (百万円)	10.00	—
	D4G	
	(LGP) 湿地車	(XL) 乾地車
運転質量 (t)	8.45	7.90
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	60(81)/2,200	60(81)/2,200
ブレード幅×同高さ (m)	3.145×0.92	2.67×1.03
ブレードチルト量 (m)	0.455	0.385
最高走行速度 F/R (km/h)	0~9.0/0~9.7	0~9.0/0~9.7
接地圧 (kPa)	29.6	38.1
最低地上高 (m)	0.360	0.345
全長×全幅×全高 (m)	4.035×3.145 ×2.795	4.035×2.67 ×2.765
価格 (百万円)	11.00	—
	D5G	
	(LGP) 湿地車	(XL) 乾地車
運転質量 (t)	10.05	9.35
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	67(91)/2,200	67(91)/2,200
ブレード幅×同高さ (m)	3.255×1.03	2.69×1.10
ブレードチルト量 (m)	0.470	0.390
最高走行速度 F/R (km/h)	0~9.0/0~9.7	0~9.0/0~9.7
接地圧 (kPa)	27.6	38.8
最低地上高 (m)	0.440	0.445
全長×全幅×全高 (m)	4.255×3.255 ×2.8	4.34×2.69 ×2.775
価格 (百万円)	13.64	—

(注) D3G及びD4Gの全高はキャノピ上端まで、D5Gの全高はキャブ上端まで。

## ▶ <02> 掘削機械

03-<02>-18	コマツ 油圧ショベル PC600 <sub>-7</sub> /PC650 <sub>-7</sub>	'03.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

作業効率、居住性(静粛、防塵)、安全性、メンテナンス性、環境適合性などの向上と稼働情報管理機能(KOMTRAX)や機械健康診断システム(EMMS)を備えてモデルチェンジした2機種である。日・米・欧の排出ガス対策(2次規制)に適合するエンジンを搭載しており、ワンタッチで一時的にパワーアップする機能、作業状況に応じて選択できる作業量優先の「アクティブモード」と燃費優先の「エコモード」、必要に応じて切換えられるブーム押付け力の2段切替え(高圧・低圧)、ブームリフト力を8%アップできるヘビーリフトモードなどで作業効率を高めている。旋回装置には

表-2 PC600<sub>-7</sub>/PC650<sub>-7</sub>の主な仕様

	PC600(LC) <sub>-7</sub> バックホウ 標準仕様	PC650(LC) <sub>-7</sub> バックホウ 砕石仕様
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	2.7	2.8
機械質量 (t)	56.6[57.6]	58.2[59.3]
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	287(390) /1,800	287(390) /1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	8.49×13.02	8.165×12.615
最大掘削高さ (m)	11.88	11.475
最大掘削力(バケット) (ワンタッチパワーアップ時) (kN)	294(317)	294(317)
作業機最小旋回半径 /後端旋回半径 (m)	5.37/3.8	5.09/3.8
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.9/3.0	4.9/3.0
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	100[95]	103[98]
全長×全幅(縮小時)×全高 (m)	12.81×3.9 (3.19)×4.3	12.44×3.9 (3.19)×4.28
価格 (百万円)	45.5	48.0

(注) [ ] 書きでロングクローラ仕様を示す。

新機種紹介



写真-2 コマツ「GALEO」PC 650<sub>7</sub> 油圧ショベル

2スイングモータを採用し、走行装置はHi, Loの自動変速として傾斜地などにおける作業性を確実にしている。ダンパマウントのプレッシャライズドキャブ(PC 650<sub>7</sub>はOPG トップガード付き)にはマルチカラーモニタを搭載して、パワー切替えや作業モードの切替え、EMMSの情報チェックなどを容易にしている。エンジンオイルおよびフィルタの交換500h、作動油エレメント交換1,000h、作動油交換5,000hと延長してメンテナンス性を向上しているPC 650<sub>7</sub>は碎石仕様である。

03-(02)-19	ヤンマー ミニショベル(超小旋回形) B 3 <sub>s</sub> ほか	'03.08 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

4本のブーム・アーム構造で、機械式のバケット干渉防止機構を採用しているミニショベルについて、環境への適合性、操作性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。日・米・欧の排出

表-3 B 3<sub>s</sub> ほかの主な仕様

	B 3 <sub>s</sub>		B 6 <sub>s</sub>	
	キャノピ	キャビン	キャノピ	キャビン
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.08	0.08	0.20	0.20
機械質量 (t)	2.995(3.055)	3.085(3.145)	5.10(5.17)	5.20(5.27)
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	18.4(25)/2,500	18.4(25)/2,500	27.9(38)/2,300	27.9(38)/2,300
最大掘削深さ×同半径 (m)	3.0×4.66	3.0×4.66	4.15×5.9	4.15×5.9
最大掘削高さ (m)	5.25	5.14	6.46	6.37
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.885/0.51	0.885/0.51	0.94/0.575	0.94/0.575
最大掘削力 (バケット) (kN)	27.5	27.5	36.3	36.3
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	0.85/0.775	1.02/0.775	1.025/0.995	1.20/0.995
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.5(4.4)/2.6(2.4)	4.5(4.4)/2.6(2.4)	4.4(4.3)/2.4(2.2)	4.4(4.3)/2.4(2.2)
接地圧 (kPa)	26.5(27.5)	27.3(28.3)	28.4(28.4)	29.4(29.4)
全長×全幅×全高 (m)	4.15×1.55×2.43	4.15×1.55×2.5	5.28×1.99×2.53	5.3×1.99×2.63
価格 (百万円)	8.0	—	11.0	—

(注) ゴムクローラ(鉄クローラ)仕様の書式で示す。



写真-3 ヤンマー「B6Σ」B 6<sub>s</sub> ミニショベル(超小旋回形)

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ており、国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合する。ラジエータ冷却風の排出グリルは、周囲への影響を考慮して斜め上方向へ吐出すようになっており、エンジン排気マフラもキャノピ(キャブ)コーナに配置して上向きに排出するようになっている。油圧システムにはアーム優先合流回路、ブーム優先合流回路を採用しており、ブーム、アーム、旋回などの複合操作をスピーディーに、また、スムーズに行える。作業機の油圧ホースは内蔵形として損傷を防止しており、トラックフレーム上面は山形として泥はけをよくしてメンテナンス性を向上している。国土交通省の超低騒音型に適合して環境に配慮している。

03-(02)-20	石川島建機 ミニショベル(後方超小旋回形) 30 VX	'03.09 発売 モデルチェンジ
------------	-----------------------------------	----------------------

耐久性、操作性、メンテナンス性、環境への適合性などを向上してモデルチェンジしたものである。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、さらに、リサイクル鉛を使用したバッテリーの採用や樹脂材料に材質識別マークの貼付などを実施して、リサイクル率は98%を達成している。

表-4 30 VX の主な仕様

標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.09
機械質量 (t)	2.98
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	17.8(24.2)/2,200
最大掘削深さ×同半径 (m)	2.9×4.8
最大掘削高さ (m)	4.84
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.75/0.51
最大掘削力(バケット) (kN)	26.5
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	1.7/0.775
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.8/2.5
登坂能力 (度)	30
接地圧 (kPa)	32
全長×全幅×全高 (m)	4.37×1.55×2.47
価格 (百万円)	6.35





写真4 石川島建機「e建機」30 VX ミニショベル (後方超小旋回形)

る。国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合して環境に配慮している。ラジエータと作動油クーラはアルミ製を、燃料タンクは樹脂製を採用して耐久性を向上し、ゴムクローラはスチールコードの切断に対して1,500hを保証している。燃料タンク容量を40Lにアップ、旋回駐車ブレーキを装備、泥はけを考慮した山形トラックフレームの採用、ピンジョイントに焼結合金ブッシュを採用、絵記号と日本語で必要な情報を表示するほか故障履歴や部品交換時期の記録機能をもった新型モニタ(OKナビ)を装備などで、安全性、メンテナンス性などの向上に配慮している。

▶ <03> 積込機械

03-<03>-13	川崎重工業 ホイールローダ	80 ZV	'03.08 発売 モデルチェンジ
------------	------------------	-------	----------------------

積込作業性、環境対応性、居住性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。エンジンは、従来機80ZA比で21%の出力アップを図り、国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアしたものを搭載している。ラジエータの冷却ファンは径の大きなものを採用し、油圧モータ駆動で回転制御して騒音低減を実現しており、国土交通省の低騒音型建設機械にも適合する。コンピュータ制御の自動変速トランスミッションを採用しており、状況に合わせて自動的に最適速度段(2・3・4速)を選択す

表一5 80 ZV の主な仕様

標準バケット容量	(m³)	3.4
運転質量	(t)	16.65
定格出力	(kW(PS)/min⁻¹)	160(218)/2,200
ダンピングクリアランス×同リーチ	(m)	2.805×1.29
最大掘起力(バケットシリンダ)	(kN)	160.6
最高走行速度 F₁/R₁	(km/h)	33.5/33.9
最小回転半径(最外輪中心)	(m)	5.45
登坂能力	(度)	30
軸距×輪距(前後輪とも)	(m)	3.2×2.1
最低地上高	(m)	0.4
タイヤサイズ	(—)	20.5-25-16 PR(L3)
全長×全幅×全高	(m)	8.175×2.8×3.375
価 格	(百万円)	22.8



写真5 川崎重工業「AUTHENT」80 ZV ホイールローダ

ることができる。また、ブームレバーに速度切換スイッチを設けて、作業時など必要な時の2速から1速への変速を容易にしている。360度視界を向上したワイドなROPS/FOPSキャブはビスカスマウントとし、テレスコピックチルトステアリングハンドル、調整式リクライニングシート、フルオートエアコンなどを標準装備している。ブレーキには密閉湿式ディスクを採用し、プロペラシャフトの給脂間隔を2,000hに延長してメンテナンス性を向上している。

03-<03>-14	日立建機 ホイールローダ LX 15 SL₇ ほか	'03.09 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------	----------------------

車両への乗降性と高さ制限のある現場での走行通過性などを重視して設計された、HST・4輪駆動の小形ホイールローダについてのモデルチェンジである。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、2作業モードHSTシステムを採用して効率的な作業性を実現した。すなわち、除雪作業などにおいてはフルオートモード(HST自動変速機構)を、重作業・積込作業においてはハーフオートモード(HST中速自動変速機構)を選択できるようになっている。リヤオーバハングを小さくして小回り性を向上しており、密閉湿式ディスクのブレーキ&インチャングの2ペダル方式や2スプール1作業レバーの採用、視界良好な2柱式キャノピの搭載、引きずり防止機構とエンジン停止で自動的に作用するネガティブ式駐車ブレーキの採用などで、安全で容易な運転

表一6 LX 15 SL₇ ほかの主な仕様

		LX 15 SL₇	LX 20 SL₇
標準バケット容量	(m³)	0.36	0.46
運転質量	(t)	1.975	2.615
定格出力	(kW(PS)/min⁻¹)	16.2(21)/2,500	21.3(29)/2,400
ダンピングクリアランス		1.8×0.62	2.105×0.865
×同リーチ	(m)		
最大掘起力(バケットシリンダ)	(kN)	17.2	25.0
最高走行速度 F₂/R₂	(km/h)	15/15	15/15
最小回転半径(最外輪中心)	(m)	2.57	3.04
登坂能力	(度)	30	30
軸距×輪距(前後輪とも)	(m)	1.5×1.115	1.78×1.18
最低地上高	(m)	0.215	0.255
タイヤサイズ	(—)	10-16.5-4 PR(L2)	12.5/70-16-6 PR(L2)
全長×全幅×全高	(m)	3.88×1.405×1.985	4.435×1.570×2.085
価 格	(百万円)	4.08	5.10

## 新機種紹介



写真-6 日立建機「ステップインローダ」  
LX 15 SL, ホイールローダ

を実現している。ラジエータは目詰まりし難いプレートフィン構造とし、湿式内蔵ディスクブレーキや含油ブッシュ（HNブッシュ）の採用などでメンテナンス性を向上している。国土交通省の超低騒音型基準値もクリアして環境に配慮している。

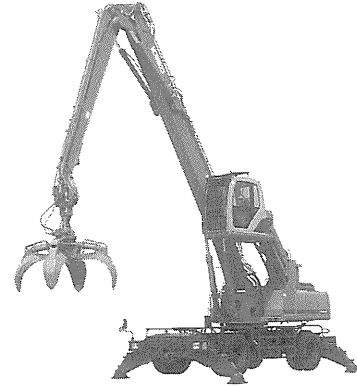


写真-7 コベルコ建機 HK 350 W スクラップローダ

定している。

### ▶ <05> クレーン, エレベータ, 高所作業車およびウインチ

03-〈03〉-15	コベルコ建機 スクラップローダ（ホイール式） HK 350 W	'03.05 発売 新機種
------------	---------------------------------------	------------------

解体作業現場などで発生する各種スクラップのハンドリング機として、油圧ショベルとラフテレーンクレーンの技術をもって開発されたものである。二つ折れのロングブームにはグラップルバケット、リフティングマグネット、小形フォークグラップルなどが装着できるようになっており、スクラップの重量検出が可能な計量機能も標準装備している。走行装置においては、上部旋回体が180度旋回時の走行操作を容易にするための逆ステアリング補正装置を標準装備している。リンク昇降式のキャブ（運転席）の採用によりハンドリング対象物の確認が容易であり、積込作業も確実にできる。荷重計やブーム、アーム、昇降式キャブの落下防止装置を標準装備し、不整地での安定設置に配慮してアウトリガ独立操作スイッチを設けて安全性を確保している。エンジンは国土交通省の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアしており、環境に配慮している。また、大型特殊自動車の保安基準に適合する車検仕様をオプションとして設

表-7 HK 350 W の主な仕様

グラップルバケット開口幅/質量	(m/t)	2.4/1.5
リフティングマグネット径/質量	(m/t)	φ1.3/2.39
フォークグラップル開口幅/質量	(m/t)	1.07/0.18
運転質量（4本爪グラップル装着時）	(t)	32.765
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	125(170)/2,100
最大作業半径/最大作業高さ（アームトップ）	(m)	15.01/15.92
アウトリガ張り出し幅	(m)	4.68
走行速度	(km/h)	18
登坂能力	(度)	11.9
タイヤサイズ	(—)	12.00-24-16 PR
全長×全幅×全高（走行姿勢時）	(m)	12.64×3.195×3.75
価格（グラップルバケット装着時）	(百万円)	45

03-〈05〉-07	コベルコ建機 クローラークレーン（伸縮ブーム形） TK 750	'03.04 発売 新機種
------------	---------------------------------------	------------------

作業スペースや輸送性を考慮し、基礎工事におけるバケットなど各種アタッチメントにも対応する全油圧式のクローラークレーンである。ブームは箱型4段式で、パイプロ、オーガ、1.2m<sup>3</sup> クラムシェルバケット、φ1.5m ハンマグラブの装着を可能とする。エンジンは国土交通省の排出ガス対策（2次規制）に適合するものを搭載しており、巻上げウインチには強制油冷式の湿式ディスクブレーキ内蔵形を採用している。安全装置として、ブーム角度（上限/下限）、ブームトップ高さおよび作業半径を設定してブームの作動範囲を制限する作業範囲制限装置、過負荷防止装置（自動停止）、フック過巻自動停止装置、エンジン停止時ブレーキ作動装置、フリフォール誤作動防止の3重操作機構、クローラ張出確認（音声）スイッチなどを採用しているほか、乗降遮断式レバーロック、走行レバーロックなどを備えている。また、マルチディスプレイでは、機械状態の異常と自己診断結果が表示される。クローラ幅伸縮機構のほか、カウンタウエイト自力脱着装置（オプション）を装備しており、運搬に便利にしている。国土交通省の超低騒音型建設機械にも指定され

表-8 TK 750 の主な仕様

吊上げ能力	(t×m)	75×3.0
最大地上揚程×同作業半径	(m)	30.4×27.8
運転質量	(t)	64.8
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	235(320)/2,000
ブーム長さ	(m)	9.99~30.1
後端旋回半径	(m)	3.95
走行速度 高速/低速	(km/h)	1.9/1.2
登坂能力	(度)	21.8
接地圧	(kPa)	79
全長×全幅（縮小時～拡張時）×全高	(m)	12.525×(3.2~4.83)×3.4
価格	(百万円)	83.4

新機種紹介

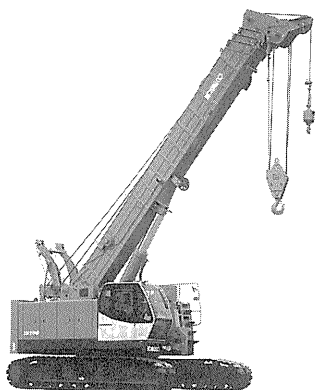


写真-8 コベルコ建機 TK 750 クローラクレーン

ており環境に配慮している。

03-〈05〉-08	アイチコーポレーション 高所作業車 RM 03 B ほか	'03.09 発売 新機種
------------	------------------------------------	------------------

設備・内装工事やメンテナンス工事に使用される垂直昇降型のホワイトゴムクローラ式 RM 03 B, RM 04 B とホワイトゴム、ホイール式 SV 06 B, SV 08 B である。バッテリーを動力源とし、昇降装置は、RM 03 B は直伸 3 段、RM 04 B は直伸 4 段のマスト方式を、SV 06 B は一端固定の 3 段、SV 08 B は一端固定の 4 段のシザース方式を採用している。SV 06 B, SV 08 B の作業床はスライド 1 m の拡張式で、作業対象に身を乗り出さなくても安全に作業ができる。操作方式にはジョップコントロール（比例制御式操作装置）を採用して、狭小現場での細かい操作を確実にした。また、走行と操舵ス

表-9 RM 03 B ほかの主な仕様

	RM 03 B	RM 04 B	SV 06 B	SV 08 B
最大積載荷重 ×最大地上高 (kg×m)	200×2.7	200×3.8	350×6.1	250×7.9
スライド (1 m) 拡張部 積載荷重 (kg)	—	—	120	120
機械質量 (t)	0.56	0.63	1.72	2.25
作業床内側寸法 (幅×奥行 (拡張時) ×高) (m)	0.895×0.66 ×1.0	0.895×0.66 ×1.0	0.72×2.185 (3.185) ×1.0	0.72×2.185 (3.185) ×1.0
走行速度 低速/高速 (km/h)	0~0.8 /0~2.0	0~0.8 /0~2.0	0~1.0 /0~3.8	0~1.0 /0~3.0
登坂能力 (80 kg 積載時) (度)	20 以上	20 以上	14 以上	13 以上
最小回転半径 (最外輪中心) (m)	—	—	2.27	2.27
接地圧 (kPa)	29	31	940	990
入力電圧(V)	単相 AC 100	単相 AC 100	単相 AC 100	単相 AC 100
バッテリー電圧 /容量 (5 時間率) (V/Ah)	DC 24 /100	DC 24 /100	DC 24 /200	DC 24 /200
全長×全幅×全高 (m)	1.25×0.77 ×1.67	1.25×0.77 ×1.73	2.39×0.81 ×1.99	2.39×0.81 ×2.12
価 格 (百万円)	2.1	2.2	3.95	4.5

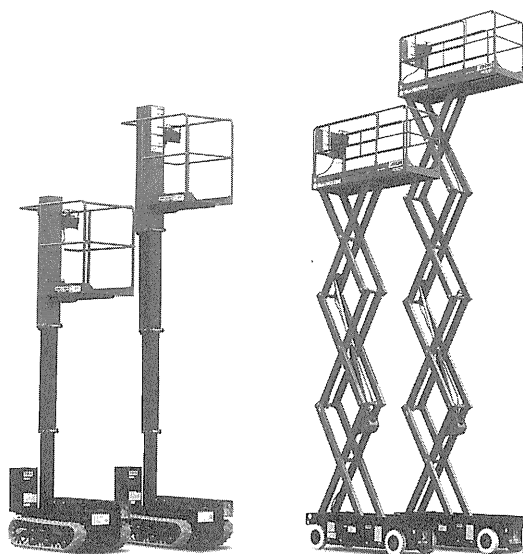


写真-9 アイチコーポレーション「スカイタワー」RM 03 B/RM 04 B (a) と SV 06 B/SV 08 B (b) 高所作業車

イッチを独立して配置し、誤操作による事故を防止した。RM 03 B, RM 04 B の作業床はチルドアップ式（特許出願中）としており、マストを上昇させることなく車体回りのメンテナンスを可能にした。全車のバッテリーは引出し方式で、補水や交換作業が容易に行える。走行・昇降警報装置、転倒防止装置（走行規制、上昇規制）、過積載防止装置、作動停止スイッチなど各種安全装置を備えている。

▶ 〈09〉 骨材生産機械

03-〈09〉-05	コマツ 破砕機 (自走式) BR 380 JG <sub>1</sub>	'03.08 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

碎石生産現場や解体工事現場で使用されるクローラ式の破砕機について、大容量の全自動油圧式ジョークラッシャを搭載してモデルチェンジしたものである。ジョークラッシャの出口すきま量の設定・変更機構として、マルチカラーモニタに、3 モードからの選択による方法ですきま量をインプットするだけで調整ができる全自動調整システムを採用しており、また、金属などの異物をかみ込んだ場合、従来のトグルプレート変形による保護機構に替えて、衝撃吸収用のシリンダを備えて、運転およびメンテナンスを簡単にしている。操作スイッチ類はパネルに集中し、ワンタッチスタート機構によりボタンを押すだけで、クラッシャ、フィーダ、コンベヤ、磁選機を起動・停止できる。排出高さを高くとった排出コンベヤには異物除去のための逆転機能があり、さらに排出量を記録できるベルトスケールをオプションで設定できる。マルチカラーモニタでは、機械の状態で異常発生時の状況を容易に把握することができる。日・米・欧の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするエンジンを搭載しており、作業環境に対する騒音低減（作業時周囲 7 m : 76 dB(A)）にも配慮している。

## 新機種紹介

表-10 BR 380 JG<sub>1</sub>の主な仕様

処理能力 自然石/コンクリートガラ	(t/h)	170~240/125~175
運転質量	(t)	33
定格出力	(kW(PS)/rpm)	134(182)/2,050
最大供給塊寸法 自然石/コンクリートガラ	(m)	0.425×0.425×0.425 /1.0×0.9×0.475
供給口寸法	(m)	1.065×0.55
出口隙間調整範囲(開き側)	(mm)	50~150
ホッパ高さ	(m)	3.2
ホッパ寸法	(m)	3.54×2.5
排出ベルトコンベヤ幅/同排出高さ	(m)	1.05/2.8
走行速度	(km/h)	3.0
登坂能力	(度)	25
最低地上高 走行時/作業時	(m)	0.3/0.1, 0.2 (2段階セット)
クローラシュー幅×同接地長	(m)	0.5×3.275
全長×全幅(輸送時)×全高	(m)	12.5×2.95(2.815)×3.2
価格	(百万円)	47

- (注) (1) 処理能力はクラッシャー破砕量+グリズリ抜け量を示す。  
 (2) 処理能力は投入物の種類, 性状, 作業条件により異なる。



写真-10 コマツ「GALEO」BR 380 JG<sub>1</sub> 破砕機(自走式)

### ▶ <14> 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

03-<14>-03	川崎重工業 除雪ドーザ	65 DV	'03.08 発売 モデルチェンジ
------------	----------------	-------	----------------------

効率的な除雪作業を進めるために、発進加速性や移動速度のアップが図られた除雪ドーザについてのモデルチェンジである。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、ロックアップ機構付きオートマチックトランスミッションを

採用して、移動時の最高速度 49 km/h を実現している。フロント側にはダイナミックダンパを、リア側にはサスペンションとショックアブソーバを標準装備して、高速走行安定性と快適な乗心地を確保している。凍結の心配のない全油圧ディスクブレーキを装備し、テレスコピックチルトステアリングハンドルやフルオートエアコンの採用で安全性、操作性、居住性に配慮している。ラジエタの冷却ファンは大形で低速回転とし、油圧モータ駆動として回転制御を容易にして騒音低減と省エネルギー化を図っている。国土交通省の低騒音型建設機械に指定されている。

表-11 65 DVの主な仕様

運転質量	(t)	12.8
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	135(185)/2,400
プラウ全幅×同高さ	(m)	3.505×1.365
プラウアングル角 前/後	(度)	39/32
最高走行速度 $F_1/R_3$	(km/h)	49.5/24.0
最大けん引力	(kN)	101.5
登坂能力	(度)	30
最小回転半径(最外輪中心)	(m)	4.95
軸距×輪距(前後輪とも)	(m)	2.90×1.93
最低地上高	(m)	0.385
タイヤサイズ	(—)	17.5 R 25
全長×全幅×全高	(m)	7.69×3.505×3.44
価格	(百万円)	22.1

- (注) 可変型プラウ装着仕様を示す。

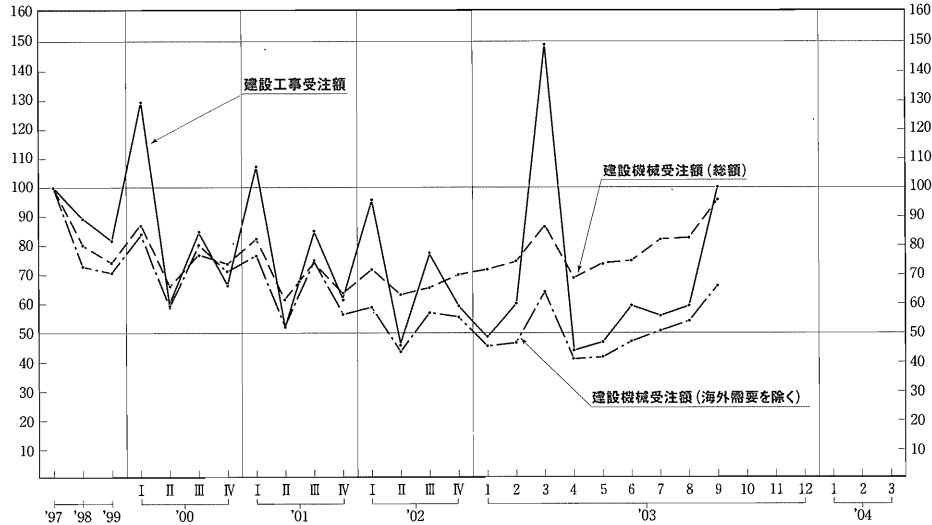


写真-11 川崎重工業「AUTHENT」65 DV 除雪ドーザ

# 統計 広報部会

## 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 1997年平均=100）  
 建設機械受注額：機械受注統計調査（建設機械企業数26前後）（指数基準 1997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							
1997年	188,683	116,190	21,956	94,234	55,485	5,175	11,833	122,737	65,946	204,028	201,180
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
2002年9月	16,369	10,898	1,656	9,242	4,139	459	872	11,404	4,964	154,141	15,013
10月	8,928	5,458	767	4,691	4,610	350	509	5,920	3,007	152,516	10,264
11月	8,759	5,544	825	4,719	2,460	415	339	6,066	2,693	149,752	11,470
12月	9,960	6,067	864	5,203	3,244	468	181	6,796	3,164	146,863	12,586
2003年1月	7,602	4,941	917	4,024	2,019	339	303	5,249	2,353	143,731	9,895
2月	9,385	6,033	946	5,087	2,661	449	241	6,208	3,177	141,894	11,428
3月	23,200	14,789	1,957	12,831	6,624	658	1,128	15,130	8,070	141,426	19,139
4月	6,720	4,604	730	3,874	1,206	382	527	4,405	2,315	140,202	8,583
5月	7,330	5,352	1,144	4,209	1,212	377	389	5,138	2,192	138,597	8,973
6月	9,250	6,208	655	5,553	2,251	422	369	6,387	2,863	139,002	9,071
7月	9,039	6,001	882	5,119	2,178	379	481	6,209	2,830	137,348	10,548
8月	9,127	5,913	730	5,183	2,495	385	334	6,556	2,571	136,652	9,883
9月	15,655	11,002	1,574	9,428	3,491	510	652	11,400	4,255	—	—

## 建設機械受注実績

（単位：億円）

年 月	'97年	'98年	'99年	'00年	'01年	'02年	'02年 9月	10月	11月	12月	'03年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
総 額	12,862	10,327	9,471	9,748	8,983	8,667	820	696	741	770	765	789	922	729	780	797	865	880	1,030
海外需要	3,931	4,171	3,486	3,586	3,574	4,301	346	327	381	443	453	466	475	448	495	472	513	509	563
海外需要を除く	8,406	6,156	5,985	6,162	5,409	4,365	474	369	360	327	312	323	447	281	285	325	352	371	467

（注） 1997年～1999年は年平均で、2000年～2002年は四半期ごとの平均値で図示した。

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



## ● お知らせ ●

基 発 第 1119005 号  
平成 15 年 11 月 19 日

社団法人日本建設機械化協会会長殿

厚生労働省労働基準局長

### 石綿含有製品の製造等禁止に係る 労働安全衛生法施行令の改正について

日頃から労働安全衛生行政の推進に格段の御協力を賜り厚くお礼申しあげます。

さて、石綿はその粉じんを吸入することにより、労働者等に肺がん、悪性中皮腫、石綿肺等の重篤な健康障害をもたらすものであることから、当省におきましては、平成 7 年に石綿のうち特に有害性の高いアモサイト及びクロソドライトについてその使用等を禁止したところです。その後、クリソタイル等のその他の種類の石綿についても、近年、他の材料への代替化が進んできたこと等を踏まえ、石綿を含有する製品のうち国民の安全確保等の観点からその使用がやむを得ないものを除き、その製造等を禁止することを内容とする、学識経験者による検討結果を得て、平成 15 年 10 月 16 日公布の「労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令」（平成 15 年政令第 457 号）により、石綿を含有する建材、ブレーキ等の摩擦材及び接着剤の製造等を禁止することとしたところです。

つきましては、貴団体におかれましても、この趣旨をご理解いただくとともに、下記に留意の上、傘下会員事業場等に対する通知、広報誌等への掲載、会員事業場等の取組の進捗状況の把握等により、本改正内容の周知徹底に御協力を賜りますようお願いいたします。

#### 記

##### (1) メーカー及びメーカー団体に係る措置

製造等が禁止される製品を製造しているメーカーは、無石綿製品への生産転換を進める等により、施行日までに在庫品を残さないようにすること。また、経過措置を利用して施行日後に製造等禁止製品を販売することを目的として、施行日前にこれらの製品を駆け込みで増産するようなことがないようにすること。

メーカー団体においては、会員事業場等の取組の状況を適宜把握するとともに、無石綿製品への生産転換のための技術情報の収集・提供その他必要な援助に努めること。

なお、無石綿製品への転換までの間に石綿含有製品を製造又は取扱う場合においては、特定化学物質等障害予防規則（昭和 47 年労働省令第 39 号。以下「特化則」という。）等に基づくばく露防止対策の徹

底を図ること。

##### (2) ユーザー及びユーザー団体に係る措置

製造等が禁止される製品を使用している又は使用している可能性のあるユーザーは、使用している製品中の石綿含有製品の有無を確認し、石綿含有製品を使用している場合は、今後新たに導入する製品については無石綿製品に転換すること。

ユーザー団体においては、会員事業場等の取組の状況を適宜把握するとともに、技術情報の収集・提供その他必要な援助に努めること。

なお、無石綿製品への転換までの間に石綿含有製品を取り扱う場合においては、特化則等に基づくばく露防止対策の徹底を図ること。

#### 改正労働安全衛生法施行令の概要

石綿含有製品の製造等を廃止するため、労働安全衛生法施行令が改正され、平成 16 年 10 月 1 日に施行されることとなりました。

##### (1) 改正の概要

石綿（アモサイト及びクロソドライトを除く。）をその重量の 1 パーセントを超えて含有する以下の製品の製造、輸入、譲渡、提供又は使用が禁止となります（第 16 条及び別表第 8 の 2 関係）。

- ① 石綿セメント円筒
- ② 押出成形セメント板
- ③ 住宅屋根用化粧スレート
- ④ 繊維強化セメント板
- ⑤ 窯業系サイディング
- ⑥ クラッチフェーシング
- ⑦ クラッチライニング
- ⑧ ブレーキパッド
- ⑨ ブレーキライニング
- ⑩ 接着剤

##### (2) 留意事項

- ① 施行日前に製造され、又は輸入された製品は、改正政令は適用されません。
- ② 試験研究目的の場合に限り、都道府県労働局長の許可を受けることを条件に石綿含有製品の製造、輸入又は使用ができますが、譲渡、提供はできません。
- ③ 石綿を含有しない①～⑩の製品が禁止されるものではありません。
- ④ 石綿を含有する建材は①～⑤のいずれかに該当し、石綿を含有するクラッチ又はブレーキに用いられる石綿を含有する摩擦材は、⑥～⑨のいずれかに該当します。詳しくは、最寄りの都道府県労働局又は労働基準監督署までお問合せ下さい。

## …行事一覧…

(2003年10月1日～31日)

### 広報部会

#### ■機関誌編集委員会

月 日：10月14日(火)  
出席者：佐野正道委員長ほか12名  
議題：①平成15年12月号(第646号)原稿内容の検討・割付 ②平成16年2月号(第648号)の計画

#### ■建設経済調査委員会

月 日：10月15日(水)  
出席者：山名至孝委員長ほか3名  
議題：11月号原稿の検討

#### ■新機種調査委員会

月 日：10月16日(木)  
出席者：渡部 務委員長ほか6名  
議題：①新情報ねたの持寄り検討 ②技術交流討議

### 機械部会

#### ■原動機技術委員会

月 日：10月3日(金)  
出席者：沼田 明委員長ほか17名  
議題：①CONET 2003 について ②排検証について(契約書等) ③排ガス規制動向について ④使用燃料について

#### ■トラクタ技術委員会

月 日：10月6日(月)  
出席者：笹本龍也委員長ほか8名  
議題：①本年度活動計画について ②省エネルギー装置について ③安全性C規格について

#### ■仮設工事用エレベータ分科会

月 日：10月8日(水)  
出席者：河西正吾分科会長ほか5名  
議題：「工事用エレベータ planning 百科」執筆内容の検討

#### ■油脂技術委員会

月 日：10月8日(水)  
出席者：大川 聡委員長ほか15名  
議題：①HX-1規格検討 ②ホームページについて ③鉱油系グリース規格(GX-1)と生分解性グリース規格(GX-2)の検討

#### ■定置式クレーン分科会

月 日：10月15日(水)  
出席者：三浦 拓分科会長ほか10名  
議題：「クライミングクレーンプランニング百科」見直し

#### ■ショベル技術委員会

月 日：10月16日(木)  
出席者：田中利昌委員長ほか10名  
議題：①燃料測定法の検討 ②活動計画報告の件

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：10月16日(木)  
出席者：中野一郎委員長ほか7名  
議題：①建機協関連連絡 ②ホームページ分科会活動 ③遠隔稼働管理データ配信フォーマット標準化活動 ④情報化ケーススタディ電装品未来技術 ⑤ISO/TC 127 土工機械委員会運転及び整備(SC3)分

科会報告 ⑥JCMAS改訂について ⑦電装品標準化

#### ■機械部会小幹事会

月 日：10月17日(金)  
出席者：松本 毅副幹事長ほか2名  
議題：①中期事業方針について ②下半期活動計画について

#### ■除雪機械技術委員会小幹事会

月 日：10月20日(月)  
出席者：関谷洋一幹事長ほか2名  
議題：実態調査報告書印刷原稿の審議

#### ■オールケーシング掘削機標準化分科会

月 日：10月23日(木)  
出席者：村手徳夫委員長ほか3名  
議題：全回転オールケーシング掘削機の仕様書のJCMAS化の検討

#### ■トンネル機械未来技術開発分科会

月 日：10月29日(水)  
出席者：森 正嗣分科会長ほか10名  
議題：①建設会社、メーカーの資料、カタログの収集と説明 ②報告書のまとめ方について

#### ■高所作業車分科会

月 日：10月29日(水)  
出席者：角山雅計分科会長ほか10名  
議題：①C規格原案の作成方法について ②WGの進め方について

#### ■機械部会小幹事会

月 日：10月29日(水)  
出席者：松本 毅副幹事長ほか3名  
議題：燃費測定法について

#### ■トンネル機械C規格ロードヘッド分科会

月 日：10月30日(木)  
出席者：二本幸男分科会長ほか15名  
議題：EN 12111 引用規格と参考規格の調査結果

#### ■除雪機械技術委員会幹事会

月 日：10月31日(金)  
出席者：関谷洋一幹事長ほか9名  
議題：アンケート結果に基づく提案(対処編)審議

### 標準部会

#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会運転及び整備(SC3)分科会

月 日：10月3日(金)  
出席者：齋藤恒雄分科会長ほか7名  
議題：①報告事項の件 ②国際会議対応の件

#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会臨時特別会合

月 日：10月3日(金)  
出席者：小竹延和委員長ほか7名  
議題：ISO/TC 127 ソレント国際会議(総会及び各分科会会議)準備

#### ■情報化施工標準化作業グループ

月 日：10月6日(火)  
出席者：吉田 正リーダほか10名  
議題：①TC/127/WG 2 作業手順の確認 ②遠隔稼働管理データ配信フォーマット ③規格作成作業に関して ④国際会議日程 ⑤TC 127 総会報告事項

#### ■情報化施工標準化作業グループ

月 日：10月24日(金)  
出席者：吉田 正リーダほか10名  
議題：①TC 127 ソレント総会報告 ②メタデータの検討 ③(情報に関する)シ

ナリオ ④アプリケーションスキーマ ⑤用語 ⑥データエレメントの定義 ⑦新業務項目提案 ⑧データ辞書 ⑨国際会議事案

### 業種別部会

#### ■製造業部会小幹事会

月 日：10月3日(金)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか5名  
議題：①排ガス規制、国内法整備へのスタンス ②低騒音指定手続きについて ③マテリアル・ハンドリング機 WG 報告 ④施工技術総合研究所について

#### ■製造業部会マテリアル・ハンドリングWG

月 日：10月8日(水)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか8名  
議題：①マテリアルハンドリングに関する情報収集 ②リフティングマグネットに関するまとめ ③今後の課題

#### ■製造業部会小幹事会

月 日：10月21日(火)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか13名  
議題：排ガス・低騒音認定基準との関わりについての情報交換

## …支部行事一覧…

### 北海道支部

#### ■建設工事等見学会

月 日：10月3日(金)  
見学先：国道230号後旧ルート三豊トンネル建設工事等  
参加者：22名

#### ■第2回企画部会

月 日：10月9日(木)  
出席者：小町谷信彦部会長ほか12名  
議題：①平成15年度上半期事業概要報告及び経理概要報告 ②平成15年度下半期主要行事計画

#### ■第2回運営委員会

月 日：10月17日(金)  
出席者：大窪敏夫支部長ほか24名  
議題：①平成15年度上半期事業概要報告及び経理概要報告 ②平成15年度下半期主要行事計画

### 東北支部

#### ■除雪講習会

・秋田会場：秋田テルサ  
月 日：10月7日(火)～8日(水)  
参加者：7日246名、8日246名

・青森会場：ウイロシティ青森  
月 日：10月15日(水)  
参加者：299名

・新庄会場：大地会館  
月 日：10月16日(木)  
参加者：133名

・山形会場：山形国際交流プラザ  
月 日：10月17日(金)  
参加者：210名

・郡山会場：ベルヴィ郡山  
月 日：10月21日(火)  
参加者：181名

- ・岩手会場：滝沢村岩手産業文化センター  
月 日：10月22日(水), 23日(木)  
参加者：22日254名, 23日197名
- ・仙台会場：仙台国際センター  
月 日：10月28日(火)  
参加者：186名
- ・秋田会場：秋田テルパ  
月 日：10月30日(木)  
参加者：131名  
内 容：①国の除雪方針と除雪計画 ②県の除雪方針と対応 ③道路除雪工法と最新の除雪機械と工法 ④VTR 道路除雪 ⑤冬の交通安全 ⑥除雪作業の安全対策 ⑦除雪機械の取扱い  
講 師：東北地方整備局, 各県担当者, 除雪機メーカー技術者, 警察担当者, 東北支部部会員

#### ■機械第一部会

- 月 日：10月7日(火)  
出席者：桜井俊和部会長ほか4名  
議 題：①リースレンタル分科会活動について審議 ②機械第一・建設部会合同部会議題について

#### ■企画部会新技術情報交換会 WG 会議

- 月 日：10月27日(月)  
出席者：深堀賢哲 WG リーダほか6名  
議 題：新技術情報交換会の実施について

#### ■広報部会

- 月 日：10月28日(火)  
出席者：丹野光正部会長ほか5名  
議 題：①支部日より139号発刊計画について ②現場見学会について

### 中 部 支 部

#### ■企画部会

- 月 日：10月3日(金)  
出席者：阪井剛行副部会長ほか3名  
議 題：建設技術フェア出展内容, 展示要領について協議

#### ■技術部会

- 月 日：10月6日(月)  
出席者：杉本彰男部会長ほか7名  
議 題：技術発表会論文集作成について及び技術発表会実施要領について

#### ■調査部会

- 月 日：10月7日(火)  
出席者：尾関宏一部会長ほか11名  
議 題：秋期講演会実施要領打合せ

#### ■平成15年度秋期講演会

- 月 日：10月15日(水)  
場 所：通信会館ユニオンホール  
参加者：250名  
内 容：①映画：「掘るまいか」手掘り中山隧道の記録上映 ②講演：映画企画者作家・三宅雅子, 日本建設情報総合センター理事・今岡亮司

#### ■現場視察会

- 月 日：10月17日(金)  
見学会：徳山ダム建設工事現場  
参加者：41名

#### ■平成15年度技術発表会

- 月 日：10月22日(水)  
会 場：名古屋昭和ビルホール  
参加者：110名  
内 容：①中部国際空港のエプロン舗装工事について(大成ロテック) 藤澤智徳 ②

- 横軸排水機場の高度化(電業社機械製作所) 深澤正幸 ③排水性舗装機能回復車の開発(酒井重工業) 後藤春樹 ④吸水裁荷併用型振動締固めシステム(東洋建設) 佐藤道祐 ⑤長距離シールド工事における機内からのビット交換実績(鹿島建設) 上坂明 ⑥三車線断面トンネルの両坑口施工時の換気方式について(西松建設) 中田晴久 ⑦拡張自在掘削システムの開発(加藤建設) 片山博之

#### ■建設施工における地球温暖化対策講習会

- 月 日：10月28日(火)  
会 場：名古屋昭和ビルホール  
参加者：55名  
内 容：①国土交通省における地球温暖化体格への取組み(中部地方整備局機械課長補佐) 西郷芳晴 ②建設施工における地球温暖化対策(施工技術総合研究所第4部専門課長) 稲葉友喜人 ③建設機械省エネルギー運転法(日本建設機械化協会) 鈴木英隆

#### ■広報部会

- 月 日：10月29日(水)  
出席者：西脇恒夫副部会長ほか9名  
議 題：支部日よりNo.63号の編集

### 関 西 支 部

#### ■特別研修「山背と東山中」

- 月 日：10月2日(木)  
講 師：高野浩二支部長  
参加者：40名  
内 容：「山背と東山中」都の東北, 南山城と大和高原と地質と歴史

#### ■広報部会

- 月 日：10月6日(月)  
出席者：名竹利行部会長ほか6名  
議 題：平成15年度部会活動について

#### ■建設インキュベーション委員会

- 月 日：10月6日(月)  
出席者：建山和由委員長ほか14名  
議 題：①光触媒塗料等の外装用コーティング剤の効果と現状(五大産業) 瀧本 功 ②新技術に関する文献紹介

#### ■積雪寒冷地域交通対策分科会

- 月 日：10月7日(火)  
出席者：深堀賢久分科会長ほか13名  
議 題：①委員交替に伴う紹介 ②平成14年度成果確認 ③平成15年度活動計画策定

#### ■建設業部会

- 月 日：10月15日(水)  
出席者：岡本哲也部会長ほか23名  
議 題：①部会長挨拶 ②研究会(各社安全に対する取組み説明)(i) タグノ：クレーン車の安全対策及び新技術の取組み (ii) 西尾レントール：レンタル業の安全に対する取組み (iii) 淀川変圧器：メーカとレンタル業の両立 ③合同見学会開催に関する説明 ④意見交換

#### ■リース・レンタル業部会

- 月 日：10月20日(月)  
出席者：木村統一部会長ほか13名  
議 題：①「建設機械の現況と今後の動向について」(日本建設機械工業会事務局長) 徳永隆一 ②会員企業の近況報告等

#### ■シールド技術分科会見学会

- 月 日：10月21日(火)  
出席者：河田 敏分科会長ほか13名  
見学先：大阪市地下鉄8号線清水停留所及び地下鉄線路工事

#### ■委員長会議

- 月 日：10月21日(火)  
出席者：花岡信一部会長ほか10名  
議 題：①委員会活動計画について ②委員会運営における課題及び問題点について

#### ■施工技術報告会第4回幹事会

- 月 日：10月23日(木)  
出席者：前 浩久幹事長ほか9名  
議 題：①施工事例9編の査読分担 ②報告会当日の役割り分担 ③平成16年度第1回会議場決定

#### ■積雪寒冷地域交通対策分科会

- 月 日：10月30日(木)  
出席者：深堀賢久分科会長ほか10名  
議 題：①第1回分科会議事録確認 ②モデル地区候補地のリストアップと絞込み ③モデル地区見学会の計画

### 中 国 支 部

#### ■「公共工事の安全対策」講演会

- 月 日：10月2日(木)  
場 所：米子コンベンションセンター  
参加者：136名  
内 容：①建設業を取巻く最近の話題と重機等の事故防止対策(国土交通省) 榊井芳樹 ②建設機械施工の安全施策の取組みについて(国土交通省) 姫野芳範 ③建設機械の安全の考え方(コマツ) 小林克己

#### ■「公共工事の安全対策」講演会

- 月 日：10月3日(金)  
場 所：広島JAビル  
参加者：155名  
内 容：①人間工学から見た安全の取組み(神奈川大学助教授) 堀野定雄 ②建設機械施工の安全施策の取組み(国土交通省) 姫野芳範 ③建設機械の安全対策と実例(コベルコ建機) 刀納正明

#### ■第4回水門技術委員会

- 月 日：10月20日(月)  
出席者：松川 徹委員長ほか8名  
議 題：①海外での水門設備工事の契約実態について ②水門設備工事に関する資料整理報告について

#### ■第3回部会長会議

- 月 日：10月21日(火)  
出席者：小笠原 保企画部会長ほか10名  
議 題：①平成15年度上半期事業報告及び同経理概況報告書について ②建設機械優良技術員表彰規程改正について

#### ■部会幹事会

- 月 日：10月28日(火)  
出席者：小笠原 保企画部会長ほか43名  
議 題：①平成15年度上半期事業報告及び同経理概況報告書について ②建設機械優良技術員表彰規程改正について

### 四 国 支 部

#### ■見学会

- 月 日：10月2日(木)  
見学先：香川県直島町「直島環境センター」  
参加者：40名  
内 容：豊島産業廃棄物中間処理施設見学

## ■愛媛地区懇談会

月 日：10月7日(火)

出席者：亀川和正施工部長ほか13名

内容：建設事業に係わる問題・支部事業等について

## ■会計監査

月 日：10月9日(木)

出席者：中島 弘会計監事ほか3名

内容：平成15年度上半期事業実施状況及び経理概況監査

## ■企画部会幹事会

月 日：10月21日(火)

出席者：小松修夫部会長ほか3名

議題：機関誌「しこく」No.72の編集について

## ■合同部会

月 日：10月21日(火)

出席者：小松修夫部会長ほか30名

議題：①支部団体会員入退会状況及び役員移動について ②平成15年度上半期事業報告及び同経理概況報告について ③平成15年度下半期事業計画(案)について ④支部創立30周年記念事業について

## ■高知地区懇談会

月 日：10月24日(金)

出席者：小松修夫部会長ほか12名

内容：建設業に係わる問題、支部事業等について

## ■「建設施工における地球温暖化対策」講習会

月 日：10月30日(木)

場 所：高松市・サン・イレブンス高松

参加者：82名

内容：講演①地球温暖化—メカニズムと問題の経緯—(香川大学工学部安全システム建設工学科教授)河原能久 ②国土交通省における地球温暖化への取組み(四国地方整備局道路部機械課長)小松修夫 ③建設施工における地球温暖化対策(施工技術総合研究所技術部長)菊地 稔 ④建設機械の省エネルギー運転法(日本建設機械化協会)鈴木英隆

## 九州支部

## ■「建設工事における地球温暖化対策」講習会

月 日：10月14日(火)

会 場：博多パークホテル

参加者：65名

内容：①国土交通省における地球温暖化対策への取組み(九州地方整備局道路部機械課)小阪高志 ②建設施工における地球温暖化対策(施工技術総合研究所)菊地 稔 ③建設機械の省エネルギー運転法(日本建設機械化協会)鈴木英隆

## ■九州建設技術フェア2003 in 熊本

月 日：10月16日(木)～17日(金)

場 所：熊本県・グランメッセ熊本

内容：新技術の普及・活用支援 ①共通技術 ②都市・建築技術 ③河川・海岸 ④道路 ⑤港湾・空港 ⑥機械・通信設備 ⑦トンネル ⑧環境・リサイクル ⑨調査・試験

来場者：6,000名

## ■第7企画委員会

月 日：10月22日(水)

出席者：相川 亮委員長ほか8名

議題：支部行事の推進について ①建設工事における地球温暖化対策講習会開催報告 ②九州建設技術フェア2003 in 熊本開催報告 ③第20回施工技術報告会の件 ④運営委員会(秋期)運営の件

## ■第20回施工技術報告会

月 日：10月27日(月)

会 場：博多パークホテル

聴 講 者：45名

内容：①無人化施工による鋼製スリット砂防堰堤の建設—雲仙・普賢岳水無川3号鋼製スリット砂防堰堤工事—(フジタ九州支店)池田俊治 ②機能回復・維持作業を目的とした装置の開発(世紀東急工業技術研究所)増山幸衛 ③土木統合管理システムの開発と導入(西松建設九州支店)秋山満敏・飯塚元輔 ④六角川における浮遊ゴミ対策について(国土交通省武雄河川事務所機械課)安藤泰宣・高野誠司

## 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

## 編集後記

今年もはや12月号をお届けする時期になりました。1年を振り返ってのトピックスが今月号の編集後記の話題です。3月に米英軍がイラクを攻撃したことが一番印象に残っています。意外と早く終結したように見えたのですが、現在では泥沼化の様相を示しています。

また、4月から6月末にかけてSARSが猛威を振いました。気温の上昇とともに収まりましたが冬の到来とともに再発が危惧されます。

秋には、2年半ぶりの衆院選挙が行われましたが投票率の低さが問題となりました。前に投票率は20代で20%台、60代で60%台と年齢に比例するとのデータもあり、若年層の政治離れを如何に食い止めるかが今後の課題です。

今月号は、「建設施工にかかわるシミュレーション技術」についての小特集です。機関誌の編集方針も毎月テーマを決めて行う方向に切り替

わっています。

パソコンの能力が飛躍的に向上し、3次元CADソフトがパソコン上で容易に作動しバーチャルリアリティの世界が簡単に制作できるようになりました。

航空機、自動車、単車など乗り物での運転シミュレーション技術は体感まで可能なシステムとなり、建設機械、産業機械の分野までその技術が進展しています。建築分野でもバーチャルの世界で屋内の世界が体感できます。今回の編集作業の中で掲載報文とは異なった情報も各方面の方から頂きました。ご紹介できる機会があればと思います。

色々な要因が複雑に絡み合うシステムにおいてパソコンの中で要因の変化に対する結果を事前に検討することが可能となり、より経済的な活動に繋がる事となりました。今後ともこの方面の技術が向上してゆくことを期待します。

最後になりましたが、お忙しい中、執筆頂いた方々に誌面をお借りして、深くお礼申し上げます。(橋本)

## 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
新開 節治	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
両角 常美	渡邊 和夫

### 編集委員長

佐野 正道

### 編集委員

星隈 順一	国土交通省
小幡 宏	国土交通省
西園 勝秀	国土交通省
佐藤 隆	農林水産省
伊藤 早直	原子力安全保安院
本多 明	日本鉄道建設公団
軍記 伸一	日本道路公団
新野 孝紀	首都高速道路公団
坂本 光重	本州四国連絡橋公団
山崎 劭	水資源開発公団
高村 和典	日本下水道事業団
吉村 豊	電源開発
藤田謙二郎	大林組
西田 光行	鹿島
橋本 弘章	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
有光 秀雄	コベルコ建機
金津 守	コマツ
奥山 信博	清水建設
山口喜久一郎	新キャタピラー三菱
芳賀由紀夫	大成建設
星野 春夫	竹中工務店
加藤 謙	東亜建設工業
境 寿彦	日本国土開発
斉藤 徹	日本鋪道
森 秀文	ハザマ
宮木 克己	日立建機
庄中 憲	施工技術総合研究所

### 1月号予告 —ロボット技術特集—

- ・建設分野へのロボット導入の課題と将来展望
- ・建設機械知能化の現状と展望
- ・建設ロボット等による自動化技術の開発
- ・建設施工におけるロボット活用に関する技術開発の取組み
- ・建設作業に人間型ロボットは使えるか
- ・関西圏における次世代ロボット産業の国際拠点化に向けた取組み
- ・遠隔操縦ロボット(ロボQ)の開発と施工効率化
- ・CONET 2003 アカデミーロボットの開発状況
- ・JCMA 自動化ロボット委員会の活動状況

## No.646 「建設の機械化」

2003年12月号

(定価) 1部840円(本体800円)  
年間購読料9,000円

平成15年12月20日印刷

平成15年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 玉光弘明

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	〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5	電話 (025) 232-0160
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 1-12-56	電話 (092) 741-9380