

# 建設の機械化

2003 MARCH No.637 JCOMA

3

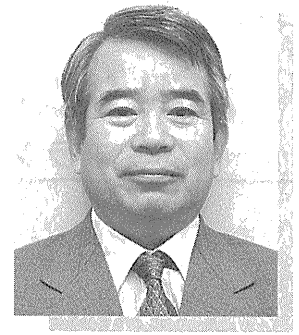
● ダム特集 ●



後方超小旋回型油圧ショベル PC 228 US (GALEO) 株式会社小松製作所

**巻頭言****独立行政法人水資源機構の発足に向けて**

丈 達 俊 夫



昨年末の臨時国会において独立行政法人水資源機構法案が成立し、平成15年10月より水資源開発公団は独立行政法人水資源機構として正式に発足することが決定しました。この法案によると、水資源機構が実施できる事業は、簡単に言えば、現在工事に着手しているダム建設と、公団ダムの管理及びそれらに関連するダム等の受託管理を行う事と規定されています。すなわち、新組織の経営方針はダム建設からダム管理に徐々に主軸を移していく事となります。

水資源開発公団は戦後の経済発展による都市域への人口集中と産業発展に対処すべく、主要5大水系にダム建設を鋭意進めてきました。その結果、四国、九州を除く主要3大水系が抱える都市部における水需要については、安全率は低いものの水利権量としてはそれなりに開発されてきており、これからは渇水時の安定的な供給を目的とした施設整備や、安全でおいしい水を提供すべく、きめ細かい施設管理を進める方向に方向転換をしていくこととなります。

また、戦後の急激な経済成長にあわせて、最小の資金で最大の効果を発揮すべく経済性を重視してダム建設を進めてきた結果、自然環境や水源地域整備への配慮が幾分不足していた点については、大いに反省しなければならないと思っています。

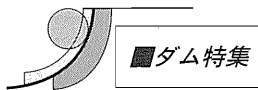
これからの水資源機構は次のようなことを主眼点として進めていかなければならないと決意を新たにしているところです。

- ① 組織のスリム化と民間的な経営感覚で効率的かつ自律的な運営を行い、併せて大胆なコスト縮減に努めるために工期管理と事業費管理を徹底します。
- ② 設計費や工事費の高騰を防ぐために、CADによる設計業務の直営化や施工技術の新規開発を積極的に進めます。例えば、CSG（Cemented Sand and Gravel）の活用範囲の拡大や、SP-TOM（Spiral Pipe Transportation Method）のよう

に材料の運搬設備のシンプル化によるコスト縮減など各工程ごとに見直しが必要であります。また、最近低品質骨材の活用が行われつつありますが、今の骨材プラントではエネルギーが強すぎて、低品質部分はほとんど泥化して濁水プラントに行ってしまうことになるので、新たな低品質用の骨材製造設備の開発が急務であると思っています。

- ③ ユーザーが求める本当のサービスとは何かを追求し、管理技術の確立に真剣に取り組まねばなりません。特に貯水池の水質については、上流域から流入する汚濁負荷に原因を押しつけ、貯水池での水質改善については手をこまねいていた感があります。ユーザーから管理費を戴いて管理している以上、きれいな源水を提供することは当たり前の義務であり、何としても貯水池の水質機構を解明し、富栄養化や赤潮に対処できる技術の開発をしなければなりません。
  - ④ 管理技術のもう一つの問題は堆砂問題です。日本の河川は急流河川であるが故に堆砂量も多く、ダムにより河川の上下流が分断され、ダムでは堆砂が進行し、下流部や河口部では河床低下や海岸浸食が発生するなど、河川の連続の関係が壊れてしまっています。生態系を含む河川の自然環境を保全するため、ダムに堆砂する砂をバイパスさせる技術の確立が必要であります。
  - ⑤ ダム管理は河川の流水管理はもちろんですが、ダムの存在する地域並びに水源地域との交流を深め、ダムおよび貯水池周辺地域の活性化に向けた水源地ビジョンの実施を地域主導で行い、地域の生活の場として、また、下流都市市民の憩いの場として賑わうよう働きかけることが必要であると思っています。
- 今後共よろしく願います。

（じょうたつ としお 水資源開発公団理事）



# 滝沢ダムにおける新工法への取組み

## —CSG プラント及び SP-TOM を採用した新しいダムコンクリート施工法—

今村利博

水資源開発公団が荒川上流において建設を進めている滝沢ダム（総貯水容量 6,300 万 m<sup>3</sup>、堤体積約 180 万 m<sup>3</sup> の重力式コンクリートダム）では、CSG（Cemented Sand and Gravel）を大量かつ連続製造する CSG プラントを開発し、高さ 9 m、延長約 1 km（CSG 材使用量約 115,000 m<sup>3</sup>）の開水路を短期間で施工した。また、コンクリートや土石類を連続して大量に運搬する新しい運搬工法 SP-TOM（Spiral Pipe Transportation Method）の実証実験及び減勢工コンクリートの実打設を行っているもので、本報文ではこれらの開発の経緯、装置及び稼働状況などについて概要を報告するものである。

キーワード：ダム、施工設備、コンクリート運搬設備、CSG、SP-TOM

### 1. はじめに

滝沢ダムでは、貯水池周辺地すべり対策工の一環として押え盛土工事（約 130 万 m<sup>3</sup>）を施工した。この施工にあたり河川の転流工（対象流量 840 m<sup>3</sup>/s）を必要としたため種々検討した結果、現地発生材の有効利用を図る観点からダム本体掘削ずりを利用した CSG（Cemented Sand and Gravel）工法により開水路を施工した。

開水路を完成させるために必要な CSG は全体で約 115,000 m<sup>3</sup> であり、そのなかで工期的制約から 3 ヶ月間で 80,000 m<sup>3</sup> を施工する必要があったため、最大 125 m<sup>3</sup>/h を製造可能な CSG プラントを新しく開発したものである。

また、滝沢ダムのコンクリート運搬は、本体コンクリートを 13.5 t の固定式ケーブルクレーン 3 基、減勢工を新しいコンクリート運搬工法 SP-TOM（Spiral Pipe Transportation Method）を用いて行っている。

当初計画において減勢工コンクリート運搬は、ダンプロック直送（一般道 2.2 km を経て）にて行う計画であった。しかし、新しい運搬工法 SP-TOM が開発されたので、事業費縮減対策としてダム本体コンクリート打設用としての採用を、実証実験を含め総合的に検討したもので、本体コンクリート打設用としては採用を見送ったが、減勢工打設用として採用したものである。

本報文ではこれらの開発の経緯、装置および稼働状況などについて概要を報告する。

### 2. CSG プラント

#### (1) CSG プラントの特徴

滝沢ダムでは大量（約 115,000 m<sup>3</sup>）の CSG を製造し、かつ時間最大 125 m<sup>3</sup> の施工を可能としないことからは、CSG プラントの開発目標は、発生材料を最大限に利用し大量かつ連続した CSG の製造が可能であること、CSG 製造コストを抑えること、CSG を均質に練混ぜること、とした。

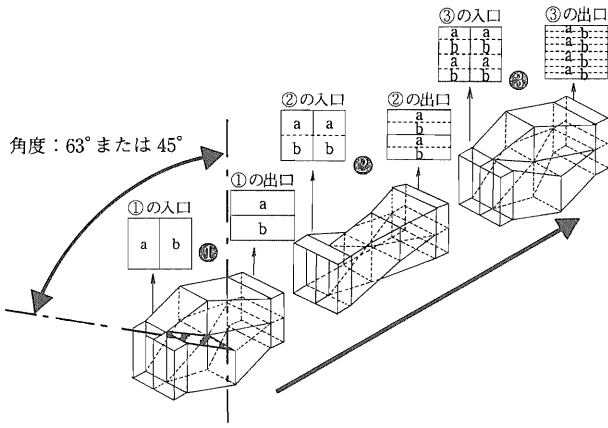
滝沢ダムで開発した CSG プラントの特徴をまとめると次のとおりである。

① 連続して練混ぜが可能なミキサとして図-1 の MY-BOX を使用する。

MY-BOX とは、二つのねじれた構造の箱を組合わせて使用し、ユニット内に材料を落下させることによって練混ぜを行う重力を利用したミキサである。重力エネルギーを利用して練混ぜを行うことから、練混ぜそのものにエネルギーを消費しないので CSG 製造にかかるコストを抑えることができる。

② 材料のばらつきを抑え、セメントを均一に練混ぜるため、投入設備を 2 系列、MY-BOX を 2 基とする。

プラントは、CSG 材を 80~20 mm と 20~0 mm に分け、引出し量を調整することにより粒



入口が縦長で出口が横長の2つの経路を有したユニットから構成される。MY-BOXの形状は入口の寸法と斜線の部材の角度で定義され、角度については63°と45°が標準となっている。

図-1 MY-BOX 構造

度のばらつきを抑えることが出来る。また、MY-BOXを2回通過させることによりセメントの均一な練混ぜを図るものである。

(2) CSG プラント装置概要

CSG プラントの全景を写真-1に、フローシートおよび平面配置図を図-2、プラント制御システムのフローを図-3に示す。

CSG プラントは、CSG 材供給装置、セメント供給装置、CSG 材とセメントの練混ぜ装置、加水装置および CSG 材を運搬するベルトコンベヤならびにコンベヤスケールを用いた計量装置、制御装置から構成されている。

CSG 材供給装置は、80~20 mm CSG 材と 20~0 mm CSG 材の2系統から構成される。20~0 mm

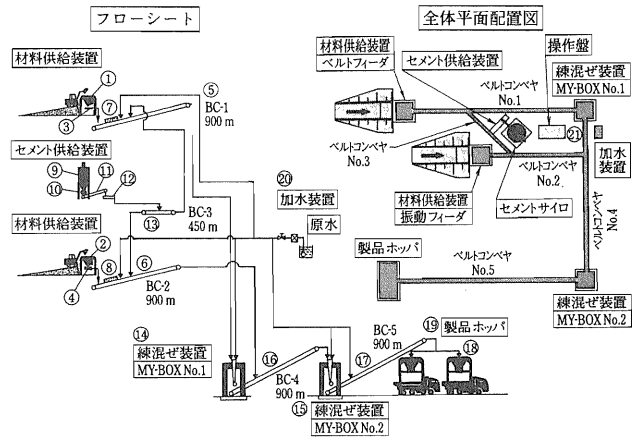


図-2 フローシートおよび平面配置図

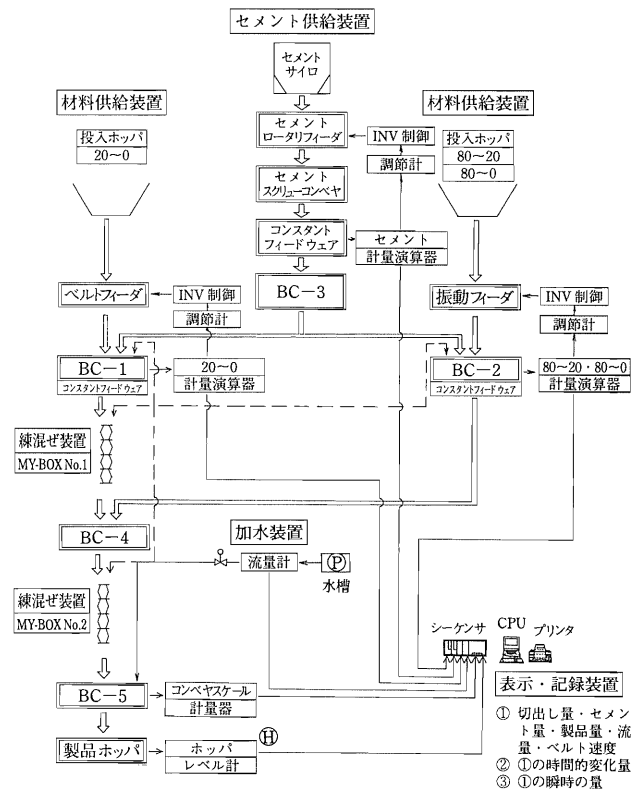


図-3 プラント制御システムのフロー

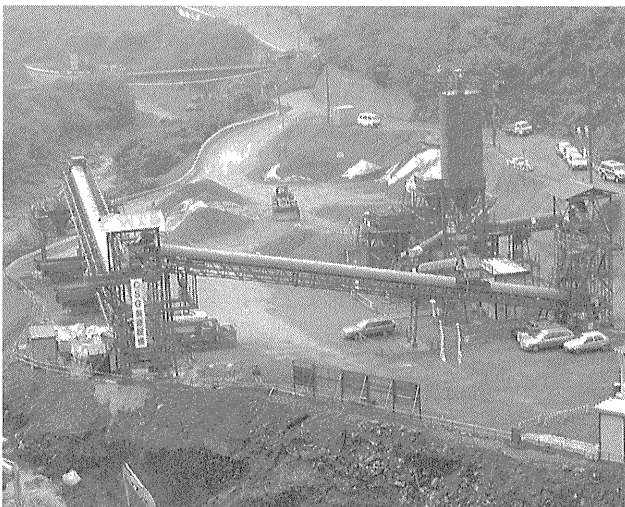


写真-1 CSG プラント全景

CSG 材の引出しにはベルトフィーダを採用し、設備能力の50%を供給できる規模とした。80~20 mmの引出しには振動フィーダを採用し、設備能力は80~0 mmのCSG 材単独での製造も考慮しCSG 材の100%を供給できる規模とした。

セメント供給装置は、セメントサイロ、ロータリフィーダ、スクリュコンベヤから構成される。

練混ぜ装置は、MY-BOX No.1とMY-BOX No.2から構成される。MY-BOX No.1は、20~0 mm CSG 材とセメントを練混ぜるために用いるもので、 $400 \times 400$  (入口の断面寸法が400 mm  $\times$  400 mm で

表-1 プラント稼働状況一覧

No.	期 間	使用材料 I : 掘削ずり II : 河床砂礫	混合比 (%)				系列数	平均 製造量 (m³/日)	平均 稼働 時間 (h/日)	平均 停止 回数 (回/日)	平均 停止 時間 (min/日)	稼働 率 (A-B)/A (%)	CSG 製造 1,000 m³ 当り							
			河床 砂礫 80~0 mm	掘削ずり									停止回数 (回)				停止時間 (min)			
				80~20 mm	60~20 mm	20~0 mm							MY- BOX	材料 詰り	機械 異常	合計	MY- BOX	材料 詰り	機械 異常	合計
①	12/16~1/8	I	—	50~60	—	50~40	2	468	7.3	5.3	101	77	0.3	8.7	3.6	12.6	6	142	91	239
②	1/9~1/31	I + II	50~40	25~40	—	20~30	2	1,332	12.2	6.8	80	89	0.5	2.2	2.3	5.0	13	20	26	59
③	2/1~2/21	I + II	50	20~30	—	30~20	2	1,430	13.1	5.2	55	93	1.7	0.6	1.4	3.7	21	5	13	39
④	2/22~3/7	I + II	50	20	—	30	2	1,246	12.1	6.5	56	92	3.1	0.8	1.3	5.2	30	7	9	46
⑤	3/8~4/8	I + II	50	20	—	30	2	985	9.5	1.7	20	96	0.4	0.3	1.0	1.7	4	2	19	25
⑥	4/10~4/22	I	—	80~0 mm の材料で製造		—	1	721	8.5	1.3	17	97	0.3	0.3	1.3	1.9	4	1	18	23
⑦	4/25~5/17	I + II	50	20	—	30	2	942	9.9	3.5	45	92	2.0	1.1	0.6	3.7	31	9	7	47
⑧	5/18~5/22	I	—	50	—	50	2	839	10.9	6.3	127	81	1.2	4.0	2.5	7.7	32	40	122	194
⑨	5/24~5/27	I + II	20	40	—	40	2	931	10.3	7.4	106	83	1.7	3.0	3.2	7.9	26	31	57	114
⑩	5/31~6/3	I	—	—	40	60	2	487	6.7	3.0	31	92	0.5	4.6	1.0	6.1	7	39	17	63
平 均							938	10	4.7	64	89	1.2	2.6	1.8	5.6	17	30	38	85	

ある)とした。MY-BOX No. 2 は、80~20 mm CSG 材と MY-BOX No. 1 練混ぜ後の CSG 材との練混ぜに用いるもので、 $500 \times 500$ とした。なお、MY-BOX の入口の断面寸法は CSG 材が閉塞することなく通過するために最大粒径の 6 倍を標準とされていることから、MY-BOX No. 2 の入口断面寸法は 500 mm (80 mm の 6 倍)を選定した。また、MY-BOX は、 $45^\circ$  と  $63^\circ$  のものを製作したが試験施工の結果  $45^\circ$  のものは閉塞しやすかったため本施工では  $63^\circ$  のものを 4 個組合わせて使用した。

加水装置は、当初 MY-BOX の投入口で加水し、CSG 材、セメント、水を同時に練混ぜることを考え、各 MY-BOX の投入口に設置したが、試験施工の結果、水を同時に練混ぜると MY-BOX 内に CSG 材が付着し閉塞することが判明したため、本施工において MY-BOX No. 2 通過後の BC-5 ベルトコンベヤ上で加水した。

制御システムは、CSG 材とセメントの切出し量を精度よく管理するため、各フィーダから切出された CSG 材とセメントのそれぞれの質量をコンスタントフィードウェアによりリアルタイムに直接計量し、この情報をフィードバックし、あらかじめ設定された CSG 材とセメントの切出し量に合うように各フィーダの速度制御を行えるものとした。また、コンベヤスケールによる CSG 材およびセメントの各計量値、流量計による加水量の計測値をリアルタイムでパソコン画面上に連続的に表示させることで、プラント稼働状況を集中監視し、材料の供給異常等による品質不良の発生を未然に防止することとした。

### (3) CSG プラント稼働状況

表-1 にプラント稼働状況を示す。

表中の混合比とは、掘削ずり 80~20 mm、20~0 mm および河床砂礫 80~0 mm の各 CSG 材の配合割合を表したものである。

施工開始からしばらくの間 (1/8 まで) は、掘削ずりのみを使用して CSG を製造した。しかし材料目詰まりのため頻繁にプラントが停止したので、掘削ずりに加えて河床砂礫 80~0 mm を CSG 材として用いることとした。この場合には河床砂礫 80~0 mm と掘削ずり 80~20 mm の各 CSG 材を交互に No. 2 投入ホッパに投入している。

表中の 2 系列とは、80~20 mm と 20~0 mm とに分けた CSG 材を各投入ホッパに投入し、MY-BOX No. 1 および No. 2 を使用し CSG を製造する場合であり、1 系列とは、80~0 mm の CSG 材を No. 2 投入ホッパに投入し、MY-BOX No. 2 のみを使用して CSG を製造する場合である。

掘削ずりだけを使用した時期は、プラント平均稼働時間 7.3 h/日に対して平均停止回数は 5.3 回/日、平均停止時間は 1.7 h/日 (停止率 23%) である。CSG 材として河床砂礫も加えた後 (1/9~1/31) は、プラント平均稼働時間 12.2 h/日に対して平均停止回数は 6.8 回/日、平均停止時間は 1.3 h/日 (停止率 10%) である。その後、3 月までの 1 日当たりの CSG 製造量は 1,000 m³ を超えているがプラント停止時間は増えることなく、減少傾向にある。

表中の CSG 製造 1,000 m³ 当りの停止回数および停止時間は、停止原因別に分類したもので、「MY-BOX」とは、MY-BOX における材料の目詰まり、材料詰ま

りとは、ホッパやシュート部など MY-BOX 以外の目詰まり、「機械異常」とは、装置の誤作動や故障等によるプラントの停止を示したものである。

掘削ずりだけを使用した期間は、 $-74\mu\text{m}$  ( $74\mu\text{m}$  篩通過)が多く含水比も高かったことから材料目詰まりが頻繁に発生し、停止時間が4時間(2.5時間は材料目詰まり)に達した。河床砂礫を CSG 材に加えてからは、 $-74\mu\text{m}$ が低下したことで材料目詰まりが減少し、平均1時間(0.5時間は材料目詰まり)以下に改善できた。

CSG の製造能力は、当初計画の目標製造能力  $125\text{ m}^3/\text{h}$  に対して、材料目詰まり及び機械異常を除くと  $122\text{ m}^3/\text{h}$  ( $1/9\sim 1/31$  の CSG 平均製造量を実稼働時間で除したものを)製造していることから、計画能力をほぼ満足している。

#### (4) CSG プラントに対する評価

##### (a) 連続ミキサとしての性能

連続ミキサとしての性能評価項目には、CSG の品質と製造能力がある。

CSG の品質については開水路として十分な機能を果たしていることから十分満足できる結果を得たと考えられる。

製造能力は、目標製造能力に対して満足しているが、CSG 材の粒度特性および含水比がプラント稼働率に大きな影響を与えた。連続ミキサとしては、MY-BOX の投入部で水を加え、骨材、セメントと同時に練混ぜることが理想的であるため、目詰まりを生じない構造の開発が必要である。

##### (b) MY-BOX を2系列としたこと

材料のばらつきを抑え、セメントを均一に練混ぜるため、投入設備を2系列、MY-BOX を2基とした。

$-74\mu\text{m}$ が多く含水比が高い材料では粘性が高く CSG プラントの各設備で材料目詰まりが発生した。しかし、CSG プラントを2系列としたことにより、 $80\sim 20\text{ mm}$ と $20\sim 0\text{ mm}$ の各 CSG 材の混合割合を容易に変えられるとともに河床砂礫の併用も容易に行え、間接的にはあるが $-74\mu\text{m}$ を一定範囲に管理することができ、材料全体のばらつきも小さく抑えることができた。

しかし、セメントがどれくらい均一に練混ぜられたのか定量的に評価することができなかったため MY-BOX を2基としたことがセメントの練混ぜに与える影響については把握できていない。

##### (c) プラント稼働率

施工当初は、CSG 材の $-74\mu\text{m}$ が多く含水比も高

かったため材料目詰まりなどが発生し、稼働率は7%と低かった。その後、河床砂礫を併用することで $-74\mu\text{m}$ が低下、稼働率は向上し全体平均で89%(表—1)まで向上した。

CSG の施工は所期の工程どおり完了したことから、CSG プラントはシステムとしては問題ないと考えられる。

しかし、材料目詰まりによるプラント停止がみられ稼働率に大きく影響したことから、稼働効率を向上させるための課題をまとめる。

##### ① MY-BOX

$-74\mu\text{m}$ が6%程度を超えると MY-BOX の閉塞が生じやすいと考えられ、含水比については4%程度以下とすれば MY-BOX 閉塞に関係ないと考えられる。しかし、プラント稼働状況からみると $-74\mu\text{m}$ が6%以下であっても CSG 材が一定量以上通過すると閉塞しやすい傾向にある。CSG 材の最大粒径に対する MY-BOX 入口断面の寸法について今後検討する必要がある。

##### ② ホッパやシュート部等

$-74\mu\text{m}$ が8%から4~6%に低下し、含水比も5%から2%へ徐々に低下したことで、材料目詰まりによる停止回数が減ったことから、 $-74\mu\text{m}$ と含水比が材料目詰まりに大きく影響すると考えられる。しかし、減ってはいるが完全に解消はしなかった。

今後 CSG プラントの設計にあたっては、CSG 材の特性を把握したうえでホッパやシュートの幅および傾斜角を決めることが必要である。

### 3. 新しいコンクリート運搬工法, SP-TOM

#### (1) SP-TOM 装置概要

SP-TOM は、斜面上において円管の内側に数枚の硬質耐摩耗性ゴムの羽根を螺旋状に取付けたもの(以下、搬送管という)を回転させることにより、重力及び動力を利用してコンクリートや土石類を安定した状態で、連続して大量に下方への輸送を可能としたものである。適用可能な下り勾配は $20\sim 45$ 度で、ベルトコンベヤで運搬できない急勾配の斜面においても適用可能である。

さらにこの工法を用いれば、

- ① 自然環境の改変をほとんど伴わない、
- ② 輸送管の内面に耐摩耗性のゴムをライニングしてあるので騒音が小さい、
- ③ 搬送管内を運搬させるため気象条件の影響を受け難く粉塵の発生や材料の飛散もほとんど生じな

い、  
等、ダムコンクリートの運搬工法として数々のメリットがある。図-4に工法の概要を示す。

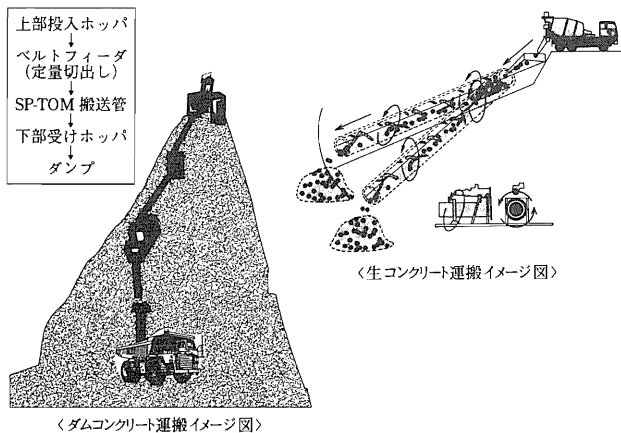


図-4 工法の概要

## (2) SP-TOM 実証試験

実証実験は、先に報告したCSGプラントを改造しベルトコンベヤをクローズドサーキットに組んで、コンクリートおよび骨材を循環させて行った。

試験項目は、鋼製搬送管  $\phi 700$  mm,  $L=16.5$  m, 耐摩耗性ゴムを貼付けたものを用いて、本体打設に適用することを念頭に置き、

- ① 運搬能力試験
- ② 長時間運転試験
- ③ 消費電力試験

等について実施した。

### ① 運搬能力試験

運搬能力試験は、有スランプコンクリートとRCDコンクリートについて搬送角度を $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ に変えて行った。鋼製搬送管運搬能力を図-5に示す。図は比較的輸送能力の低い有スランプコンクリートの運搬量を示したものである。運搬能力は搬送管の径および傾斜角度により決まる。なお、 $\phi 500$ における運搬量は参考文献<sup>1)</sup>によるものである。

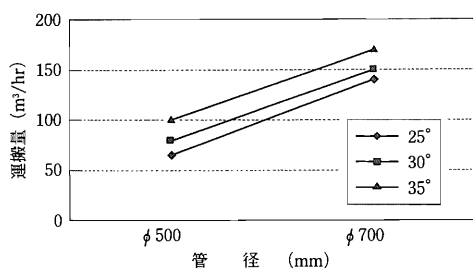


図-5 鋼製搬送管運搬能力 (有スランプコンクリート)

### ② 長時間運転試験

長時間運転試験は、コンクリートを使用して1.5時間 (30分×3回)、骨材のみを使用して24時間の連続運転を行い、搬送管自体の温度上昇状況および、装置全体の耐久性について試験を行った。

コンクリート、鋼管、ライナ部および駆動部の温度は、外気温に対して顕著な変化は見られず、追従する傾向にある。装置の耐久性は、搬送管内面に貼ったライナゴムの摩耗状況により決まることから、連続運転終了後の摩耗状況を測定した。

普通ゴムと耐摩耗性ゴムの比較で摩耗状況は明らかであったが、耐摩耗性を使用してもある程度は摩耗が生じるため、メンテナンス性と耐摩耗性について検討する必要がある。

### ③ 運搬能力と消費電力

消費電力は、設備計画を行ううえで必要な電力量を把握するため実施した。図-6に消費電力 (駆動部モータの消費電力) と運搬量の関係を示す。

図より明らかなように、消費電力と運搬量は反比例の関係にある。これは搬送管が運搬材料を羽根で切返しながら運搬するため、搬送角度が鉛直に近づくほど回転に必要なトルクは小さくなり、運搬量は傾斜角度が大きいほど多くなる。したがって、本運搬工法を計画する場合は、搬送管の角度を大きくした方が効率的な運搬となる。

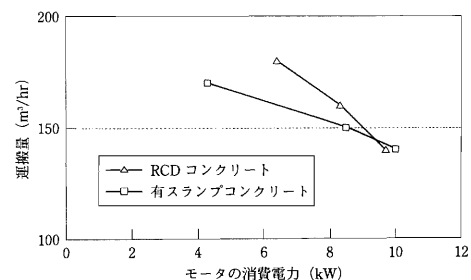


図-6 消費電力 (有スランプコンクリート)

## (3) 減勢工コンクリート運搬設備への適用

ダム本体コンクリートの運搬用として検討を行った結果、運搬工法として優れた性能を有することは確認できたが、万一のことを考慮するとダム施工の成否を左右する主要設備にいきなり実績のない新工法を採用することは避けるべきであるとの結論に達したため、減勢工打設用としてSP-TOMを採用したものである。

減勢工用SP-TOMの仕様を表-2、設置状況を写真-2に示す。

減勢工用SP-TOMは、上部投入ホッパー、切出しフィーダ、 $\phi 500$  mmのSP-TOM搬送管、下部受けホッパー

表-2 減勢工 SP-TOM 仕様

搬送管径	外径：φ558.8 mm, 内径：φ508 mm
搬送管材質	外管：SPHC JIS G 3131 $t=3.2$ mm 内管：耐摩耗ゴム $t=12$ mm
延長	211 m
設置角度	上部 30度, 下部 40度
搬送管回転数	25 回転/分～35 回転/分 (可変)
出力	118.8 kW



写真-2 減勢工 SP-TOM 全景

及び搬送管を回転させる駆動装置と支持架台から構成される。下部受けホップから打設場所まではダンプトラックにより運搬するものである。

滝沢ダム減勢工における SP-TOM の搬送量は、平成 13 年 5 月に開始してから平成 14 年 12 月までに約 20,000 m<sup>3</sup> を搬送している。

#### 4. おわりに

滝沢ダムでは、大量製造、低コスト、均質な練混ぜ

を目標にして CSG プラントを開発した。CSG の施工は所期の工程どおり完了できたことから、CSG プラントシステムとしては問題なく、CSG の品質についても開水路として十分な機能を果たしていることから、十分満足できる結果を得たと考えられる。しかしながら、掘削ずりによる目詰まりが発生し、河床砂礫を併用することで若干改善できたものの目詰まりは発生しており、どのような材料を使用しても目詰まりを起こさない構造の開発が今後の目標である。

また SP-TOM は、実証試験だけでの本体コンクリート打設用への採用は信頼性の問題から採用はできなかった。しかしダムコンクリートの運搬工法としては数々の利点を有していることから、将来ダム本体の打設に採用可能なように、減勢工打設を通してデータを蓄積し信頼性のある工法としていきたい。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 加藤剛四郎, 廣瀬成道, 橋本 巧: コンクリート等輸送装置に関する基礎実験, ダム工学会第 11 回研究発表会講演集, 平成 12 年 11 月 20 日
- 2) 大藪勝美, 松枝修治, 徳田憲治, 加藤剛四郎, 水谷 淳: 新しいコンクリート運搬工法 SP-TOM を滝沢ダムへ適用するための検討, ダム技術, No. 178, 2001. 7.
- 3) 大藪勝美, 徳田憲治, 花田弘幸, 中村信一郎: 滝沢ダムにおける CSG プラントの稼働実績, ダム技術, No. 187, 2002. 4.

#### 【筆者紹介】

今村 利博 (いまむら としひろ)  
水資源開発公団  
荒川ダム総合事業所機械課  
機械第 2 係



## 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  
頁 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





# 大規模ダム建設工事におけるコンクリート運搬設備の概要

—国内で初めて採用したレール走行式循環バケットの紹介—

黒川文貴

RCD工法等の合理化施工法による大規模ダムの建設においては、コンクリート製造、運搬、打設までの一連の効率化が強く望まれている。滝沢ダムでは、コンクリート製造設備で練混ぜられたコンクリートをレール走行式循環バケットで運搬し、13.5t吊り両端固定式ケーブルクレーン3基にコンクリートを供給してコンクリート打設を行っている。このように、ケーブルクレーン3基にコンクリートを供給するための設備としてレール走行式循環バケット（循環バケット）を採用したのは国内で初めてであり、その採用にあたっての検討事項、技術的事項および制御方法等について報告するものである。

キーワード：ダム、コンクリート運搬設備、バケット、レール走行式循環バケット、効率化、自動制御

## 1. はじめに

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140m、堤頂長424m、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（拡張レヤー工法）工法を採用しており、平成14年2月中旬で約76万 $m^3$ のコンクリート打設を終え、ダム完成に向けて、鋭意進捗を図っているところである。図-1に滝沢ダムの標準断面図を示す。

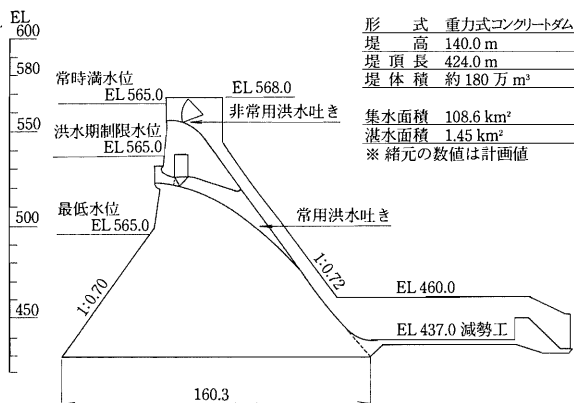


図-1 標準断面図

## 2. コンクリート製造・運搬・打設設備の概要

RCD工法におけるコンクリート製造・運搬・打設

設備は、各ダムの特性に応じて多種多様な組合せが用いられている。滝沢ダムでは、コンクリート製造・運搬・打設設備をダムサイト左岸天端に配置し、13.5t吊り両端固定式ケーブルクレーン3基によりコンクリート打設を行うもので、これに効率良くコンクリートを供給する設備としてレール走行式循環バケットを採用した。図-2に施工機械設備の位置図を示す。

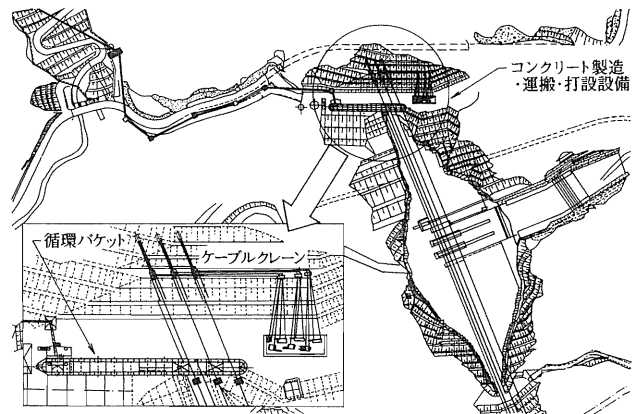


図-2 位置図

## 3. 配置計画の特徴

滝沢ダムのコンクリート製造設備は、強制2軸式コンクリートミキサを2台配置しており、その容量は1台当り4.5 $m^3$ で、コンクリート製造能力270 $m^3/h$ を有している。また、コンクリート打設設備には、13.5t吊り両端固定式ケーブルクレーン（バケット容量

4.5 m<sup>3</sup>) 3基を各々10 m 間隔でダム軸に並列して配置しており、堤体上に設置するグラントホッパへコンクリートを運搬している。このような組合せは過去に例のない配置計画であり、複数のケーブルクレーンにコンクリートを効率良く供給できるコンクリート運搬設備が必要になった。図-3にコンクリート製造・運搬・打設設備の概要を示す。

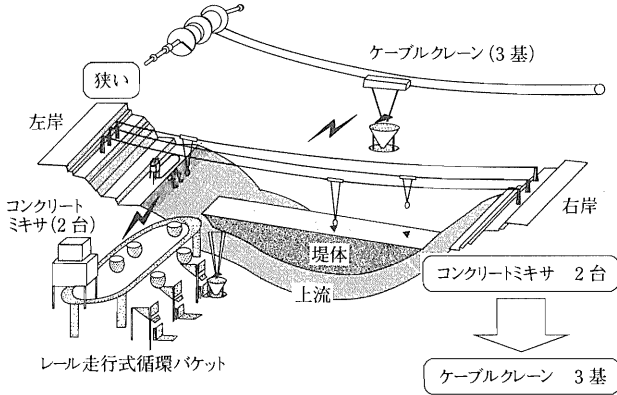


図-3 コンクリート製造・運搬・打設設備

また、コンクリート製造・運搬・打設設備の配置計画は、ダムサイト近傍の地形の影響を受けやすい特徴を有している。設備の配置が計画される滝沢ダムの左岸天端は、急峻な地形が連なり、大規模な敷地造成により面積を広く確保することは不経済であった。このため、従来のトランスファーカのように、走行レールに広い敷地面積を必要とする設備を配置することは不可能となった。

#### 4. レール走行式循環バケットの採用

滝沢ダムの特有の地形的条件や、設備配置計画を整理し、コンクリート運搬設備の検討を行った結果、下記に示す理由によりレール走行式循環バケット(写真-1)を選定した。

##### (1) 運搬能力

循環式を採用することにより、2台のコンクリートミキサから3基のケーブルクレーンに対し、効率的なコンクリート供給が可能であり、コンクリート製造設備の能力270 m<sup>3</sup>/hを発揮させることできる。

##### (2) 敷地面積

循環バケットがレールに懸垂して走行するため曲線部の回転半径を小さく取れ、設備の敷地面積を縮小でき、狭い左岸天端内に設置可能である。

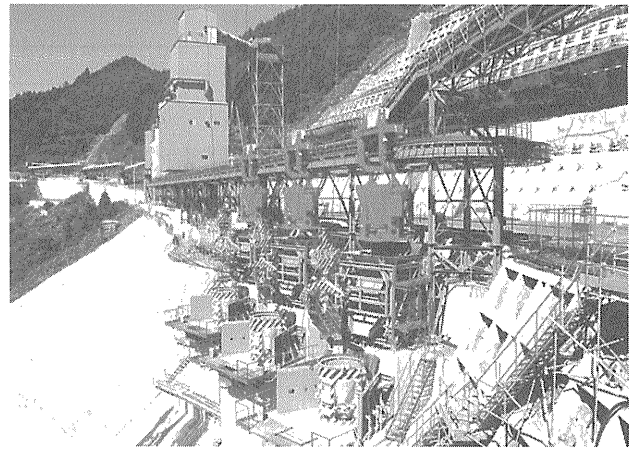


写真-1 レール走行式循環バケット

##### (3) 自動化

省力化を目的とし、コンクリートを効率良く運搬するために、設備の自動化が容易であり、3基のケーブルクレーンの運行に対して柔軟な対応が可能である。

以上(1)~(3)の特徴を持ち、滝沢ダムに適した設備としてレール走行式循環バケットを採用し、3系列のケーブルクレーンへのコンクリート供給を実現した。

#### 5. 構造と制御

レール走行式循環バケットは、「循環バケット」、「走行レール架台」、「操作制御設備」の3つの装置から構成される。循環バケットは走行レール架台を懸垂走行しながら、待機場所からコンクリート製造設備を通り、サービスホッパを介して、再び待機場所へ戻る循環式システムである。図-4にレール走行式循環バケット概要図、表-1に主要仕様一覧表を示す。また、循環バケットとケーブルクレーンのバケットの間には、サービスホッパを設けている。これはケーブルクレーンとの干渉・受渡しをなくすためであり、循環バケットとケーブルクレーンが独立して運行することが可能である。

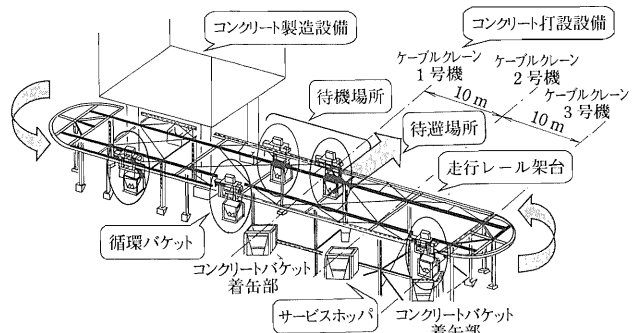


図-4 レール走行式循環バケット概要図

表-1 主要仕様一覧表

項目	仕様
数量	5台
形式	懸垂走行型
駆動方式	歯車減速機付き電動機
有効容量	4.5 m <sup>3</sup> (1バケット有効容量)
サイクルタイム	1サイクル300秒
走行速度	直線 75 m/min, 曲線 30 m/min
コンクリート放出ゲート	両側底開方式 (電動シリンダ開閉)
制御方式	インバータ制御方式
電源	AC 400 V, 50 Hz, 3相3線式
給電・信号伝送	絶縁トロリ式
待避装置	走行レール一体待避型

(1) 循環バケット

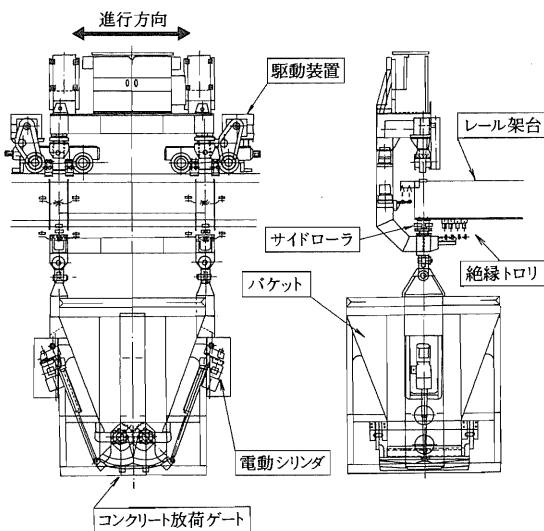


図-5 循環バケット

循環バケットは、図-5に示すとおり走行レール架上を前進、停止、後進するための「駆動装置」と、コンクリートを受取り、放出するための「バケット」で構成される。

駆動装置は、バケットがレールに懸垂して走行するため、曲線走行時の安定性が技術的な課題となった。これを解決するために模型実験によりバケットの挙動およびレール間抵抗等を確認し、安定して走行できる速度を決定した。駆動装置は前進、後進を行うため1バケットに対し前後2台設置しており、急発進・急停止時のコンクリートへの影響および設備の安全性を考慮して、循環バケットの走行速度を可変速とするため、インバータ制御を採用した。また、バケットにはコンクリートを放出させるための両開式ゲートを設け、その開閉装置には、設備の省スペース化を図るため、電動シリンダ式を採用した。

(2) 走行レール架台

走行レール架台本体は、楕円形に配置され、その走

行路延長は約 220 m、幅約 8 m、長さ約 100 m、高さ約 5 m である。走行レールには循環バケットを走行レール本線から山側へ待避させる待避装置を設置しており、図-6に示すとおり駆動装置もしくはバケットに故障が発生した場合、走行レール架台の一部を移動させ、循環バケットが懸垂したまま待避できる構造とした。

また、走行レール架台柱脚部において、図-7に示すとおりレール等の変形による左右岸方向、上下流方向および鉛直方向の変異に対し、柔軟に対応できる構

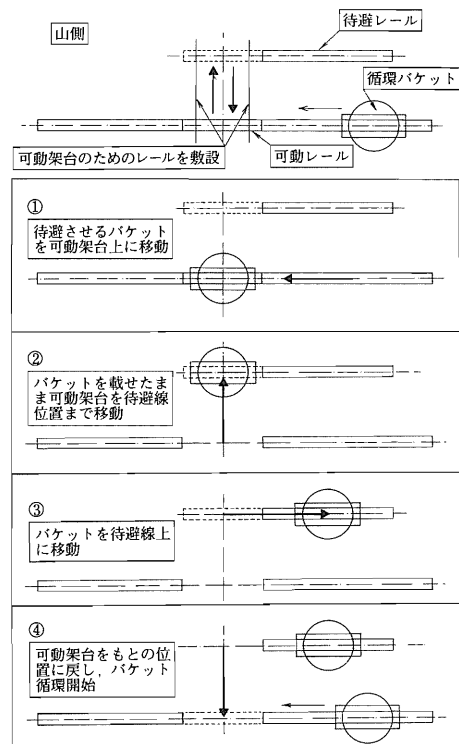


図-6 待避方法

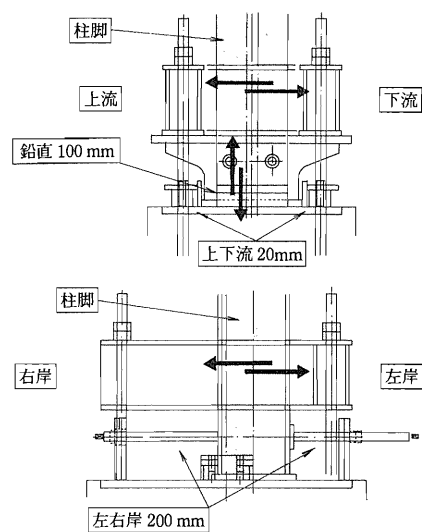


図-7 柱脚部詳細図

造とした。

### (3) 操作制御設備

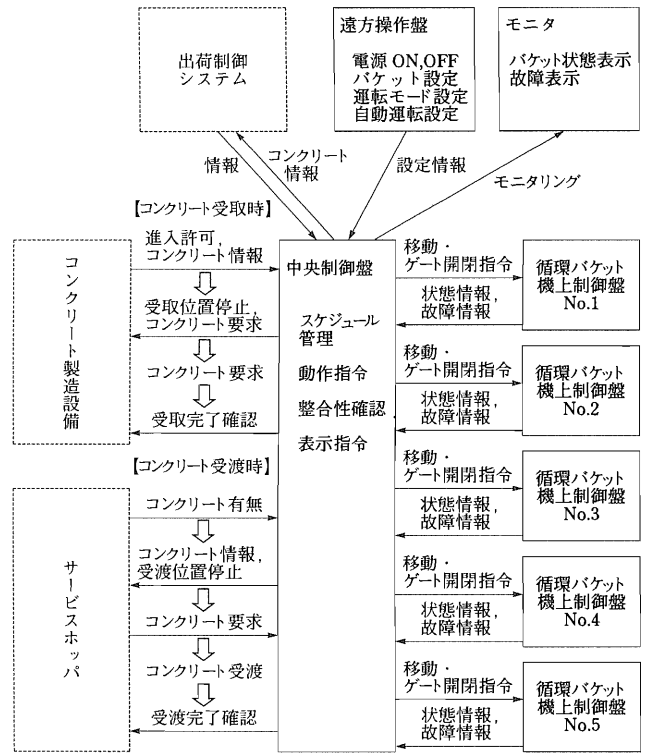
コンクリート運搬システムは、図—8 に示すとおり、出荷制御システムにより、コンクリートミキサ、循環バケット、サービスホップ、ケーブルクレーン、グラウンドホップの運行状況を総合的に把握し、コンクリート製造、運搬、打設までの工程を自動化により行っている。循環バケットは、この出荷制御システムの情報をもとに、最も効率的にコンクリート打設が行えるサービスホップへコンクリートを運搬する。

#### (a) 構成

操作制御設備は、図—9 に示すとおり循環バケットの運行におけるスケジュール管理、動作指令、コンクリート受取り・受渡し時におけるコンクリート製造設備、サービスホップとの整合性の確認、各種状態表示指令などを行う「中央制御盤」、中央制御盤の動作指令により、循環バケットの前進、後進、停止、コンクリート放出ゲートの開閉およびバケット運行状態の情報提供などを行う駆動装置上の「機上制御盤」、電源のON、OFF、運転モード切換え、行先指定等、各種の設定を行う「遠方操作盤」で構成され、中央制御盤にて各装置の信号を統括管理するシステムとなっている。

#### (b) 自動化

循環バケットは運搬能力  $270 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $4.5 \text{ m}^3 \times 60 \text{ 回}/\text{h}$ ) を満足するために、1分間隔でコンクリートを運搬する。ケーブルクレーンのサイクルタイムを180s



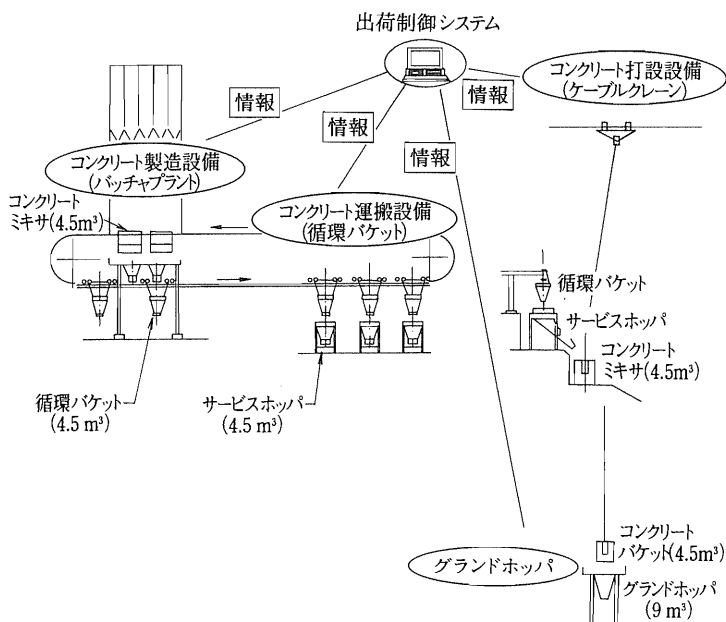
図—9 操作制御構成図

( $4.5 \text{ m}^3 \times 3 \text{ 基} \times 20 \text{ 回}/\text{h}$ ) とした場合、循環バケットが待機場所からコンクリート製造設備を通り、サービスホップを介して再び待機場所へ戻るまでのサイクルタイムをシミュレートすると、図—10 のようになる。このため、1台あたりのサイクルタイムを300秒とし、計5台の循環バケットを設けている。このように循環バケットは、連続的にコンクリートを運搬するため、5台のバケットを同時に制御し、かつ、コンクリート配合の切換えによる瞬時的な運搬状況の変化に対応するため、コンクリートの受取りから受渡しまでの全ての工程を自動運転により行うものとし、効率化を図った。

#### (c) 運転方法

設備の運転方法には単独手動運転、遠方手動運転、自動運転を設けている。単独手動および遠方手動運転は機側または遠方で、循環バケットの前進、停止、後進、コンクリート放出ゲート開閉を手動で行うもので、主に初期調整時や循環バケット待避時、異常復旧時の操作を主目的としている。

自動運転は、出荷制御システムの情報により、スケジュールした作業内容に従って、効率的にコンクリートを供給する方法である。この運転はケーブルクレーンの運行状況にあわせ、最も効率的にコンクリート打設が行えるサービスホ



図—8 コンクリート運搬システム

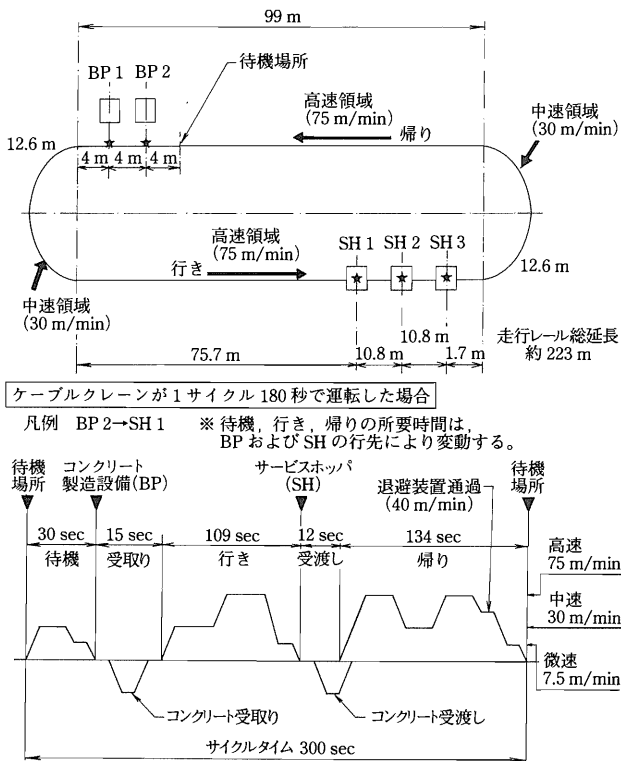


図-10 循環バケットサイクルタイム

パへ、コンクリートを運搬するものであり、連続的なコンクリートの供給が可能である。また、出荷制御システムによるコンクリート運搬システムの運用が行えない場合に、空であるサービスホッパを独自に識別し、自動でコンクリートを供給する先詰め制御機能を有している。図-11に自動運転時の自動運転ブロック図を示す。

また、自動運転には、図-12に示すとおり非常循

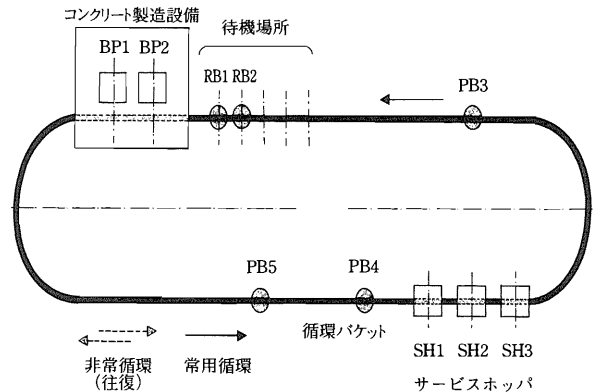


図-12 自動運転概要図

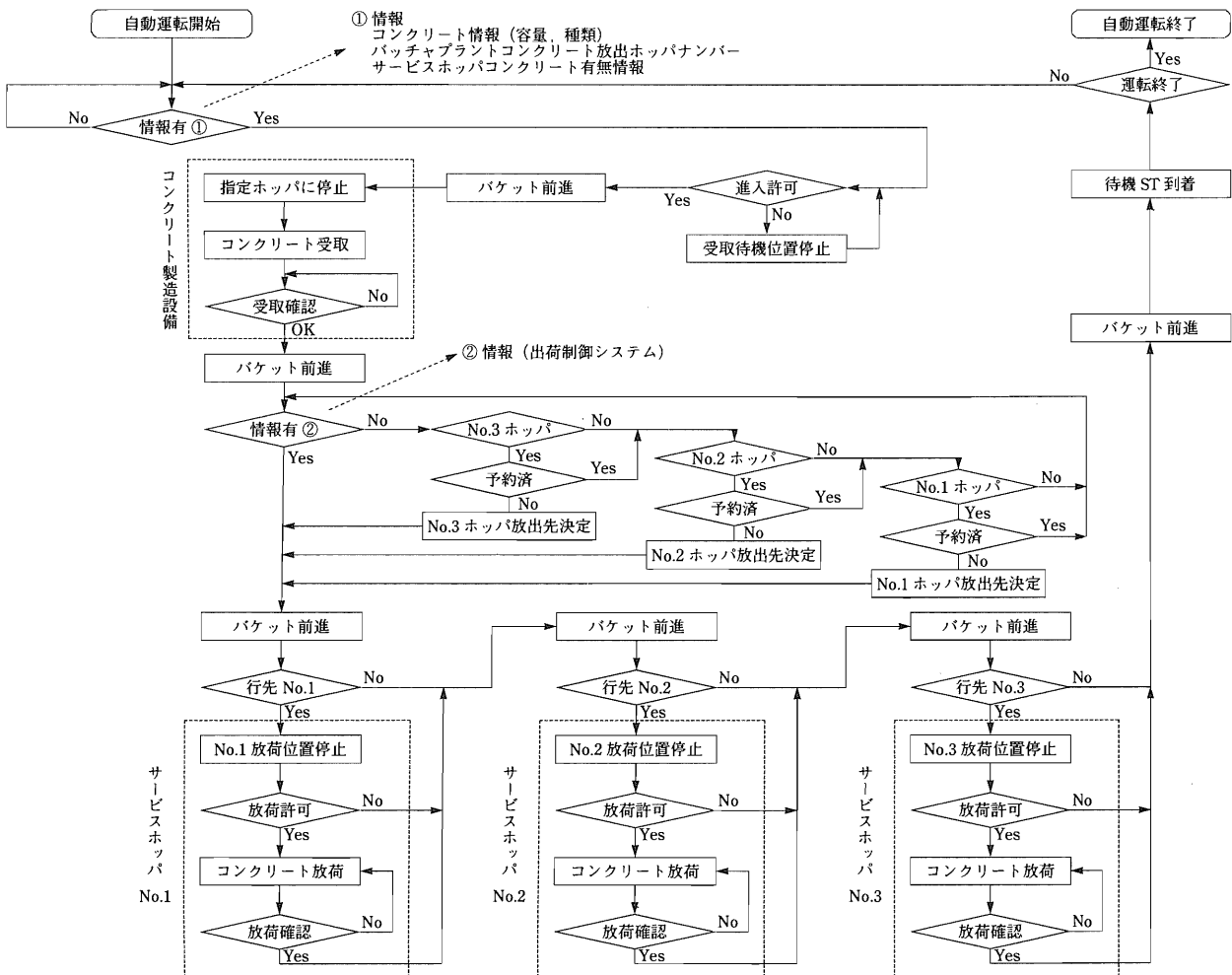


図-11 自動運転ブロック図

環モードを設けており、万が一、循環運行が不可能な事態が生じた場合、コンクリート製造設備、サービスホッパ間において、循環バケット2台により往復運行することが可能であり、故障時における打設中断の抑制に努めている。

## 5. 課題

コンクリート運搬設備として、国内で初めてレール走行式循環バケットを採用し、1年半を経過する。ダム完成までに循環バケット1台当たり約80,000回（運搬回数）、走行距離にして約18,000km稼働する予定であるが、現在までに、約34,000回（走行距離約7,600km）程度運転しており、大きな故障もなく、ほぼ順調に稼働しており初期の目的を達成している。今後はダム完成に向けて設備を維持していく必要があり、設備の耐久性および通信機器、操作制御設備の信頼性についての確認を行う予定である。

## 6. おわりに

ケーブルクレーン等の複数台の設備へ供給するコンクリート運搬設備として、この方式は効率的であり、また、設備の敷地面積を広く確保できないダムに適している。

今後は、滝沢ダムのように、現場条件が厳しく、特に広く設備の敷地面積をとれないダムには有効な方式と考えられ、検討の余地があると思われる。

JCMA

### 【筆者紹介】

黒川 文貴（くろかわ ふみたか）  
水資源開発公団  
荒川ダム総合事業所  
機械課  
機械第一係



# 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

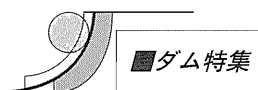
■定 価：会 員 5,880円（本体5,600円） 送料 600円

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



■ダム特集

## 滝沢ダムにおける打設設備の自動化

### —コンクリート打設自動運転システムの概要—

太田裕士

本コンクリート打設自動運転システムはコンクリートダム建設において打設に係わる各種のコンクリート運搬設備を連携して自動制御するシステムである。

埼玉県滝沢ダムでは、2台のミキサを持つコンクリート製造設備からコンクリートを5台のレール走行式循環バケットと3系統の自動運転ケーブルクレーンにより堤体ホッパまで運搬、その後3台のダンプトラックで打設箇所まで運搬している。

このように、他に例を見ない複雑に関連する打設設備間において、XML\*1等のインターネット技術の利用により人間の思考を模倣する形で最適な運搬経路を瞬時に決定、各設備の最大能力を発揮させることに成功した。以下にその概要を報告する。

キーワード：情報化施工、最適化制御、ケーブルクレーン自動運転、XML、PDA\*2、コンクリートダム、ダム工事

#### 1. はじめに

コンクリートダムの建設工事において打設用仮設備に求められるものは、コンクリート製造設備で製造したコンクリートを早く、確実に打設場所へ運搬することである。このため、従来よりトランスファーカやケーブルクレーンなど各種のコンクリート運搬設備が単独で自動化され実績を上げてきている。

滝沢ダム本体建設工事においても、後述するケーブルクレーンの自動運転システムなどを使用して輸送設備の能力を限界まで引出すべく努力しているが、ある程度の稼働状態に達すると、個々の自動化では連続的に限界能力を発揮できなくなる。これは建設現場という非常に外乱が大きく、また設備の能力、特性も一様でない環境でのひとつの限界点でもある。

一方、滝沢ダム建設工事においてはレール走行式循環バケット（以下、循環バケット）という国内初の設備がコンクリート運搬設備として設置され、この設備

に限界能力を発揮させることが強く求められていた。

これらの状況下において、コンクリートを最大効率で運搬するためには、コンクリート製造設備から打設現場に至るコンクリート運搬設備のすべてを把握した総合的な自動化が必須であると考え、「コンクリート打設自動運転システム」を開発、実用化したものである。

2002年12月現在、本体コンクリートの打設は、約730,000 m<sup>3</sup>（約45%）を超え、ほぼ全量を本システムで運搬、良好な結果を得ており、ここにその概要を報告する。

#### 2. 開発の目的

滝沢ダムの諸元を表一に示す。

表一 滝沢ダム本体建設工事工事諸元

工事名	滝沢ダム本体建設二期工事	
発注者	水資源開発公団荒川ダム総合事業所	
所在地	埼玉県秩父郡大滝村大字大滝字廿六木	
ダム諸元	形式	重力式コンクリートダム
	堤高	140 m
	堤頂長	424 m
	堤体積	180 万 m <sup>3</sup>
施工	鹿島・熊谷・銭高特定建設工事共同企業体	

\*1 XML (Extensible Markup Language)：拡張マークアップ言語。構造化されたデータ記述形式を提供する標準化されたテキストフォーマット。正確な表現と複数のシステム環境間でのデータ交換を実現する。インターネットのWEB記述で使用されるHTMLの上位互換性を有する。

\*2 PDA (Personal Digital Assistants/Personal Data Assistants)：携帯情報端末。スケジュール帳やアドレス帳など、従来は手帳で管理していた個人情報を効率的に管理できるようにした小型の情報端末。電子メールの送受信、メール管理機能、Webアクセス機能なども含まれる。

本ダムのコンクリート打設能力を検討する際、最大の問題となるのは非常に複雑なコンクリート運搬設備

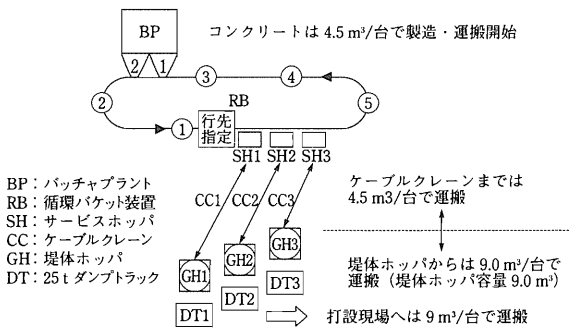


図-1 コンクリート運搬設備

を使用していることである。

本ダムのコンクリート運搬設備を図-1 に示し、その特徴を以下で説明する。

① 運搬経路が複雑 (2 台→5 台→3 台)

- コンクリート製造設備は 2 台のミキサから交互にコンクリートを出荷する (4.5 m³/台)。
- 2 台のミキサから 5 台の循環バケットへコンクリートが積込まれる (4.5 m³/台)。
- 5 台の循環バケットから 3 台のサービスホッパへ積込まれる (4.5 m³/台)。
- 3 台のサービスホッパから 3 台のケーブルクレーンへ積込まれる (4.5 m³/台)。
- 3 台のケーブルクレーンから 3 台の堤体ホッパへ 2 バッチずつ積載する (9.0 m³/台)。
- 3 台の堤体ホッパから 3 台の 25 t ダンプトラックへ積載する (9.0 m³/台)。

② 1 台あたり輸送量が途中で変化する (4.5 m³/台→9.0 m³/台)。

- 4.5 m³/台ではダンプトラックでの運搬能力が低下する。
- 9.0 m³/台では堤体ホッパ部でのコンクリート混載の恐れがある。
- 2 台ずつを同系統で運搬すると、混載の恐れはなくなるが輸送能力が大幅に低下する。

③ ケーブルクレーンの能力・特性が揃っていない。

- モータ構成、製造メーカーや機械配置も異なるため、実輸送能力や特性に差がある。

④ 打設場所、標高により輸送能力が毎日変化する。

- 堤体ホッパが毎日堤体内を移動し、各ケーブルクレーンのサイクルタイムが日々変化する
- 打設標高が上がるに従い、ケーブルクレーンのサイクルタイムが短縮される。

⑤ 運搬中バッチ数が多く、内容が把握できない。

- 循環バケットから打設現場の間において、最大 22 バッチが運搬状態となり、コンクリート種類の把握が困難である。

• このため現場の打設担当者が運搬状況の把握が困難となり、コンクリート出荷速度が低下しやすい。

①～⑤の非常に変動要素の多い特徴を持つ本ダムのコンクリート運搬設備において、各設備が独立で自動化されている。これにより設備全体の運転時には、設備間の連携性不足と、能力変動に対する柔軟性不足による設備能力低下の発生が予測された。

このため、コンクリート運搬設備全体の連携した動作と能力変動への柔軟な追従性を実現し、コンクリート製造から打設まで全体での能力向上を実現するために本システムを開発した。

### 3. システムの概要と効果

コンクリート打設自動運転システムの全体構成を図-2 に示す。本システムは滝沢ダムのコンクリート製造から打設現場までの運搬設備全体を監視し、コンクリートを最大効率で運搬することを目的としている。

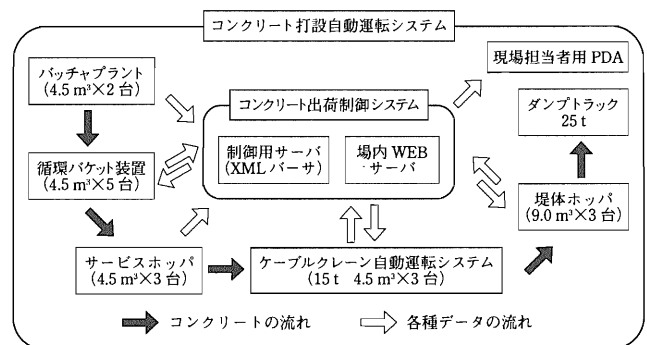


図-2 コンクリート打設自動制御システム全体構成

システムは、次の 2 つの主要部分に分かれている。

① コンクリート出荷制御システム

本システムの中心となる部分であり、各運搬設備の監視、制御を行っている。

② ケーブルクレーン自動運転システム

本ダムで使用している 3 台のケーブルクレーン全てに設置している自動運転システムである。本システムの設置により、運搬設備全体の自動化が実現する。

次にそれぞれのシステムについて概要・効果を説明する。

(1) コンクリート出荷制御システム

コンクリート出荷制御システムは、コンクリート製造設備からケーブルクレーンを経てダンプトラックに積載されるまでのコンクリート運搬設備全体を常時監視し、コンクリート 1 バッチ毎に最適輸送ルート の決定と循環バケット装置への行先指令を発するシステム



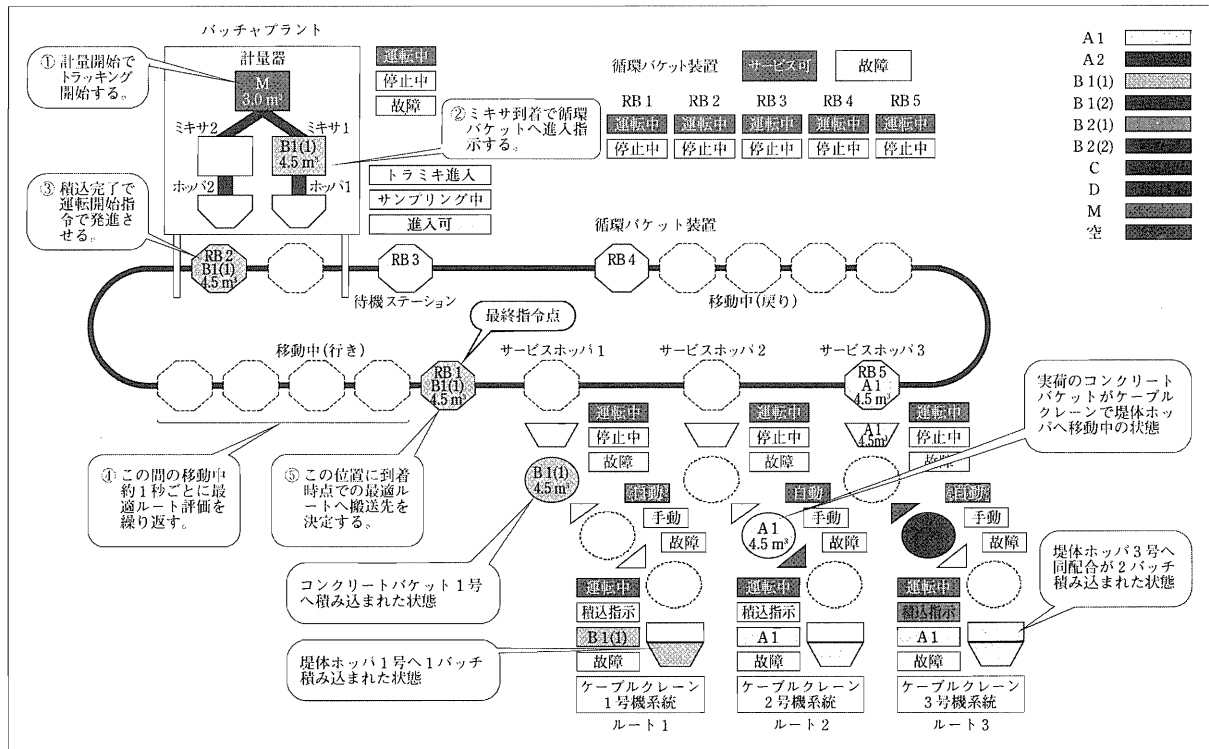


図-3 コンクリート出荷制御システム

である。

またコンクリートの輸送状況はシステムが常時把握し、コンクリート製造設備のオペレータに表示することで、コンクリート製造支援も行っている。

(a) 出荷制御システムの基本動作

まず、出荷制御システムの基本的な動作について、**図-3**のコンクリートの流れに従って説明する。

- ① コンクリート製造設備において骨材、セメントなどのコンクリート材料が計量される。この時からシステムはコンクリートの追跡（トラッキング）を開始する。
- ② 2台あるミキサの片方にコンクリート材料が投入されると、システムは循環バケット装置に進入を指示する（先読みによる時間短縮）。
- ③ コンクリートの循環バケットへの積み込み完了により発進させる。
- ④ 循環バケットがサービスホッパ1~3へ走行する間、システムは約1秒ごとに3系統ある輸送系統の稼働状態（故障有無、各部コンクリート積載状態、ケーブルクレーン自動運転の動作状態など）を比較、最適ルートの決定を常に行う。
- ⑤ サービスホッパ1号機の手前にある最終指令点において最適ルートを確定させ、コンクリートを最適なルートのサービスホッパに投入させる。
- ⑥ コンクリートはケーブルクレーン自動運転システムに引渡され、引続き運搬状態を監視する。ま

た、循環バケットは待機ステーションに復帰する。この一連の動作を1バッチ/分（270 m<sup>3</sup>/h）で繰返すことが出荷制御システムの基本動作である。

(b) XMLを用いた最適ルート判定

出荷制御システムにおける最も重要な点は最適ルートの決定である。

最適ルートの判定には多くの条件について、各ルートの最新状態を比較して判定することが必要である。

① 絶対条件群

- ・ルートが正常に動作している（故障がない）。
  - ・ルートが自動運転である（手動運転でない）。
- など。

② 比較条件群

- ・他のルートよりも高速に運搬できる。
  - ・ルートを先行するコンクリートの種類が同じである。
  - ・後続のコンクリートを渋滞させない。
- など。

たとえば、**図-3**で最終指令点に達しているコンクリート（B-1 配合）が選択すべきルートを検討してみる（単純化のため、ごく簡単な条件のみ説明する）。

- ① まず3本のルートの絶対条件である故障有無と自動運転状態を確認、いずれも正常かつ自動運転であることが判定される。
- ② 次に各ルートの状態を順次比較する。
  - ・ルート1はサービスホッパ1が「空」であり、コンクリートを受入れられる。

- ・ルート2もサービスホッパ2が「空」であり、コンクリートを受入れられる。
- ・ルート3はサービスホッパ3が「満」であり、コンクリートを受入れられない。  
このため、この時点でのルート3は他のルートに比べて不適當である。

③ 次にルート1, 2のコンクリート状況を比較する。

- ・ルート1はB1配合をコンクリートバケットに積込んだところであり、堤体ホッパには先行して同配合のコンクリートが存在する（つまり混載の問題はない）。
- ・ルート2はA1配合をケーブルクレーンで輸送中であり、堤体ホッパには先行して同配合のコンクリートが存在する（つまり混載の問題はない）。

この判定ではルート1, 2に評価の差はない。

④ 次にルート1, 2のケーブルクレーンの状況を比較する。

- ・ルート1はまだ出発していない状態である。
- ・ルート2は既に出発している。

このため「ルート2のほうが、より早くコンクリートを堤体ホッパまで運搬できる」と判定できる。

この例では、約4段階の状態の比較判定によりルート2で運搬するのが最適であると判定された。

実際の最適ルート判定においては、非常に多数の条件を瞬時に判定することが要求され、判定ミスは輸送能力の低下や混載による廃棄コンクリートの発生に直結する。

このため人間による最適ルート判断は非常に困難である。

一方、判定例で示したように、

「最適ルート判断の内容は非常に人間の思考に近い判定の積重ねである」。

つまり、

「人間の思考に近い判定をシステム内部に実現し、容易に変更、改善可能とする」

ために、また

「システム内部データをそのまま場内Webに展開する」

ことを目的として、本システムではXMLを用いたルールベース方式を採用した。

また、個々のルールごとに各輸送ルートの状況による点数判定を行うことで人間の思考に近い形での最適ルート判断を実現している。

XMLの説明は非常に広範囲に及ぶため他に譲るが、ここではルールの一例を図-4に示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="shift_JIS" ?>
<!DOCTYPE RULE(View Source for full doctype...)>
<!--LEVEL 1 MAIN-->
<RULE>
  <!-- 搬送経路によるルール -->
  < IF COND="autROUTE1!=ROUTE_NG" >
    <VAL1>1</VAL1>
  </IF>
  < IF COND="autROUTE2!=ROUTE_NG" >
    <VAL2>2</VAL2>
  </IF>
  < IF COND="autROUTE3!=ROUTE_NG" >
    <VAL3>3</VAL3>
  </IF>
</RULE>
```

図-4 XMLによるルールベースのサンプル

ここに示した例は、実際のシステムにおける各ルートごとの故障有無判定部分である。現在の輸送設備に故障がない場合、ルート1, 2, 3にそれぞれ1点, 2点, 3点の点数を与えている。

実際には、多数のルール（ルールベース）において判定を実施、各ルートごとに点数を累計し、最終的に最も点数の高いルートを最適ルートとして選択している。

判定に用いるルールは、先に示した4段階の判定例など、人間の思考をそのままXMLで表現した物である。

これらはオペレータの経験などをそのまま蓄積することができ、本システムに限らず汎用的に利用可能な自動化手法である。

このように、出荷制御システムは周辺各設備から稼働状態などのデータを入力し、オペレータの思考をXML+ルールベースでシステム上に再現し、最適ルート判断を実現しているシステムである。

(c) PDAによる現場担当者支援

最初に示したが、本現場の輸送設備は非常に複雑で、



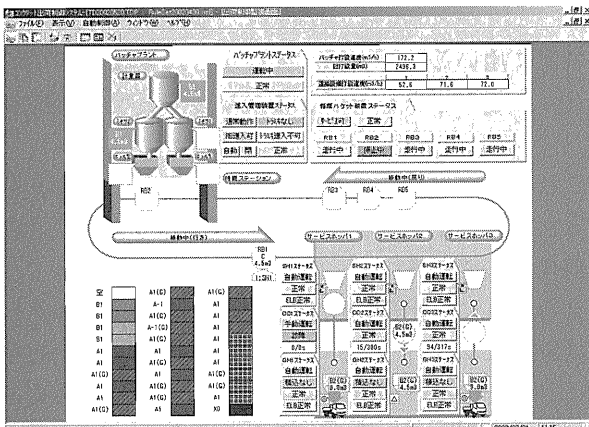
写真-1 PDA表示状態

運搬途中に最大で 22 バッチのコンクリートが存在する。この運搬状況（コンクリート種類や量）は出荷制御システムでは把握しているが、打設現場の工事担当者は知る方法がなく、コンクリートの注文を行うのに障害となっていた。

このため、出荷制御システムのデータを PDA 画面用に Web 化し、現場内に無線イントラネット環境を構築、現場担当者支援を行っている（写真—1、図—5、図—6）。

◆コンクリート出荷状況		BP1	BP2
No			
計量器		B2(G)	空
ホッパ		空	B2(G)
RB1	RB2	RB3	RB4
空	空	空	空
空	待機	既入	既入
空			行き
No	1	2	3
SH	空	空	空
CC	C	01	
GH(1)	空	01	空
GH(2)	空	空	空
総打設量 (m3)		打設速度 (m3/h)	
2469.3		183.7	

図—5 PDA 画面表示 (例)



図—6 出荷制御システム画面表示 (例)

## (2) ケーブルクレーン自動運転システム

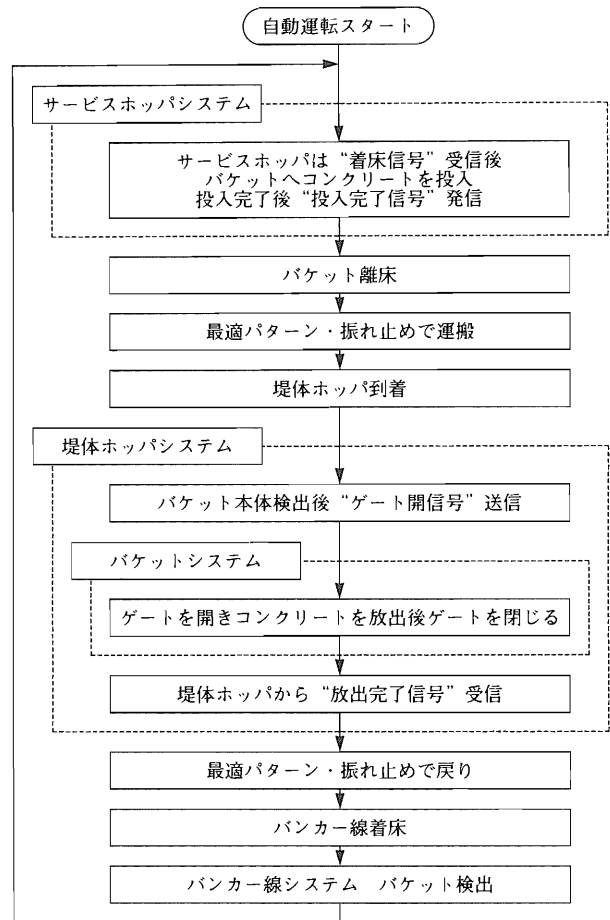
出荷制御システムが、現場全体からみた能力向上を目的とするのに対し、ケーブルクレーン自動運転システムではケーブルクレーン単体の自動化を行っている。これは以下の理由によるものである。

- ① 手動運転ではクレーンのサイクルタイムが安定せず、出荷制御システムで他の設備を最適化しても効果が半減する。また、長時間の連続運転も不可能である。
- ② 能力や特性の異なる 3 台のケーブルクレーンだが、自動運転システムによりクレーン運行ルート最適化することで、サイクルタイムを概ね揃え

ることができる。

- ③ 本現場では 3 台のケーブルクレーンを使用しているが、自動運転であれば 3 台のクレーンを 1 人のオペレータが監視するだけでよい。このため、運転時のオペレータ人数の削減効果が非常に大きい。

ケーブルクレーン自動運転システムの基本的な動作フローを図—7 に示す。また、設備の全体構成を図—8 に示す。



図—7 自動運転フロー

滝沢ダムにおけるケーブルクレーン自動運転システムの基本動作は、「サービスホッパから堤体ホッパまでの間、バケットへ投入されたコンクリートをケーブルクレーンの最適ルートで振れ止め制御しながら、安全かつ高速に自動運転・運搬する」ことである。

ケーブルクレーン自動運転システムは 1 箇所監視画面および操作ボタン類を 1 箇所にとり、3 台稼働中も 1 人のオペレータで監視可能としている。

また、出荷制御システムと連携することでコンクリート製造以降、オペレータは一切の操作をすることなくコンクリートを打設現場のダンプトラックまで運搬することを実現している（写真—2、写真—3）。

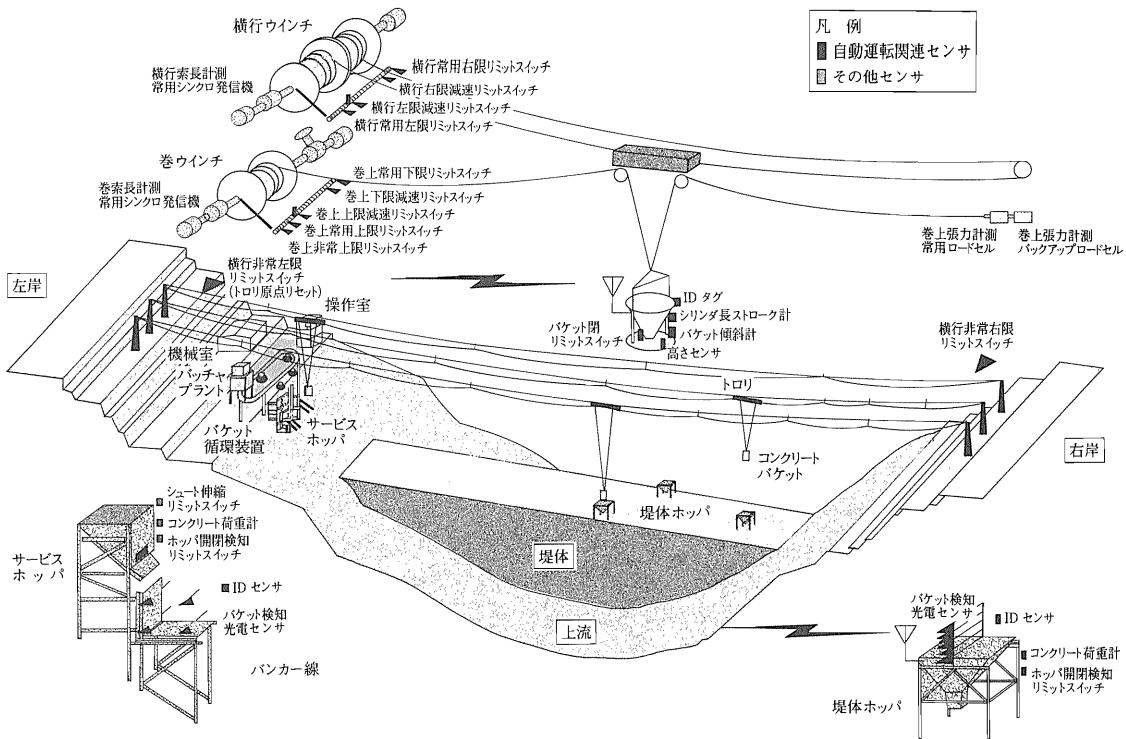


図-8 ケーブルクレーン自動運転システムの全体構成



写真-2 オペレータ1名での監視状況

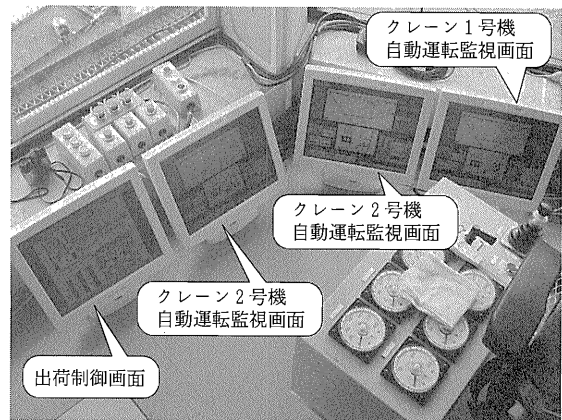


写真-3 オペレータ用監視画面群

#### 4. ま と め

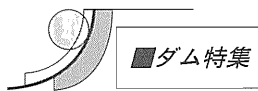
個々の設備が能力向上を目指して単独に自動化されるなかで、担当オペレータは僅か数秒で設備の正確な操作を求められ、ストレスの発生や能力向上の阻害要因にすらなりうる状況である。

本現場では個々に自動化されたコンクリート運搬用仮設備群を、「コンクリート打設自動制御システム」として一体化することで、各設備の能力を限界まで引出すことに成功している。

現在、建設業においては生産性の向上が強く求められている状況である。そのなかで、先行する他産業では常態化している「製造プラント全体の統合的な効率化」を積極的に導入する時期であると考えられる。[JCMIA]



【筆者紹介】  
太田 裕士 (おおた ひろし)  
鹿島建設株式会社  
滝沢ダム本体建設工事事務所  
第3工事課  
課長



# 加速度計とGPSを利用した 締固めの管理方法の高度化

古屋 弘・藤原宗一・三好哲也

一般に盛土の品質管理は材料別に試験盛立てを行い、この結果に基づいて工法規定で管理することが多く、施工方法、施工手順を定め、それを確実に遵守することが施工管理項目となる。近年ではこの手法に、GPSを用いて転圧機械の位置や軌跡を計測し、転圧エリアと転圧回数を管理するシステムが導入されることも多くなってきている。

筆者らはこのような施工管理手法を発展させ、品質規定にも適用可能な新たな加速度センサとGPSを組合わせた新しい締固め管理手法を開発し、フィルダムの現場等に適用した。この新しい管理システムにおいて加速度データを解析した結果、これらのデータは締固め評価の指標となり得ることが確認できた。

キーワード：ダム、盛土、締固め、フィルダム、施工管理、品質管理、GPS、加速度計、GIS

## 1. はじめに

建設工事における施工管理は、工事管理の中で安全管理や原価管理等とともに重要な管理であり、その管理項目としては、

- ① 工程管理、
- ② 品質管理、
- ③ 出来型管理、
- ④ 現場計測による盛土の沈下・安定管理、

がある<sup>1)</sup>。

ここで、①の工程管理は、所定の構造物を定められた工期内に所定の予算内で完成させるといった、いわゆるマネジメント管理の項目であり、③の出来型管理は、所定の位置に所定の大きさの構造物を造成する管理項目である。また④の計測管理による管理項目は、施工中の安全と周辺への影響抑止を目的としたものであり、計測装置の高性能化やコンピューターの導入も進み、各種オンライン計測技術やデータ通信技術と相まって、計測とその結果の算出までの時間の短縮が図られるようになってきている。

ところで、建設工事においてもISO 2394（構造物の信頼性に関する一般原則）に基づく信頼性設計法が適用されつつあり<sup>2)</sup>、建築基準法<sup>3)</sup>や土木学会のコンクリート標準示方書では性能規定の方向を打出している。このような社会の流れの中で、土木工事においても性能規定による構造物発注は必然的となりつつある。

本報文では、この「土構造物の性能を保証する」性

能規定に対して十分対応しうる施工管理手法の一つとして、施工に用いる振動ローラに取付けた加速度センサを用いて地盤の締固め度等を面的にリアルタイムに判定するシステムの開発と、この施工管理技術を適用した事例に関して報告する。

## 2. 土工事における品質管理の問題点

前述のように、土工事においてその性能を規定するうえで重要なのは材料である土の均一性である。特に土にかかわる工事は材料そのものが自然を相手とすることから、その強度や変形特性をコントロールすることは困難なことが多く、このため、従来最低限の性能を満足する仕様規定を前述②の品質管理手法としてきたことは否めない。これらは土工事特有の以下のような点に起因する。

- ① 構造物全数量の管理は困難である
- ② 施工途上のプロセス管理によらざるを得ない
- ③ 施工のやり直しが困難である
- ④ 室内試験や事前調査等との対応が不明確である  
すなわち、土構造物を対象とした工事における品質管理は、事前の調査結果や試験施工をもとに管理値を設け、それに従って施工を行い、施工終了後にサンプル試験を実施するということが一般的であった。しかし、このような管理手法では試験およびその結果を出すまでに時間がかかることが多く、その間に施工が進んでしまい結果をフィードバックすることができない場合もしばしばあり、必ずしも構造物の品質を保証す

るものではないといった問題点もあった。

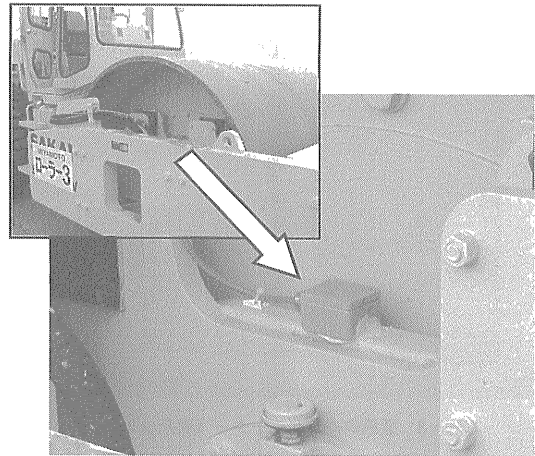
これらを解決する一つの手段として、粗粒材料を用いた土工事において振動ローラの振動輪で計測される加速度を解析し、GPSによる位置計測技術と組み合わせる事により、締固め状態を把握する技術「土工支援システム COMPACT」を開発し、現場適用とシステムの改善を行ってきた<sup>4)</sup>。

### 3. 計測システムの概要

#### (1) システム構成

加速度センサとGPSを組合わせた締固め管理システムを図一1に示す。加速度データは、写真一1、写真二に示すように、振動ローラの非減衰部に取付けた加速度センサで締固め作業中の振動ローラの鉛直方向の振動を取得する。このアナログ信号は、車載された記録ユニット内のアンプ回路で加速度原波形を増幅したダイレクト信号と、フィルタ回路で振動ローラの基本振動成分(24~30 Hz付近を中心とした周波数帯域;後述のフィルタ法で用いる)を除去した二つのアナログ信号に分離し、A/D変換器でデジタルデータに変換する。

このデータを、GPSからの時刻および空間座標とともに重機に搭載したコンピューターに取り込み、締固め度判定の情報として処理を行い、結果はオペレータおよび無線LAN等を用いて管理室に送信し記録する。なお、写真一3に示すように、振動ローラ運転席のディスプレイ上には振動ローラの転圧軌跡および転圧回数を表示できるため、オペレータは工法規定に則った施



写真一1 振動ローラに設置した加速度センサ

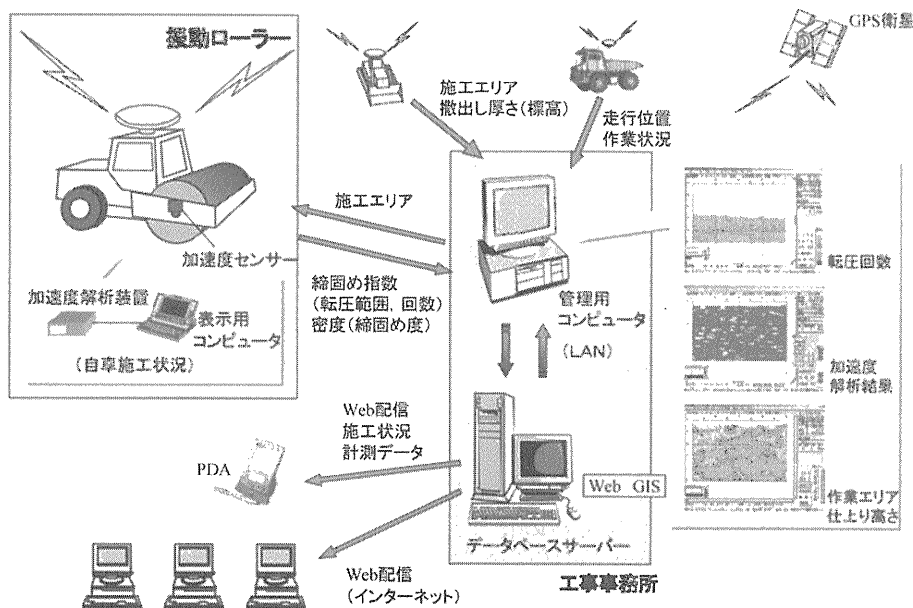


写真二 GPSユニット

工を効率よく行うことができる。

#### (2) 加速度データ解析の概要

一般に、振動ローラにおいて計測した加速度データ



図一1 システム構成

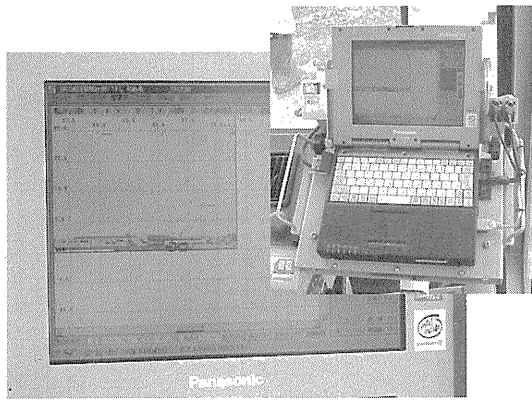


写真-3 重機内コンピューター (表示ユニット)

法もあり<sup>6)</sup>、本手法もこの特徴を考慮して、加速度データの解析は以下の3種類の方法で実施した<sup>7)</sup>。

(a) PSD (FFT) 法:

振動ローラの基本振動数と  $n$  倍振動の比率 (乱れ率  $p$ ) を調べる手法である。

(b) 積分値比較法:

基本振動数のピークを中心とした±数 Hz の帯域の振幅の積分値と、2次、3次の帯域 (一般に 50~90 Hz) の積分値の比率を比較する手法である。

(c) フィルタ法:

加速度データの調和解析を行わずに直接周波数成分で比較を行うもので、計測された加速度波形と基本振動成分をフィルタでカットした波形のそれぞれの積分値を比較する手法である。

#### 4. 現場適用事例と密度との相関に関する考察

以上の特徴を利用し、筆者らは1997年より兵庫県神谷川水系のフィルダムである神谷ダムにおいて、前述のシステムの基本部分を開発し現場適用を行った。ロックフィルの各材料に関しては表-1に示すが、転圧仕様は、試験盛立の結果から、転圧機械は15t級振動ローラで、撒出し厚さ (仕上がり厚さ) はフィルタ30cm, トランジション60cm, ロック材100cm, 転圧回数はフィルタおよびトランジションゾーンが4回, ロックゾーンが6回と定められていた。また、品質管理試験は、細粒フィルタ材で1回/週, 粗粒フィルタ材で1回/月, トランジション, ロックゾーンは1回/4か月の頻度により現場密度試験を実施することになっており、定期的に行う現場密度試験によって密度 (内部摩擦角) を確認し、この現位置試験を実施しない部分については工法規定による品質管理であった。

現場密度はRIとテストピット法により密度を直接測定して管理しているが、特に後者はフィルダムの場合、水置換法が用いられ、粗粒材料の場合、試験孔が大きくならざるを得ず、労力、時間、コストがかさむといった問題点がある。また、試験頻度もこのような理由から増やすことはできず、膨大な土工量に対して僅かなサンプルで品質を管理せざるを得なかった。

表-1 フィルダムの材料土

	細粒フィルタ	粗粒フィルタ	トランジション	内部ロック	外部ロック
最大粒径 (mm)	60	150	300	800	800
比重 (平均)	2.37	2.42	2.33	2.44	2.45
吸水率 (%)	4.5以下	3.75以下	5.0以下	3以下	3以下

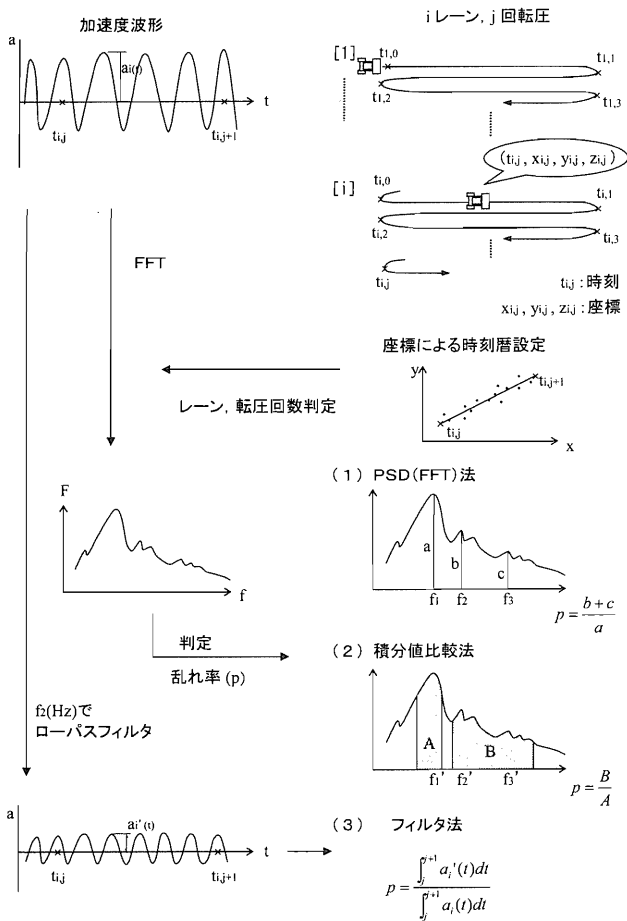
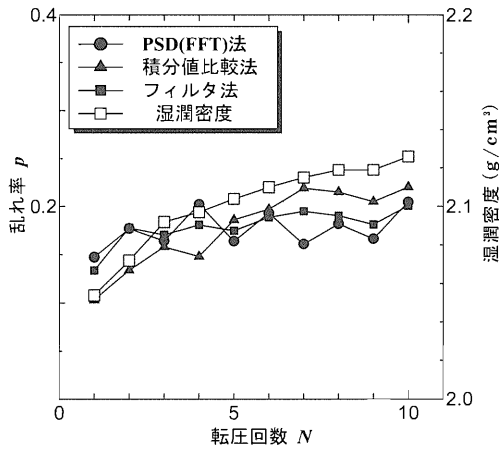


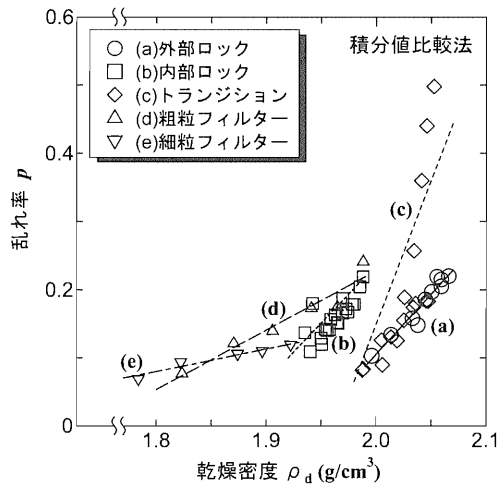
図-2 加速度データ解析概念図 (乱れ率  $p$  の定義)

は図-2に示すような手順でスペクトル解析を行うと、振動ローラの起振振動数 (基本振動数  $f_0$ ) と  $f_0$  の  $n$  倍振動 ( $n=1, 2$ ) にピークが発生する。この  $n$  倍振動は盛土材料の密度の増大に伴ってこの値が大きくなっていく特徴があることから、既往の研究<sup>5)</sup>でもこの特性を利用して盛土の締固め度の判定に利用している。また、地盤の反発が大きいために現れてくる  $f_0$  の  $1/2$  の振動数の  $(2n-1)$  倍振動 ( $n=1, 2$ ) を考慮する手

そこで、転圧機械である振動ローラに加速度センサを取付け、面的に全エリアの締固め度を判定するシステムの開発と現場適用を試みた。当現場において適用した事例のうち、前述 (b) の積分値比較法による加速度データの解析結果の一例を現場計測密度と共に図—3、図—4に示す。解析結果より、粗粒材料にお



図—3 解析結果の例 (フィルダム外部ロック)



図—4 全材料解析結果 (乱れ率と乾燥密度の関係)

ては密度と乱れ率  $p$  の間に相関関係が認められ、材料ごとに乱れ率の増分に特徴があることがわかる。

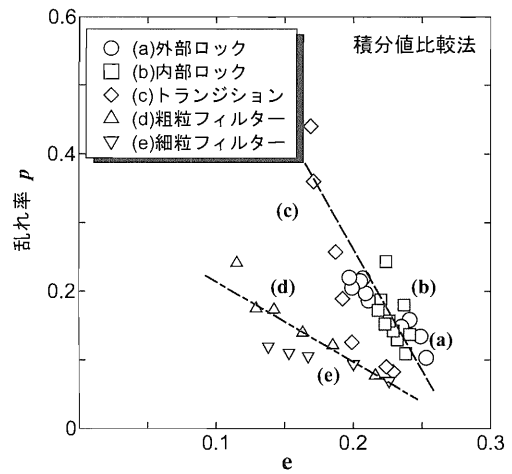
本システムは、その後もシステムの改良を行い、「土工支援システム COMPACT」として国内で5箇所適用事例を持ち、施工管理の新しい提案を行うとともに数々のデータを収集・検討を行っている<sup>8)</sup>。システムによって計測された事例を図—5に示す。

図では施工中の転圧回数と締固め度を施工エリアの中で面的に表示しているが、これはあらかじめ試験施工を行った結果より加速度の解析指標を設定し、その値を基にリアルタイム判定を行った結果を示したものである。

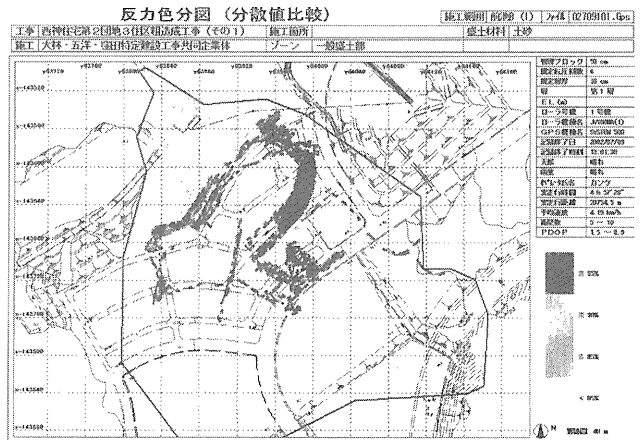
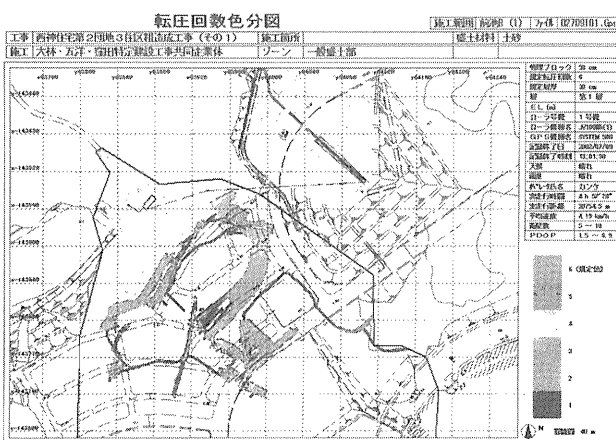
### 5. 密度以外の関係に関する考察

前述の神谷ダムにおいての加速度解析の結果を密度との相関のみならず、間隙比に関して整理したものを図—6に示す。

さらに、加速度解析の結果は密度との相関のみなら

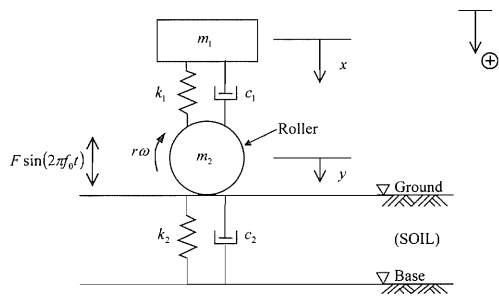


図—6 全材料解析結果 (乱れ率と間隙比の関係)



図—5 管理室における施工結果の表示 (左: 転圧回数表示 右: 締固め度表示)





$$m_1 \frac{d^2x}{dt^2} + k_1(x-y) + c_1 \left( \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) = m_1 g \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$m_2 \frac{d^2x}{dt^2} + k_2 y + c_2 \frac{dy}{dt} - k_1(x-y) - c_1 \left( \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} \right) = m_2 g + F \sin(2\pi f_0 t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$c_1 = 2h_1 \sqrt{m_1 k_1}, \quad c_2 = 2h_2 k_2, \quad h = \sqrt{\frac{m_1}{2m_2(1+m_1/m_2)}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、

$$k_2 y + c_2 \frac{dy}{dt} < 0 \text{ のとき, } k_2 = c_2 = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

図-7 振動ローラと地盤のモデル化

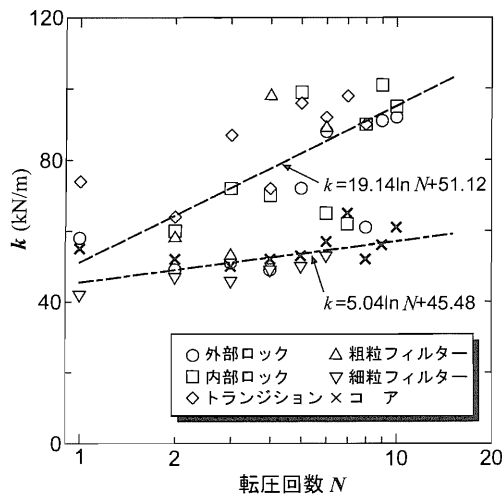


図-8 転圧回数と地盤鉛直ばね係数 k の関係

ず、地盤の鉛直ばね係数との関連を考察する目的で、図-7 に示す 2 質点系モデルによるシミュレーション解析を行い、解析結果を転圧回数と地盤ばね係数に関して整理したものを図-8 に示す。

解析結果は盛土材量の最大粒径を因子として大きく二つの相関をもって表すことができ、この結果はフィルダム等粗粒材料を用いた盛土工事における D 値（締固め度）管理や、道路土工での強度・変形（剛性）管理にも適用できる可能性を示している。

### 6. GIS を用いたシステムへの発展

ところで、工事における施工管理は、上記の品質管理のみではなく種々の管理項目があり、この管理を行うための多くの情報が施工プロジェクトの中で発生し、利用されている。すなわち、発注者側から受渡された設計図書（設計図ならびに仕様書等）をもとに施工計画を作成し施工を行うわけであるが、報告書や管理図書を作成発生するための情報量は建設プロジェクトの中で施工時にピークとなり、この部分の情報化を行うことにより業務の効率化を行うことができ、建設工事というプロジェクトの中で、ワークフローの改善できる余地があるものと考えた。

そこで、施工管理における改善すべき点を解決するひとつの試みとして、COMPACT を発展させ、図-9、図-10 に示すような Web-GIS を用いた施工管理システムを構築し現在、現場適用試験を実施中である<sup>9)</sup>。

本システムの導入により、CAD を中心としたデータをサーバで一元管理することから、現場内のみなら

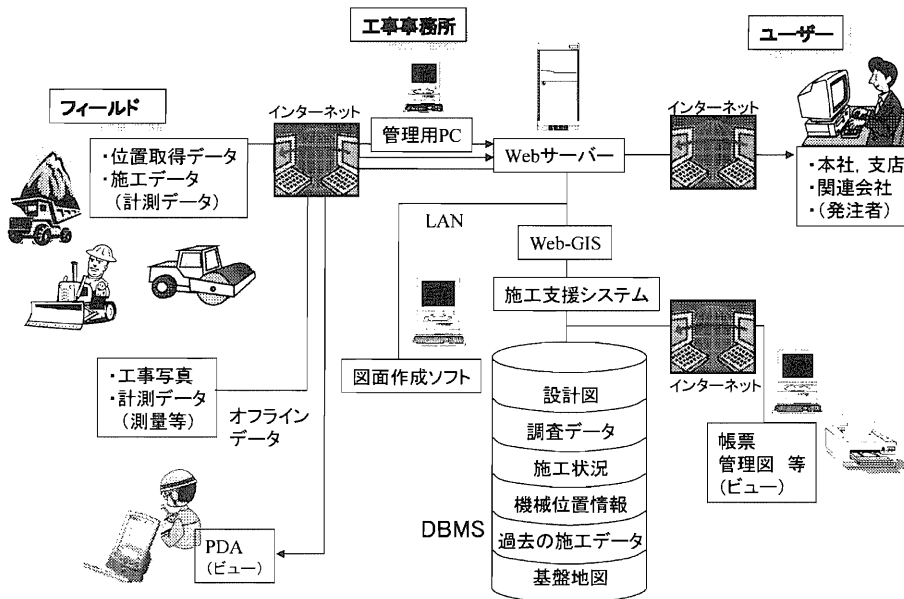


図-9 システム構成 (実装例)

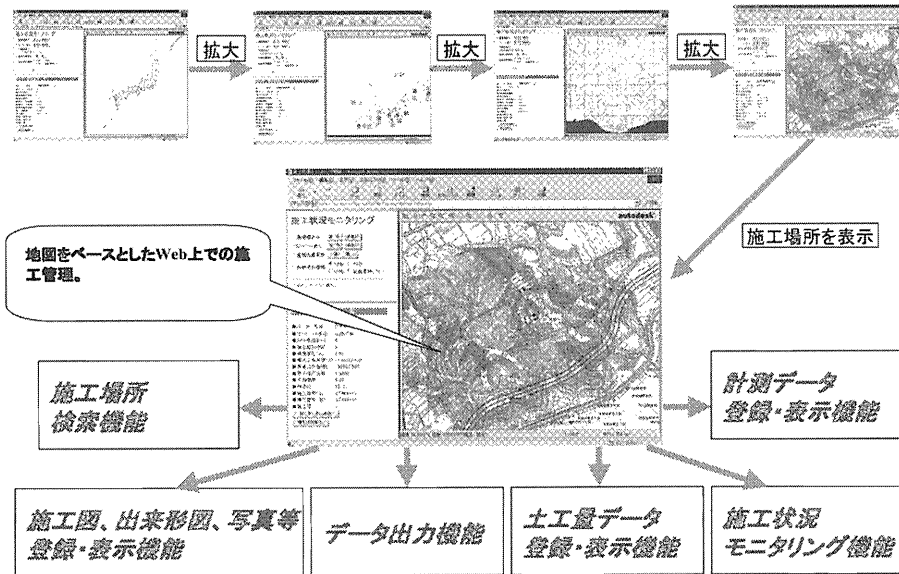


図-10 システムの機能（実装例）

ず常設機関とも情報を共有することができ、品質情報や出来形情報も同一のサーバで空間情報と共に属性データとしてデータベースに格納するため、情報の信頼性が高く高品質な管理を行うことができるようになった。

## 7. ま と め

本システムは「品質管理」の新しい手法の一つとして開発したものであり、品質の向上のみならず、Web-GISを用いた施工管理システムへの発展によって土木工事における一種のBPRを目指している。

今回の事例はまだ実験的要素の強い部分もあるが、新しい土木工事の施工管理の手法の一つとして今後の参考になれば幸いである。



### 【参考文献】

- 1) 佐用泰司：工事管理，鹿島出版会，1978.
- 2) ISOにおける性能照査型設計とCENにおけるCPD（建設製品指令）：「ISOへの対応」に関する第2回シンポジウム，1998.
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事，1997.
- 4) 古屋 弘ほか：加速度計とGPSを利用した締固め管理システムの開発，第34回地盤工学研究発表会，1999.
- 5) 建設省土木研究所機械施工部施工研究室：振動ローラーによる盛土の締固めに関する調査，pp.1-76，1985.
- 6) 建山和由・藤山哲雄・西谷誠之：締固め施工における振動ローラーの振動挙動に関する考察，土木学会論文集，No.544，Ⅲ-37，pp.231-

237，1996.

- 7) 古屋 弘ほか：加速度計を利用した締固め管理システムにおける解析手法の比較，第54回土木学会年次学術講演会，1999.
- 8) 例えば，古屋 弘ほか：振動ローラーを用いた締め固め管理手法に関する考察（その2：加速度データと現場密度の関係），第36回地盤工学研究発表会，2001.
- 9) 古屋 弘：Web-GISを用いた土木工事の施工管理システム，2002年度土木情報システム論文集，Vol.11，pp.67-76，2002.

### 【筆者紹介】



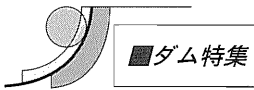
古屋 弘（ふるや ひろし）  
株式会社大林組  
東京本社土木技術本部  
技術第一部  
技術課長



藤原 宗一（ふじむら むねかず）  
胆沢ダム本体工事監理試行業務  
建設技術研究所・大林組設計共同体  
主任技術者



三好 哲也（みよし てつや）  
株式会社大林組  
東京本社土木技術本部  
技術第三部  
部長



# フィルダムロックゾーンのリアルタイム盛立品質管理システムの開発

矢野 康明・大浦 篤・藤山 哲雄

神流川上部ダムでは、転圧面の品質をリアルタイムかつ面的に評価できる手法として、振動ローラの加速度応答を利用した締固め管理手法に着目し、本手法と GPS を併用したロックゾーンのリアルタイム転圧管理システムを開発・導入した。本システムでは、振動ローラ加速度応答により転圧面の品質を施工を行いながら判定、これを現場内に構築した無線 LAN を通じて現場管理室にリアルタイムにモニタ表示し、施工状況の監視、ならびに次工程へのフィードバック等を行いつつ、合理的かつ綿密なロックゾーンの品質管理を実施している。本報文では、神流川上部ダムに導入したリアルタイム盛立品質管理システムの内容、導入からの運用結果について報告する。

キーワード：ダム、フィルダム、ロック材料、振動ローラ、加速度計、品質管理、全数管理、無線 LAN、情報化施工

## 1. はじめに

一般に、フィルダムロックゾーンの品質管理は水置換法による密度管理が行われるが、大粒径を含むロック材の現場密度試験は多大な手間と労力を要するために測定頻度が希薄にならざるを得ず（通常数か月に1回）、材料のばらつき等に起因する堤体品質の不均一性までを評価した合理的な管理は困難である。

そこで神流川上部ダムでは、ロックゾーン転圧面の品質を面的かつリアルタイムに評価できる手段として、振動ローラ加速度応答を利用した締固め管理手法<sup>1)</sup>（以下、ローラ加速度法と称する）に着目し、堤体品質の全数管理によって管理精度向上を図るためのリアルタイム盛立品質管理システムを導入した。本システムは平成 14 年 4 月に導入後、約 1 年の稼働を経て現場品質管理の合理化に大きく貢献している。以下では、システムの概要、ならびに実施工での運用結果について報告する。

## 2. 神流川上部ダムにおけるローラ加速度法導入の背景

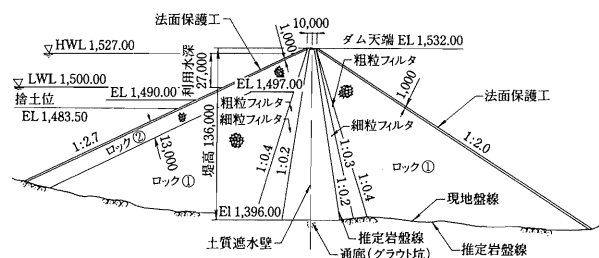
### (1) 神流川上部ダムの概要

神流川上部ダムは、東京電力株式会社が建設中の中央土質遮水壁型ロックフィルダムであり、平成 11 年 10 月より盛立てに着手し、平成 14 年 12 月現在で約 90% の盛立進捗となっている。ダム概要、ならびに

標準断面図をそれぞれ表—1、図—1 に示す。堤体土量は 722 万 m<sup>3</sup>、このうちロックゾーンは約 78% の体積を占めている。

表—1 神流川上部ダムの概要

工事名	神流川水力発電所新設工事上部ダム工区
形式	中央土質遮水壁型ロックフィルダム
形状	堤高：136 m、堤頂長：444 m、堤体積：722 万 m <sup>3</sup>
建設地点	長野県南相木郡南相木村
計画	着工 平成 9 年 3 月、竣工予定 平成 17 年 6 月



図—1 神流川上部ダム標準断面図

### (2) ロックゾーンの品質管理方法

盛立開始当初に設定したロックゾーンの施工・品質管理基準を表—2 に示す。品質管理基準は、事前の室内強度試験（大型三軸圧縮試験）と転圧試験結果を総

表—2 神流川ロックゾーンの施工・品質管理

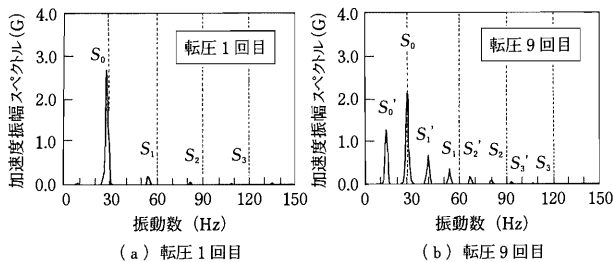
施工管理基準	撤出し厚	150 cm
	敷均し機械	38 t 級ブルドーザ
品質管理基準（基本）	転圧機械	18 t 級振動ローラ
	転圧回数	4 回
	管理基準	$\rho_d \geq 1.99 \text{ t/m}^3$
	測定法	水置換法（直径 2 m × 深さ 1 m）
	測定箇所	転圧面
	測定頻度	1 回/1 か月

合評価し、現場転圧密度  $\rho_d = 1.99 \text{ t/m}^3$  以上を水置換法により確認するものとした。しかし、置換孔直径 2 m、深さ 1 m にもなるロック材の現場密度測定には多大な労力と時間を要するため、現実的には多点の測定を行うことは不可能である（本ダムでは既往ダムの実績等を参考に、測定頻度は1か月に1点）。しかしながら、本ダムでは多様なロック材料の発生が予想されたことから、これらの撒出し材料のばらつき等に起因する堤体品質の不均一性を評価し、綿密な品質管理を行う必要性が考えられた。

そこで、施工面全体の品質を面的に、かつ施工しながらリアルタイムに評価できる手法として、近年その研究が進んでいるローラ加速度法<sup>1)~3)</sup>に着目し、これを用いたリアルタイム盛立品質管理システムを構築して、盛立品質管理をより厳密に行うこととした。

(3) ローラ加速度法の概要

ローラ加速度法は、地盤の剛性が增大するにともない振動輪の鉛直方向加速度が変化してくる現象を利用した手法であり、あらかじめ地盤の密度や剛性と加速度応答の関係を掴んでおくことにより、振動輪の加速度計測から転圧中にリアルタイムに地盤の締固め度合いを判定することができる。ここでは、振動ローラ加速度の定量指標として、加速度波形の周波数特性を利用した図-2に示す乱れ率を用いる<sup>2)</sup>。乱れ率が大きいほど加速度波形の変化が激しく、地盤が固いことを表す。



$$\text{乱れ率} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S_i'}{S_0 + S_0'} \times \frac{F}{(m_1 + m_2)g} \dots\dots\dots (1)$$

$m_1$ : フレーム重量,  $m_2$ : 振動輪重量,  $F$ : 起振力

図-2 加速度のFFT解析結果と乱れ率の定義

(4) 振動ローラ加速度応答とロック材品質の関係

本ダムの数種類のロック材を用いて転圧試験を実施し、振動ローラ加速度応答（乱れ率）と大型 RI を用いて測定した転圧面の乾燥密度の関係を調べた結果、乱れ率と乾燥密度は比較的良好な正の相関を有するものの、ロック材の岩種毎にその関係が異なることがわかった。すなわち、乱れ率から地盤の密度を推定する

ためには、発生する全ての材料に対し両者の関係をあらかじめ用意する必要がある。しかしながら、多大な費用がかかる転圧試験を数多く実施することは現実的ではない。

一方、乱れ率（ここでは転圧4回目の加速度を計測）と転圧面の含水比（大型 RI を用いて測定）の関係を整理すると、図-3に示すように材料の種類によらず比較的良好な相関を有することがわかった。さらに、室内三軸圧縮試験結果から、ロック材の自然含水比  $w_n$  と内部摩擦角  $\phi$  の関係が図-4に示すように岩種によらず一意的な関係を有することを見出した。すなわち、振動ローラ加速度を計測することで、転圧面の含水比を判定し、さらに図-4を介して転圧面の強度定数（内部摩擦角  $\phi$ ）を推定することができる。乱れ率と含水比が相関を有するのは、含水比が低い材料ほど粒度が粗く、大粒径を含む材料であり、より転圧面剛性が大きい（すなわち乱れ率が大きい）ことに起因すると思われる。これらロックの材料特性、強度特性と振動ローラ加速度応答に関する土質力学的な考察については、別途報告する予定<sup>4)</sup>である。

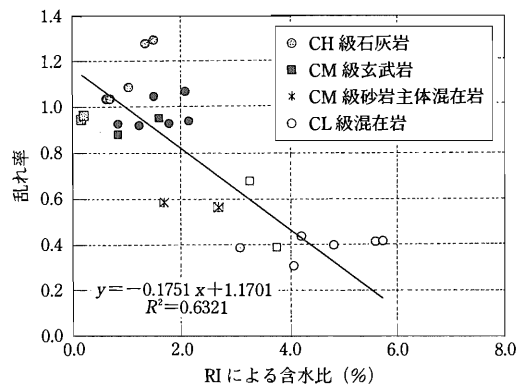


図-3 ロック転圧面の含水比と乱れ率の関係

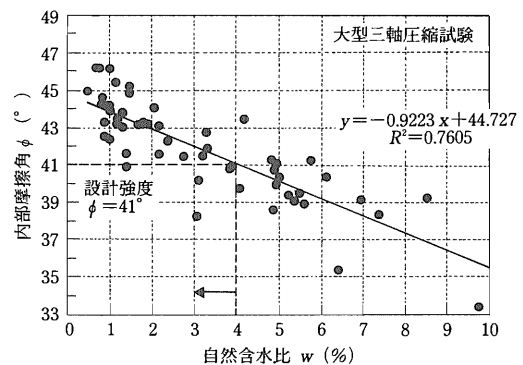


図-4 室内試験による含水比と内部摩擦角  $\phi$  の関係

3. リアルタイム盛立品質管理システム概要

(1) ローラ加速度法を用いたロック品質管理方法  
 神流川上部ダムでは、ローラ加速度法を用いた日常

品質管理を以下のように行う。まず、施工中のローラ加速度（乱れ率）から図-3、図-4を用いて転圧面の含水比と内部摩擦角の面的な情報を取得、所要品質（設計内部摩擦角 $\phi \geq 41^\circ$ ）を確保していることをリアルタイムに確認する。

次に、転圧面の品質のばらつきを考慮し、強度の小さい箇所への次の撒出し層には良質材（低含水比材料）を、逆に強度の大きい箇所への次の撒出し層には比較的高含水比の材料を選択し配置することで、堤体全体として所要品質を確保しつつ、掘削材料を効果的に活用するものとした。採取場での材料の選択は、フライパン法を用いて測定が簡易に行える含水比を指標として行った。

(2) 盛立品質管理システムの基本構成

開発した盛立品質管理システムの概要を図-5に示す。以下にシステム各部の概要並びに特徴を述べる。

(a) 加速度演算処理部

振動輪に加速度計を接着し、加速度データを運転席内の演算処理装置（写真-1）に取込み、A/D変換、FFT（Fourier Fast Transform）を行って（1）式に従い乱れ率を2.0s間隔で計算する。演算処理装置には、あらかじめ実験的に得ている乱れ率-含水比関係（図-3）、および含水比-内部摩擦角関係（図-4）を記憶させることができ、計測した乱れ率から転圧面の含水比および内部摩擦角を逐次リアルタイムに演算す



写真-1 加速度演算処理装置

る。本装置の大きさは幅23cm×奥行12cm×高さ14cm、重量約3kgのコンパクトな設計となっており、振動ローラ運転席内において多くのスペースを必要とせず、また400Gの衝撃にも耐える設計としている。

(b) GPS

振動ローラの位置情報を取得するため、RTK-GPSを搭載した。GPSによる位置情報は、加速度情報（乱れ率、含水比、内部摩擦角）と同期されて結果表示・保存用車載ノートパソコンに取込まれる。

(c) 結果表示・保存部（車載ノートパソコン）

振動ローラの運転席内には防塵・耐振型タイプのノートパソコンを設置し、ここから出力される加速度情報と位置情報を同期して取込み、50cm×50cmメッシュに分割した画面上の転圧平面において、含水比や内部摩擦角の大きさに応じて色の違いによりリアルタイム

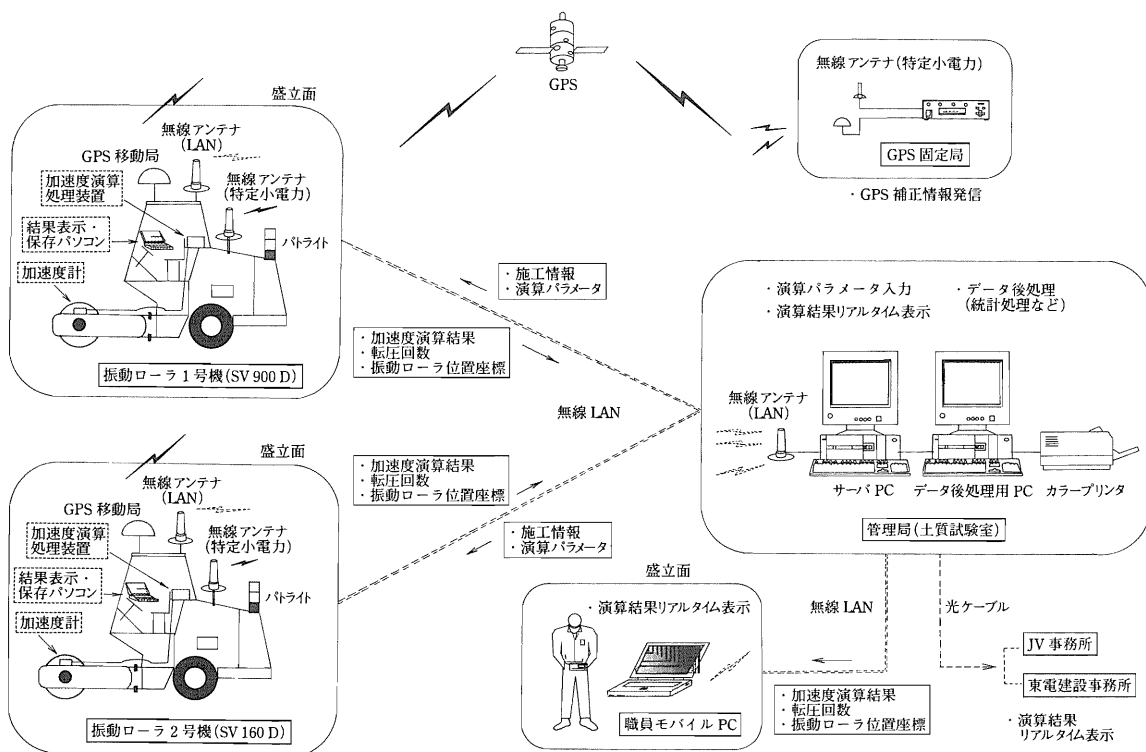


図-5 盛立品質管理システム概要

に表示させる。含水比のリアルタイムモニタによる表示例を図-6に示す。

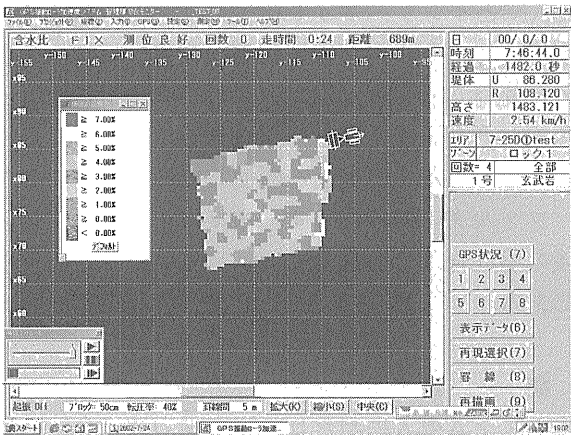


図-6 リアルタイムモニタ表示例(含水比の場合)

取得された加速度データは転圧終了と同時に自動的にファイル化され、CFカードに記録すると同時に、無線LAN(後述)を通じて土質試験室に伝送される。

なお、本システムでは振動ローラの走行位置情報から転圧回数を自動判定するアプリケーションを装備しており、画面を転圧回数表示に切替えることで、オペレータは転圧回数を確認しつつ、確実な施工を行うことができる。

### (2) 現場内LANの構築

①転圧面品質のリアルタイムな確認、および②昼夜連続施工のスピードに対応して次層撤出し材料の迅速な決定を可能にするため、図-7に示すように振動ローラ車載PCと、盛立を管理する職員の携帯PC、ならびに1.2km離れた土質試験室、約12km離れたJV事務所・東電建設事務所間でLANを構築し、取得データをリアルタイムに送受信できる体制とした。すなわち、振動ローラ車載PCに表示される図-6の画面を無線LANで接続された各PC画面上に同時に表示することで、転圧中の材料が想定材料であるか否かを関係職員が随時チェックする(写真-2)。

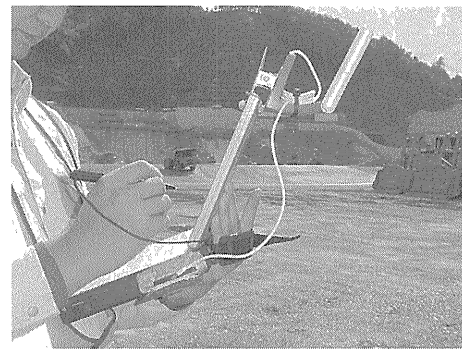


写真-2 携帯PCによるリアルタイムでの確認状況

さらに、取得結果ファイルは転圧終了と同時に直ちに土質試験室に伝送されるようにしており、この結果をもとに試験室の専門管理員が次層に撤出すべき材料を迅速に判断する。これに伴う各種設定入力情報の変更は、無線LANを介して土質試験室側から遠隔で即座に変更できるシステムとしている。

堤体内での無線LAN構築においては、2.4GHz帯小電力データ通信用無指向性アンテナをダム軸付近の左右岸天端に設置した。ここでは、ダム盛立面がV字谷形状下に位置するために送受信ができないデッドゾーン(図-8)を、重機位置に応じて左右岸天端の使用アンテナを自動切替える2波同時通信型無線LANカードを使用することで、ダム盛立施工範囲約350m全域の電波送受信を可能とした。また、指向性アンテナは後部に反射板を組合せて設置し、電波送受信効率を高めている。

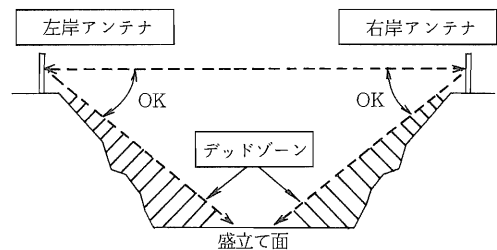


図-8 堤体内の無線LAN通信デッドゾーン

### (3) データ後処理ソフトの開発

日々取得される振動ローラ加速度データは膨大な量になるため、これを効率よく処理するツールの開発は、日常管理業務の中で必須となる。今回、出力情報をデータベース化し、50cm×50cmメッシュで得られる加速度情報を任意のメッシュサイズで平均化処理して、平面・断面的に表示・出力でき、かつ平均値や標準偏差算出などの統計処理を容易に行えるデータ後処理ソフトを開発した。これにより、現状の盛立面上における任意の場所に対して容易に含水比の状況を把握し、次層の撤出し材料を迅速に決定することができる。

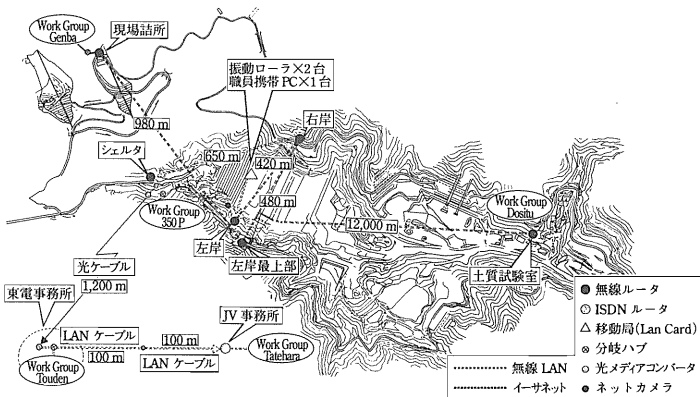


図-7 現場内LANの構築

### 3. システム適用結果

本システムにより推定された内部摩擦角の平面分布の一例 (EL. 1,475 m 平面) を図-9 に示す。また、標準断面の上流側における内部摩擦角の分布を図-10 に示す (ただし縦 3 m×横 6 m メッシュに平均化して表示)。設計強度が大きいロックゾーン② (図-1 参照) には CH 級の良質岩を選択的に配置したが、この領域の内部摩擦角が大きめとなっていることがわかる。このように、実施工データに基づいて堤体強度の詳細な分布を 3 次元的に評価した事例はこれまで皆無であろう。図-10 の内部摩擦角分布を用いて円弧すべり安定計算を行えば、設計に対して現行堤体がどの程度の安全率を有するかを定量的にチェックしながら盛立を進捗させることができる。

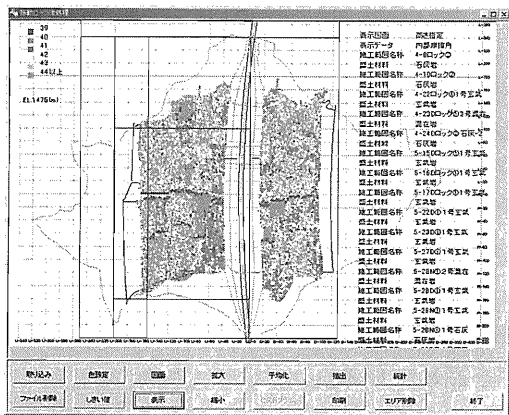


図-9 取得した内部摩擦角平面分布の例

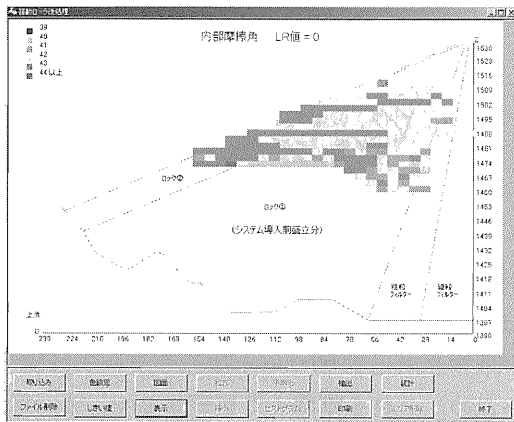


図-10 ダム標準断面における内部摩擦角の分布

### 4. おわりに

神流川上部ダムに導入したローラ加速度法によるリアルタイム盛立て品質管理システムについて報告した。本システムを従来の密度管理と併用することによって、品質管理精度が格段に向上するとともに、品質のばら

つきを考慮した効果的なゾーニング配置による材料の有効活用も実現することができた。また、現場内の無線 LAN とインターネット接続によって、携帯 PC から現場にいながらの気象情報等の取得、構内無線電話と外部電話の接続、CCD カメラの場内設置による遠隔監視なども可能となり、現場作業の効率化にも寄与している。これら新技術を駆使した施工管理システムが、フィルダムのみならず、様々な土構造物に対する今後の盛立管理の合理化に貢献していくことを望む次第である。

### 謝 辞：

本システム導入に当たり、東京電力株式会社の角江俊昭、谷中保男、内田善久の各氏、前田建設工業株式会社の小原好一、石田信秀、吉田純也の各氏ほか多くの方々のご助力を得た。また、本システムの加速度演算・表示部は、株式会社大林組が開発した盛土管理システム COMPACT を本ダム用にカスタマイズして適用したものであり、古屋弘氏には惜しめないご支援を頂戴した。多くのご協力を頂いた関係各位にこの場を借りて謝意を表する次第である。

J C M A

### 【参考文献】

- 1) 嶋津 晃, 見波 潔, 中田公基, 嶋田 功, 足立賢一: 振動ローラによる盛土の締固めに関する調査, 土木研究所資料, 第 2184 号, pp. 37-76, 1985.
- 2) 藤山哲雄, 建山和由: 振動ローラの加速度応答を利用した転圧地盤の剛性評価手法, 土木学会論文集, No. 487/III-26, pp. 237-245, 2000.
- 3) 古屋 弘, 藤原宗一: 加速度センサーと GPS を組み合わせた締固め管理システムの開発, 土と基礎, No. 507, pp. 21-24, 2000.
- 4) 谷中, 矢野, 鶴田, 梅園, 石黒, 高橋, 藤山: 振動ローラ加速度応答によるロックフィルダムの品質管理, 第 58 回土木学会年次学術講演会 (投稿予定).

### 【筆者紹介】

矢野 康明 (やの こうめい)  
東京電力株式会社  
建設部  
土木総括・水力土木グループ  
グループマネージャー

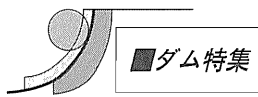


大浦 篤 (おおうら あつし)  
東京電力株式会社  
建設部  
土木・建築技術センター  
ダム技術グループ  
主任



藤山 哲雄 (ふじやま てつお)  
前田建設工業株式会社  
技術本部  
技術研究所  
技術開発土木グループ  
主任





# 北上川水系猿ヶ石川田瀬ダム放流設備の リニューアル工事

鈴木次男

一般にダムは計画時点における社会的需要に基づき建設されているが、社会的状況の変化に伴い新たな需要が生じている。これらの新たな要求に対して既存ダムの貯水池機能を増大させ有効的利用を行うための再開発の手法を採るダムが近年増えてきている。既存ダムの再開発は基本的に以下の方式に大別される。

- ① 貯水池容量を増大させる方法
- ② 現行の貯水池の運用を変更する方法

①の具体的方法としてはダムの嵩上げや貯水池の掘削などがある。②については、取水設備・放流設備の新設あるいは改造がある。

本報文は、前項②に該当する田瀬ダムにおける放流設備の増設に伴う放流管設置のためのダム本体のコンクリート削孔について述べるものである。

キーワード：ダム、堤体削工、自由断面掘削機、コンクリートひずみ、振動速度、リニューアル

## 1. 田瀬ダムについて

田瀬ダムは、昭和16年に国の直轄ダム事業の第1号として着工し、同29年に完成した重力式コンクリートダムである（写真—1、表—1）。

## 2. 工事概要

### (1) 工事概要

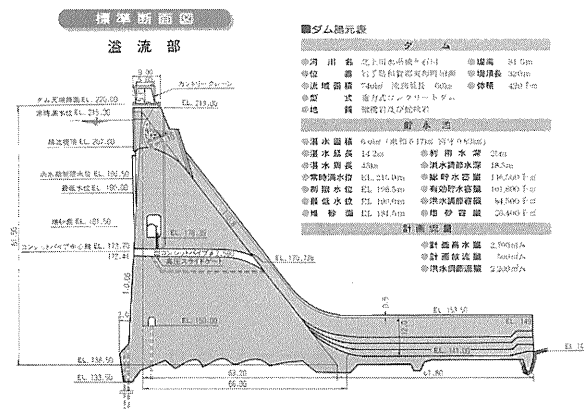
施設改良工事として発注され当工事は既設の堤体コンクリートに直径5mの穴をあけ、放流管を据付け、一連の放流設備を設置するものである。

工事概要を図—1、写真—2、写真—3、表—2に示す。

- ・発注者：建設省北陸地方建設局（当時）
- 施設改良本体工事（当工事）
- 上流仮締切り工（別途業者施工）
- 上流制水ゲート工（別途業者施工）
- 常用放流設備（別途業者施工）

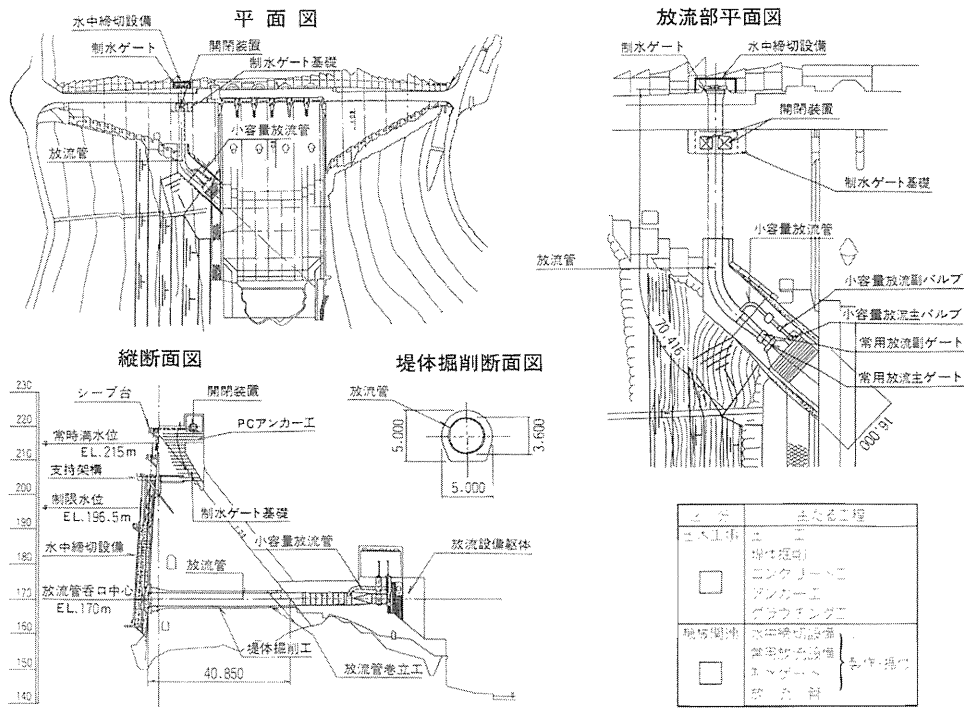
表—1 田瀬ダムの概要

河川名	北上川水系猿ヶ石川
位置	岩手県和賀郡東和町田瀬
目的	洪水調整・かんがい・発電
総貯水量	146,500千m <sup>3</sup>
堤高	81.5m
堤頂長	320m
堤体積	420,000m <sup>3</sup>



写真—1 田瀬ダム全景





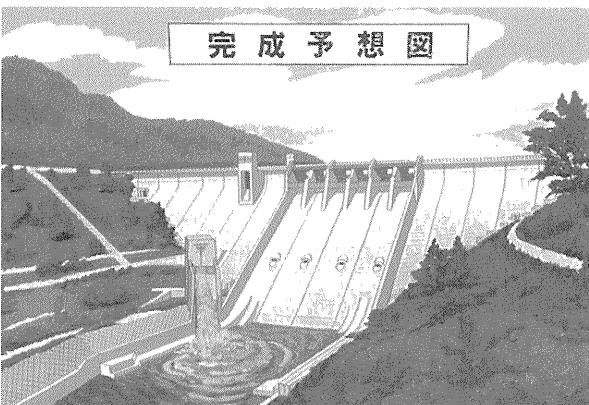
図—1 工事概要図



写真—2 着工前

表—2 工事内容

工種	種別	数量(単位)
土	掘削	53,800 m <sup>3</sup>
法面工	F-300	5,650 m <sup>2</sup>
	PCアンカー工	260本
堤体削孔工	断面 20.9 m <sup>2</sup>	40.85 m
放流管巻立工		607 m <sup>3</sup>
放流設備躯体工		7,700 m <sup>3</sup>
グラウト工		1式
制水ゲート基礎工		500 m <sup>3</sup>
	PCアンカー工	95本
減勢工		1式
雑工		1式



写真—3 放流設備完成予想図

(2) 実施工程

平成8年度から平成10年度にかけて実施された各種工程の進捗を表—3にまとめる。

表—3 実施工程表

	平成8年度			平成9年度			平成10年度								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工															
土工															
法面工															
堤体掘削工															
放流管巻立工															
放流設備躯体工															
グラウト工															
制水ゲート基礎工															
減勢工															
雑工															

3. 田瀬ダム堤体コンクリート配合諸元

- ・ 工事名：田瀬ダム施設改良本体工事
- ・ 工期：平成8年10月～平成10年12月

当時の配合諸元は3種類で、表—4のとおりであり

表-4 コンクリート諸元

ダム形式	重力式		
配合別	A	B	C
圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> ) <sub>28</sub>	137	168	191
セメント使用量 (kg/m <sup>3</sup> )	215.8	239.3	225.0
水セメント比	61.3	57.3	55.2

当時のダム工事誌から抜粋したものである。図-2にセメント標準使用断面図を示す。堤体よりコア採取した圧縮強度試験結果は表-5のとおりであった。

表-5 圧縮強度試験結果 (平均)

	A 配合	B 配合	C 配合
平成7年採取	—	142.7	213.1
平成9年採取1回目	273.9	213.2	155.6
平成9年採取2回目	下流側	217.0	207.0
	上流側	197.0	180.0

#### 4. 堤体削孔工施工

##### (1) 堤体削孔工施工フロー

コンクリートダム堤体の削孔方法としては、自由断面掘削機 (ロードヘッダ等)、ロックトンネラ、コアボーリング、ジャイアントブレイカ等が考えられた。当工事では、供用中のダムの機能を損なわない方法として自由断面掘削機 (ロードヘッダ) を採用することとし軟岩用トンネル掘削機のロードヘッダ S-200 を使用した。堤体削孔作業のフローを図-3に示す。

放流設備躯体を堤体削孔盤まで構築後躯体上を作業ヤードとして使用した (図-4)。

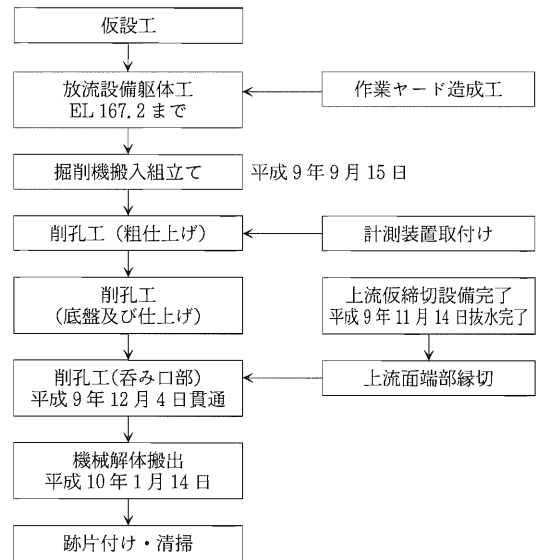


図-3 堤体削孔作業フロー

##### (2) 堤体削孔工工事数量

各種堤体削孔の工事概要を表-6に示す。

表-6 堤体削孔工事数量

	断面 (m <sup>2</sup> )	延長 (m)	掘削量 (m <sup>3</sup> )
吐口部	20.9	2.64	55.2
標準部	20.9	34.56	722.3
呑み口部	20.9~64.0	40.85	162.1
計		40.85	939.6

##### (3) 主要機械

堤体削孔に用いた主要機械の名称、仕様、用途を表-7に示す。

##### (4) 標準部及び吐口部の堤体削孔

掘削断面の底盤部は、施工精度を上げるため計画基盤より300mm上げた位置より開始し (写真-5)、周辺部は100mm残した粗切削としたが周辺部の仕上げ削孔時に、ロードヘッダの切削ドラムのブームが不規則に振れ、仕上げが一定しなかったため、途中から周辺部は当初から掘削断面で仕上げた。1サイクルの削孔長は、30~40cmで行った。削孔は下部より行い上下50cmのピッチで左右方向に順次行った (写真-6)。粗掘

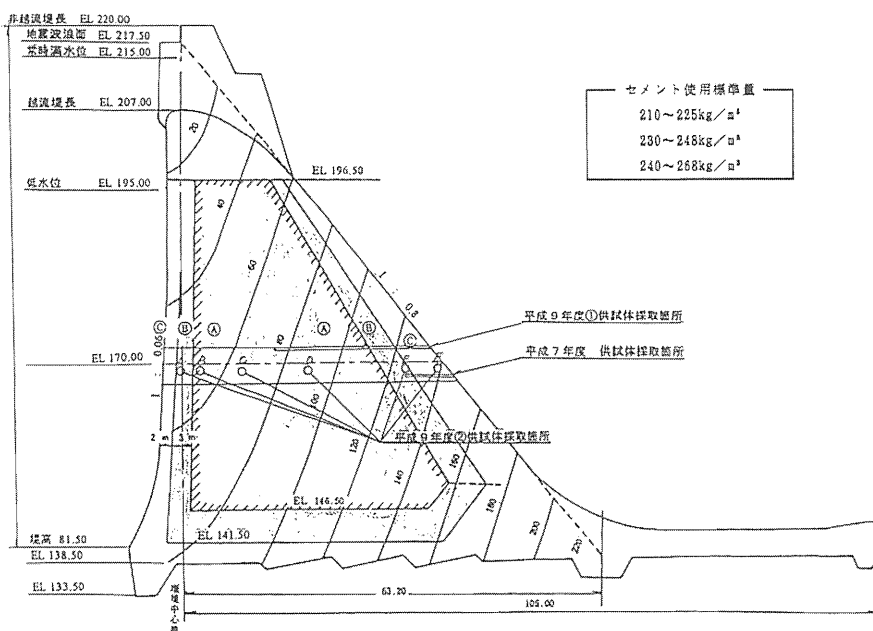


図-2 セメント標準使用断面図

表-7 主要機械

機械名	型式・仕様	台数	用途
ロードヘッダ	MRHS 200 (写真-4)	1	堤体削孔
ダンプトラック	4t	1	削孔ずり運搬
バックホウ	0.25 m <sup>3</sup>	1	坑内ずり処理
発電機	350 kVA	1	ロードヘッダ電源
濁水処理設備	20 m <sup>3</sup> /h	1	坑内排水処理
送風機	φ 400 mm	1	坑内換気
ウォールソーカッタ	φ 1,200 mm	1	上流面縁切り

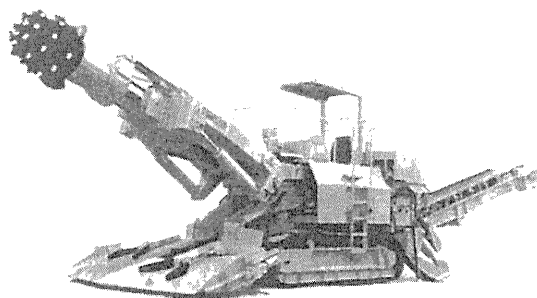


写真-4 ロードヘッダ MRSH 200

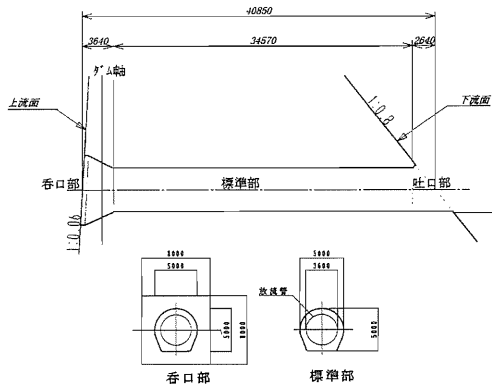


図-5 堤体削孔縦断面図

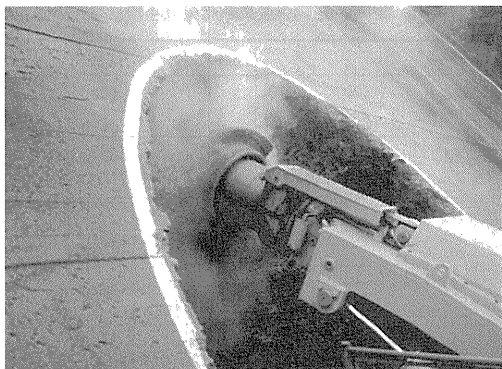


写真-5 堤体削孔開始

削の1日(昼勤のみ)の施工は1.2 m前後であった。削孔ずりはロードヘッダの前方のギャザリングにより集積し後部ベルトコンベヤから4tダンプトラックに積込み搬出した。左右側面部及び底盤部の削孔ずりについてはロードヘッダのギャザリングでの排除は困難のため、一旦ロードヘッダを坑外へ出し、小旋回バックホウ(0.2 m<sup>3</sup>)で切削ずりを底盤部中央に集積し、

再度ロードヘッダを入れ回収した。

底盤部の仕上げは、削孔ずりが残るためオペレータの勘に頼らざるを得ないため、5 cm程切削した後バックホウでずりを掻き、高さを確認しながら仕上げた(写真-7)。

堤体削孔施工工図

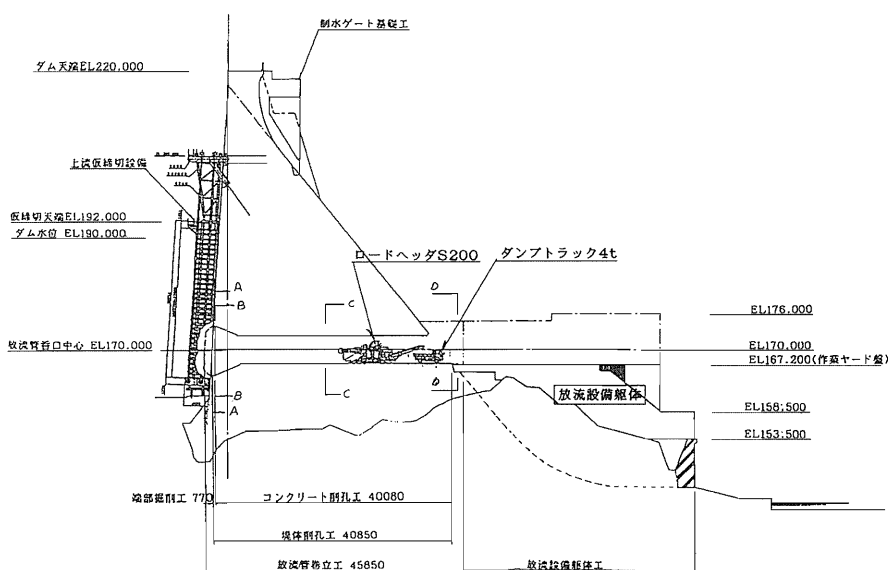


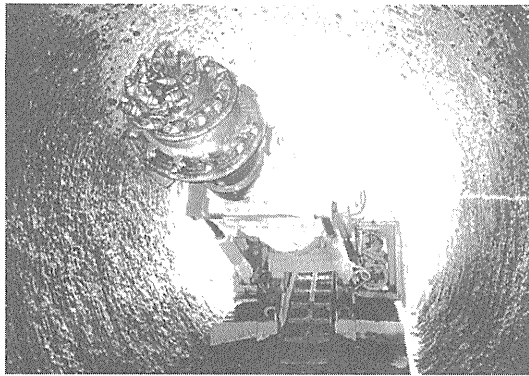
図-4 堤体削孔施工工図

(5) 呑み口部堤体削孔

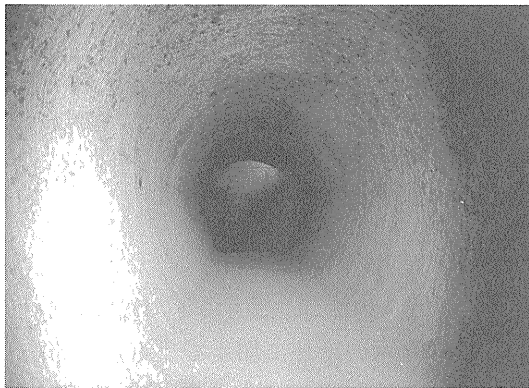
呑み口部の断面は隣接する下部監査廊の位置関係から、標準部～呑み口部の断面変化の距離が短く急な漏斗状となっている。このため呑み口部断面は、ロードヘッダの切削範囲外となり上部については切削ずりを足場として施工した。下部についてはロードヘッダのアウトリガに角材でサンドルを組み本体を傾斜させ施工した(図-5)。

(6) 施工実績

呑み口部施工にあたっての単位時間当たりの掘削量、ビット摩耗量は以下のとおりである。



写真—6 堤体削孔中



写真—7 堤体削孔完了

- 純掘削時間当り掘削量：2.96 m<sup>3</sup>/h
- 作業時間当り掘削量：1.41 m<sup>3</sup>/h
- ビット摩耗量：0.54個/m<sup>3</sup>

### (7) 上流面端部縁切り工

堤体削孔の貫通前に、堤体上流面の削孔範囲外への影響を防ぐため、上流面端部に縁切りカッタ（深さ50 cm）を行ったが非常に有効であった。直径1,200 mmのウォールソーカッタのため隅部は完全に縁切りできないためφ150 mmのコア抜きにより施工した。

## 5. 堤体削孔時の計測工

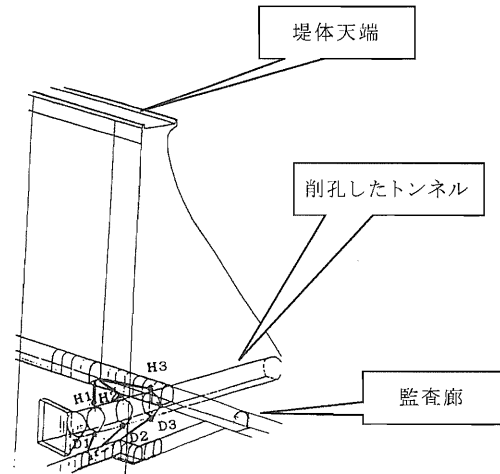
### (1) 計測工概要

堤体削孔を施工するに当たり、既設重要構造物に手を加えるということから、設計上の安全は証明されているものの施工上の安全を管理するため、観測計器を設置し測定した。

### (2) 堤体のコンクリート応力の測定

堤体削孔断面に対して、上下監査廊からボーリング

をして削孔断面から50 cmの位置にひずみ計を埋設しロードヘッドによる削孔の進捗に合わせて測定を行った。結果は引張りひずみで最大20 μm程度であり削孔による堤体への悪影響は観察されなかった。ひずみ計設置箇所を図—6に示す。



図—6 ひずみ計設置箇所

### (3) 振動速度計による測定

堤体天端と削孔するトンネルに隣接する監査廊に振動速度計を設置し観測した。

振動速度の管理基準値を1.0 kineとして行ったが、結果は0.1 kineであり基準値の1/10、許容値の1/20、限界値の1/200という堤体に影響のない結果であった。

## 6. おわりに

当初自由断面掘削機（ロードヘッド）にて本当にダムコンクリートの削孔が可能であるか否か大きな不安としてあったが、幸い田瀬ダムは骨材の河床砂礫に軟質岩も適度に混合されておりロードヘッドS200の能力で十分であった。

今回のような既設のダム本体の削孔・掘削には、ロードヘッドの使用が総合的に有利であり、今後この方法による再開発事業が増えるものと思われる。 **JCMA**

#### 【筆者紹介】

鈴木 次男（すずき つぎお）  
西松建設株式会社  
関東支店  
滝沢ダム出張所  
副所長





■ダム特集

# 気化冷却設備によるコンクリート骨材の冷却

## —紀の川水系紀の川大滝ダムにおける細骨材気化冷却設備の実績—

瀧本 圭一・反田 佳希・佐藤 英明

奈良県の中央部に建設中の大滝ダムでは、合理化施工の一環としてレヤ工法が採用されており、その温度規制方法としてコンクリートのプレクーリング工法が実施されている。このうち、プレクーリング工法には、骨材表面の水分を低温空気などによって積極的に気化させて冷却する気化冷却法による細骨材冷却が採用されており、暑中コンクリートの練上がり温度を長期間にわたり十分に抑制することができ、急速施工への対応や、環境保全、コスト縮減にも大きく寄与している。本報文では、大滝ダムでの細骨材気化冷却設備の稼働実績について報告するものである。

キーワード：ダム、温度規制、コンクリート、プレクーリング、気化冷却法、細骨材

### 1. はじめに

奈良県中央部をほぼ東西にわたって流れる紀の川は、その上流に年間降雨量が4,800 mmを超える国内でも有数の降雨地帯の大台ヶ原を抱えており、これまで幾多の水害に見舞われていた。とりわけ、昭和34年9月の台風15号、いわゆる伊勢湾台風によって紀の川流域は未曾有の大被害を被った。これを契機に、本格的に大滝ダムの建設が進められることとなった。

大滝ダム（国土交通省近畿地方整備局発注）は、堤高100 m、堤体積約100万 $m^3$ の治水、利水ならびに発電を目的とした多目的の重力式コンクリートダムで、昭和63年12月にその本体工事が着手され、平成8年11月にはダム本体のコンクリート打設を開始、平成14年8月には最終打設が完了し、現在試験湛水に向けて鋭意施工中である（写真—1）。



写真—1 大滝ダムの全景

大滝ダムでは、堤体コンクリートの温度規制として、一般的な練混ぜ水の冷却に加えて「気化冷却法<sup>1)</sup>による細骨材のプレクーリング」が採用されている<sup>2),3)</sup>。気化冷却法による骨材冷却は、他に坂本ダム（高知県）でも実施されているが<sup>2),4)</sup>、大量のコンクリートの冷却に細骨材気化冷却設備が長期間にわたり本格的に用いられた事例としては初の試みであった。

そこで、本報文では、気化冷却法による細骨材冷却設備の概要、ならびにその施工実績について報告するものである。

### 2. コンクリート製造、打設設備の概要

コンクリート製造設備としては、1.5 $m^3$ 傾動式ミキサ×4基、製造能力135 $m^3/h$ を使用した。

コンクリート打設設備については、片側弧動式20tケーブルクレーンを使用し、サブクレーンとして9.5t軌索式ケーブルクレーンを、また運搬設備として6 $m^3$ トランスファーカ（サイドシュート式）を使用した。なお、20tケーブルクレーンには自動運転システムを導入し、コンクリートバケットの着缶ガイドと連動させることによってコンクリート積替え時のトラブルをなくしている。

### 3. 冷却設備の概要

#### (1) プレクーリング計画

コンクリートの打設は、ブロックレヤと拡張レヤを

組合わせた面状工法が採用されたため、コンクリートの温度規制にはプレクーリングが不可欠であった。

堤体コンクリートの打込み温度は25℃に規制されていたことから、冷却設備は、運搬時等のコンクリートの熱ロスを考えて、施工管理目標値をバッチャプラントにおける暑中コンクリートの練上がり温度を23.5℃と定めて検討した。

検討の結果、一般的な練混ぜ水の冷却だけでは所要のコンクリートの練上がり温度をクリアできないことが明らかとなり、気化冷却法による細骨材冷却を併用することとなった。

(2) 設備能力

(a) 練混ぜ水冷却

練混ぜ水の冷凍設備容量は、夏期河川水温20.6℃を5℃に冷却できるように定めた(=1,352 MJ/h)。

(b) 細骨材の気化冷却設備

ヒートバランス計算により、環境条件として最も厳しい8月打設の外部コンクリート(表-1)で、冷却後のバッチャプラントへの運搬・ストック時の熱ロスを2℃見込んで、26.5℃の細骨材を9℃まで冷却できる気化冷却設備を設置した。

細骨材を分散・冷却する気化冷却塔は、3m×3mの2連構造とし、細骨材の冷却処理能力は、単位細骨材量が最も多い内部コンクリートで設計した(=650 kg/min×2基=1,300 kg/min)。

表-2に冷却設備の基本仕様を、図-1にコンクリートの製造設備を示す。

表-1 コンクリートの示方配合

配合区分	G <sub>max</sub> (mm)	スランプ(%)	Air(%)	W/(C+F)(%)	S/a(%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						混和剤	
						W	C+F	S	G				
									150~80 mm	80~40 mm	40~20 mm		20~5 mm
外部	150	3±1	3±1	46.6	23	98	210	490	413	413	413	412	0.525
内部	150	3±1	3±1	72.1	27	101	140	591	402	402	402	401	0.350

注1) 使用セメントは、中庸熟フライアッシュセメント(SO社製)  
注2) フライアッシュ混入率は、30%

表-2 冷却設備の基本仕様

区分	項目	仕様
練混ぜ水冷却	冷凍機(練混ぜ水)	1,352 MJ/h
	気化冷却塔	3m×3m×2基
細骨材気化冷却	細骨材処理量 1期分	650 kg/min
	2期分	650 kg/min
	送風量 1期分	1,134 m <sup>3</sup> /min
	2期分	850 m <sup>3</sup> /min
	冷凍機(冷風) 1期分	6,493 MJ/h
	2期分	4,868 MJ/h

なお、冷却後の細骨材のバッチャプラントへの搬送中の温度上昇をできるだけ小さくするために、冷却砂の供給コンベヤは全体をパイプで覆った構造とし、その内部および気化冷却塔の下部より冷却した細骨材を持ち上げるバケットエレベータ内部には、冷却空気を送風した。

また気化冷却法は、同一原理で粗骨材の冷却も可能(坂本ダムで採用)であるが、大滝ダムでは細骨材のみで施工管理目標値(=練上がり温度23.5℃)を十分達成可能であった。

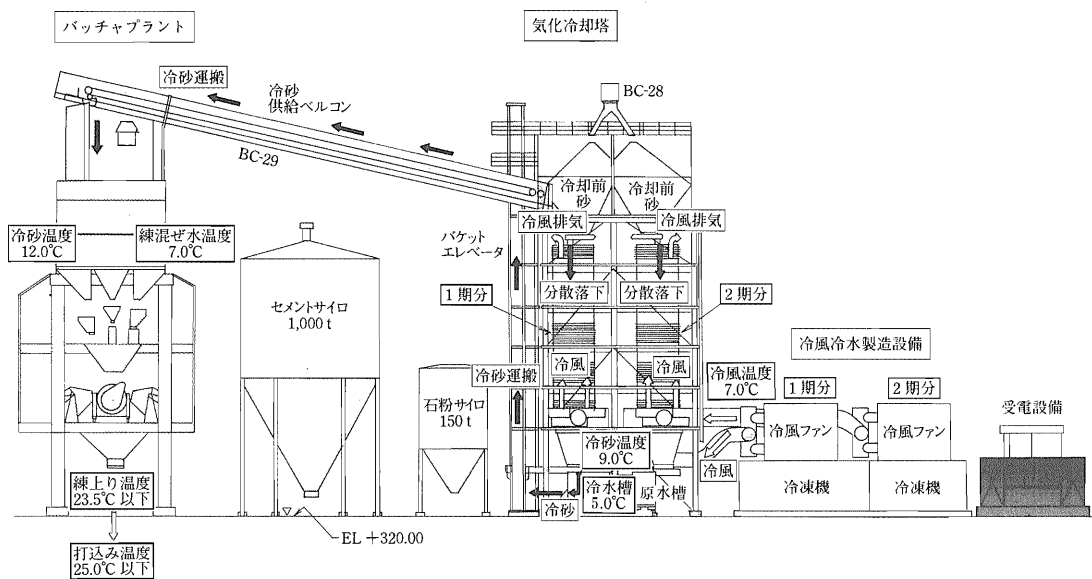


図-1 大滝ダムのコンクリート製造設備

#### 4. コンクリート打設実績

コンクリートは、平成8年11月より減勢工コンクリートの打設が開始され、平成9年11月からは、堤体コンクリートの打設に着手し、平成14年8月の打設終了まで昼夜で行われた。

図-2に、コンクリートの打設実績を示す。

#### 5. 気化冷却設備の運転実績

##### (1) 稼働期間

気化冷却設備は、平成9年6月にまず1期分（気化冷却塔1号機）を設置し、減勢工の打設を行うと共に実証運転を行った。

この結果を踏まえて、2期分（気化冷却塔2号機）の増設に当たって1、2号機共に改良・改善を行い、平成10年5月にはこの2期分を設置完了し、本格的な堤体コンクリート打設に備えた。以降、平成14年8月の打設完了に至るまで最大6年間（1号機）にもわたって大きなトラブルもなく順調に稼働した。

##### (2) 運転実績

気化冷却設備は、平成10年6月から堤体対応の運転をしているが、ここでは各打設ブロックの打上がり高さが概ね揃い、打止まりの制約が無くなった平成

12～13年の運転実績について以下に報告する。

##### (a) コンクリート練上がり温度

図-3に、それぞれ平成12、13年の6～9月ま

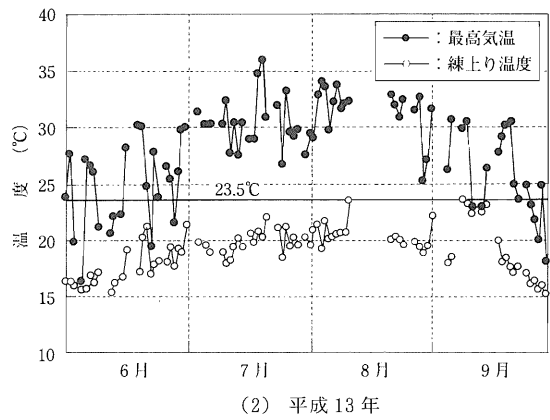
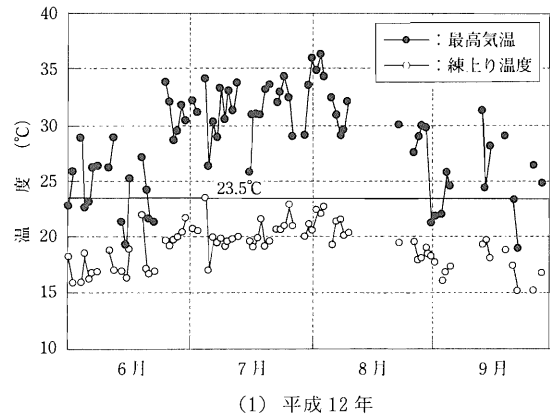


図-3 日最高気温とコンクリート練上がり温度

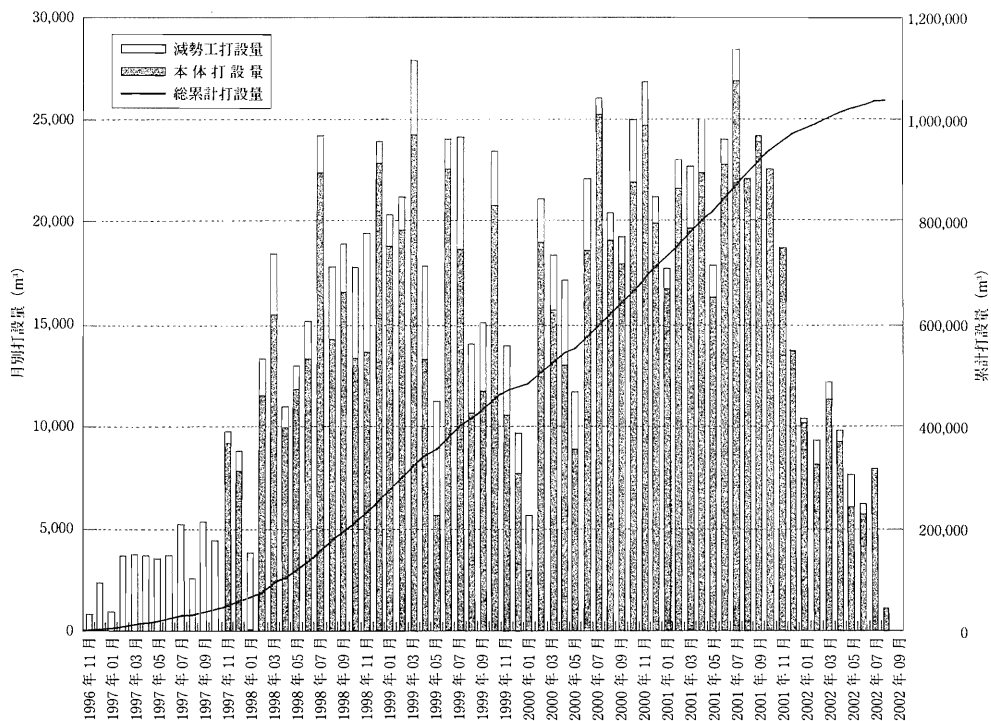


図-2 コンクリートの打設実績

での日最高気温とコンクリート練上がり温度を示す。なお、ここでは夜間打設のみの日と休止日はデータから除外している。

これによると、いずれの施工年においても、日最高気温が30℃以上の打設日が連続し、さらに最高気温が35℃を上回った場合でも、コンクリート練上がり温度は施工管理目標値(=23.5℃)を十分に下回っていることが分かる。

(b) 冷却細骨材によるプレクーリング効果

ここで、一例として日平均気温が最高となった平成13年8月3日における、

- ・外気温
- ・気化冷却塔への送風温度
- ・冷却前の細骨材温度
- ・冷却直後の細骨材温度
- ・バッチャプラント細骨材貯蔵ビンの下部温度

の経時変化を示すと、図-4のとおりである。

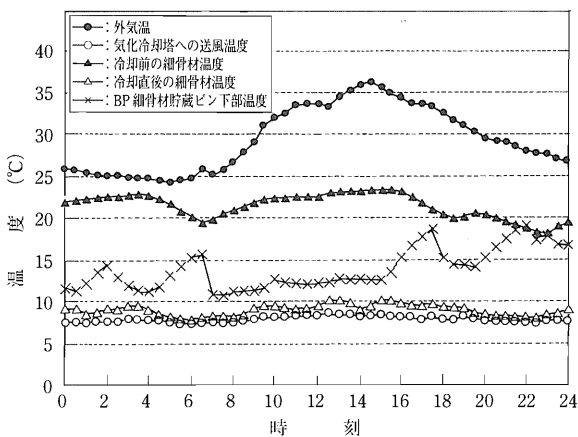


図-4 冷却細骨材によるプレクーリング効果

これより、

- ① 冷却直後の細骨材温度は8~10℃と、設計どおり気化冷却塔への送風温度に対して+1~2℃である。
- ② すなわち冷却後の細骨材温度は、冷却前の細骨材温度の影響は小さく、送風温度に支配されることが分かる。
- ③ バッチャプラント貯蔵ビンの下部(計量前)の細骨材温度は、約12~13℃であり、打設速度が遅くなると上昇する。
- ④ 打設の段取替え等によりコンクリートの出荷が中断すると、ストック状態の細骨材温度は上昇傾向を示すが、出荷を開始すると直ちに低下している。これは、センサ位置が貯蔵ビンのパネルに付いているためパネル外壁面の影響を大きく受けて

いるものと思われ、実際のビン内部の細骨材の温度上昇量は測定値より小さいと考えられる。

このように、冷却された細骨材は、基本的に外気温の影響を大きく受けずに、安定した温度でコンクリートの練混ぜが行えたものと考えられ、当初の計画どおりの性能を発揮できたものと言える。

(c) 運転時間区分

表-3に、気化冷却設備の運転時間区分を示す。

表-3 気化冷却設備の運転時間区分

年月	アイドリング	運転時間	メンテナンス	打設時間
平成12年6月	73:25	454:55	5:00	460:30
7月	58:37	434:53	22:00	433:10
8月	57:07	352:38	15:00	353:40
9月	46:31	258:54	3:30	259:38
平成13年6月	112:20	369:00	21:00	363:10
7月	100:20	395:00	13:00	391:15
8月	70:30	284:20	40:00	287:55
9月	63:40	303:05	35:40	301:25
計	582:30	2,852:45	155:10	2,850:43
比率(%)	16.2	79.5	4.3	—

ここで、アイドリングとは、打設の段取替え等間の気化冷却設備の無負荷運転のことを示す。

表に示すように、メンテナンスの時間が少なく、冷却運転時間の全体比率で僅か4%弱にすぎない。なお、メンテナンスの主な内容は、付随するベルトコンベヤ廻りのダスト清掃および乗継ぎ部分の清掃であった。

(d) 電力使用実績

気化冷却設備の特徴として、使用するエネルギーは電力だけで、排出物は一切発生しないことが挙げられる。表-4に使用電力の実績を示す。

表-4 気化冷却設備の使用電力量

年	月	電力使用量(kWh)	打設量(m³)
平成12年	6月	328,840	22,107
	7月	367,010	26,052
	8月	306,000	20,454
	9月	173,880	19,182
平成13年	6月	307,800	24,053
	7月	381,580	28,396
	8月	250,460	22,060
	9月	209,660	24,157
計	—	2,325,230	186,461

※1m³当たり使用電力量→12.5kWh/m³

これによると、1m³当たりの平均使用電力量は、12.5kWhである。計画では、最高気温におけるコンクリートの練上がり温度は28℃であるので、温度低下量は4.5℃となる。したがって、1m³・℃当たりの気化冷却設備の使用電力量は、2.8kWh/m³・℃(=



12.58 kWh/m<sup>3</sup>÷4.5°C)であった。

## 6. ま と め

大滝ダムにおいて採用した、細骨材の気化冷却設備は、6年にわたる長期の間、当初の計画どおりその性能を十分に発揮し、コンクリートの打込み温度を抑制することができた。それと共に、猛暑の時期も乗り越え、急速施工に大いに寄与できたものとする。

運転実績から、当設備の性格上、連続運転の大量処理に極めて適していると言え、メンテナンスは軽微で月2~4回程度であり、ランニングコストも処理量を増やすほど、連続運転するほど、1m<sup>3</sup>当たりの単価は更に廉価になると思われる。

コンクリートダムなどのマスコンクリート構造物の温度規制を行う場合において、施工条件等が適合すれば骨材の気化冷却は大きな成果が期待できると思われる。なお、排出物が一切発生しないクリーンで環境にやさしい設備であることも大きな特徴である。

今後は、大滝ダムならびに坂本ダムでの実績を基に、更なる改善を加え、広く展開して行きたいと考える。

最後に、当気化冷却設備を本格採用して頂いた国土交通省近畿地方整備局大滝ダム工事事務所の皆様、ならびに共同開発に携わった石川島建機株式会社をはじめ関係各位に深く感謝する次第である。

### 《参考文献》

- 1) 佐藤英明, 本名誠二, 江上良二: 気化冷却を利用した細骨材冷却法の開発, 熊谷組技術研究報告, 第53号, pp.91-97, 1994.10
- 2) 佐藤英明, 古田島信義: 骨材の気化冷却法によるダム用コンクリートのプレクーリング, セメント・コンクリート, No.613, pp.38-45, 1998.3
- 3) 名波義昭, 三上 章: 大滝ダムにおける気化冷却法によるプレクーリングについて, ダム技術, No.158, pp.51-58, 1999.11
- 4) 氏原浩之, 玉井裕行, 佐藤英明: 坂本ダムのコンクリート打設工法と気化冷却法によるプレクーリングについて, ダム日本, No.650, pp.35-57, 1998.12

### 【筆者紹介】

龍本 圭一 (たきもと けいいち)  
株式会社熊谷組  
関西支社  
土木統括部大阪神戸土木部  
大滝工事所  
作業所長



反田 佳希 (たんだ よしき)  
株式会社熊谷組  
関西支社  
土木統括部大阪神戸土木部  
大滝工事所  
副所長



佐藤 英明 (さとう ひであき)  
株式会社熊谷組  
土木本部  
ダム技術部  
担当副部長



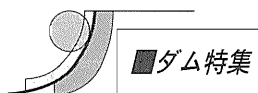
# 建設機械図鑑

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

A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

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



# フィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の機械化

矢作健治・多々良敏夫・堀崎敏嗣

一般に、ロックフィルダムの遮水ゾーンなどにおける仕上げ掘削後の岩盤清掃作業では、その作業の特殊性が機械化、省力化を阻んでいる。筆者らは、これらの課題を踏まえ、ロックフィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の合理化施工を目指し、岩盤清掃作業の専用機「自走式岩盤清掃機」を開発した。

国土交通省東北地方整備局・摺上川ダムにおける現場実証試験および実施工において、基礎岩盤面の洗浄と洗浄後の土砂の回収作業を効率良く施工できることを確認した。本報文では、岩盤清掃機のシステムと施工実績について報告する。

キーワード：ダム，ロックフィルダム，遮水ゾーン，合理化施工，岩盤清掃，無線操縦

## 1. はじめに

一般にロックフィルダム建設工事においては、堤体基礎岩盤を覆っているルーズな土石、岩石等を除去するために基礎掘削が必要となる。まず大型掘削機などで粗掘削した後、ツインヘッドに代表される回転式切削機などを用いて適当な基礎面に整形し、さらに遮水ゾーン（コア敷）や洪水吐きのようなコンクリート構造物の着岩部では、コア材やコンクリートとの密着を完全にするため、浮石、岩くず、泥土および有害物などを取除き、特に平滑な面に仕上げの必要がある。そのためにも念入りな岩盤清掃が余儀なくされている。

従来から、岩盤面の清掃手段として、バックホウに装着したレーキ、ワイヤブラシなど各種アタッチメントや高圧水洗浄機および土砂回収用のバキューム装置など、多様な機械装置を組合せて施工されてきた。ただし、地形の複雑性、作業の特殊性などが本格的な機械化やそれに伴う省力化の進展を阻んでおり、その結果、まだまだ人力作業に頼らざるをえないのが実態である。特に、今回紹介する国土交通省東北地方整備局・摺上川ダム（中央コア型ロックフィルダム、堤体積8,400,000 m<sup>3</sup>）のような大規模クラスのロックフィルダムにおいては岩盤清掃対象面積が広大なものとなり、それに費やされる労力も多大なものとなることが懸念されることである。

以上のような課題を踏まえ、施工性、機能性、安全性の向上を図り、岩盤清掃作業の省力化を実現するた

め、筆者らは岩盤清掃の専用機として「自走式岩盤清掃機」（写真—1）を開発し、平成10年3月以降、摺上川ダム本体建設工事に導入した。

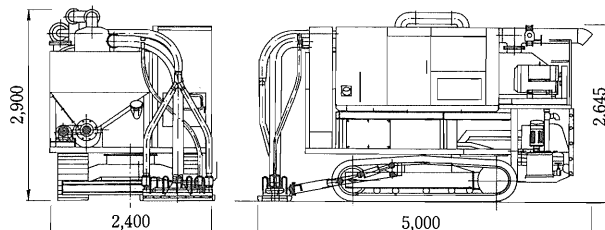


写真—1 岩盤清掃機

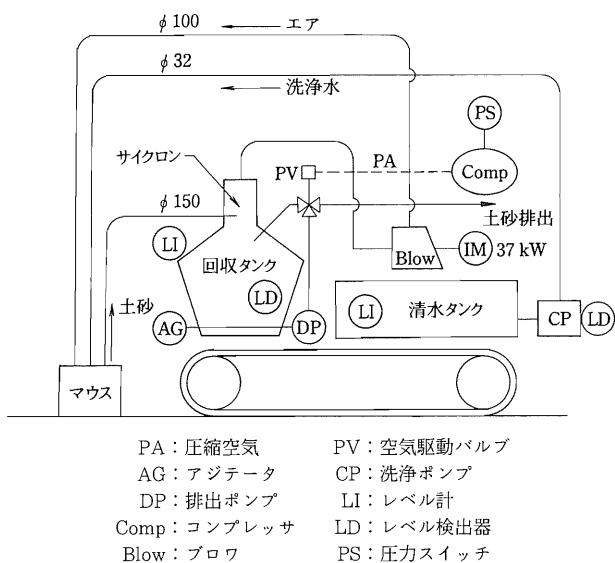
## 2. 岩盤清掃機のシステム

岩盤清掃機の主なシステムおよび摺上川ダム建設工事における施工実績については以下のとおりである。

本機は以下のような各機器から構成されている（図—1、図—2、表—1）。



図—1 岩盤清掃機全体図



PA: 圧縮空気      PV: 空気駆動バルブ  
 AG: アジテータ    CP: 洗浄ポンプ  
 DP: 排出ポンプ    LI: レベル計  
 Comp: コンプレッサ    LD: レベル検出器  
 Blow: ブロウ      PS: 圧力スイッチ

図-2 システムフロー図

表-1 岩盤清掃機標準仕様

項目	仕様
型式	自走式, 真空吸引・空気輸送方式
ブロウ	多段型遠心式ターボブロウ 37 kW (インバータ制御) 風量: 40 m <sup>3</sup> /min 風速: 40 m/s 真空圧 (差圧): -2,450 mmAq
マウス部	マウス昇降・スライド方式 有効吸引幅: 1,000 mm, 最大吸込み塊: φ40 mm 以下 洗浄水噴射圧: 0.8 MPa 水量: 100 L/min
給水タンク	有効容量: 1.2 m <sup>3</sup> 洗浄用ポンプ搭載
回収タンク	有効容量: 1.5 m <sup>3</sup> (自動水位制御) 循環搅拌装置内蔵
本体動力	60 kVA ディーゼル発電機 (60 Hz 仕様)
走行装置	ベースマシン: 低床式重量物運搬機 CT-60 (コマツ製) 操縦: 携帯式ラジオ・コントロール方式 走行速度: 0~1.6 km/h (無段階ボリューム設定) 登坂能力: max 15° エンジン出力: 28 PS/2,500 rpm
外形寸法	全長: 5.0 m 全幅: 2.4 m 全高: 2.9 m
全装備質量	約 10.0 t

### (1) 走行装置

走行安定性を重視し、ゴムローラ式ベースマシン (低床式重量物運搬機 CT-60, コマツ製) および携帯式ラジオ・コントロール (無線操縦方式) を採用した。また、走行速度は岩盤清掃面の仕上がり状態に応じ、0~1.6 km/h の低速域内で無段階ボリューム設定により任意に速度調整ができる。なお、送信機の操作不能時のバックアップとして、非常用有線リモコンを併設している。

### (2) ブロウ装置

今回採用した土砂回収方法は、一般に「真空吸引式空気輸送方式」と呼ばれる原理を利用している。これは、土砂回収に必要な風量 (40 m<sup>3</sup>/min), 風速 (40 m/s), 真空圧 (差圧 -2,450 mmAq) を、ブロウにより管内に発生させることで、管末端に誘起された強力な吸引力で土砂を取込み、さらに取込んだ土砂は管内の高速空気の流れに乗せ、所定の高さ、長さの管内を通過させ、回収タンクに輸送、貯留させるものである。

このような基本的条件を勘案し、小型軽量の多段型遠心式ターボブロウ 37 kW を選定した。なお、起動時の電源の安定化を図るためインバータ制御方式を採用している。

### (3) 吸込みマウス

マウス部は本体前面側の吸込みホース先端部に位置し、本機の走行とマウスを支持しているリンク機構の上下作動により土砂を取込む機構になっている。

マウス内には洗浄水噴射用ノズルを内蔵し、このノズルからのジェット噴射圧によって岩盤面に付着している土砂等を浮揚させ、同時に加速度を与えて吸引効果が高めることができる。また、マウス中央部に位置

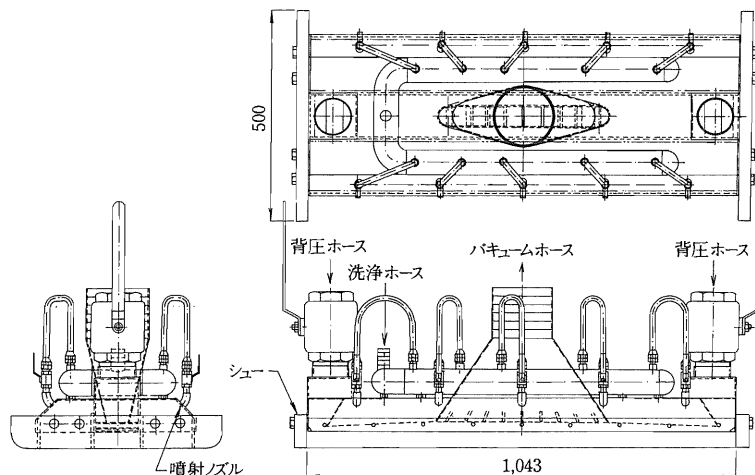


図-3 吸込みマウス構造図

する吸引孔には、 $\phi 40$  mm 以上の塊を吸込まないようにスクリーンが設置されており、吸引中の管内閉塞を防止する。

マウスの周囲に取付けた耐摩耗性のウレタンゴム製シュー・スカートは、定常的に吸引孔の開口部面積や清掃面との距離を一定に保ち、吸引力の安定、清掃面不陸部への対応および周囲への飛散防止を図っている。なお、有効吸引幅は 1.0 m に設定してある。マウス本体はスライド（トラバース）機構により、左右方向にも任意に位置合せができる。図-3 に吸込みマウスの構造を示す。

#### （４） 給水装置および土砂回収タンク

岩盤洗浄水の円滑な供給を図るため、給水タンク（ステンレス製、有効容量 1.2 m<sup>3</sup>）と洗浄用ポンプを搭載している。洗浄用水は、適宜、外部から清水を補充する。

土砂回収タンク（有効容量 1.5 m<sup>3</sup>）は、吸引・管内輸送された土砂を、タンク入口のサイクロンで空気と分離し一時的に貯留する。このとき、取込んだ土砂をタンクの底に沈降させないようにタンク底部のスクリー式攪拌装置とポンプで循環・攪拌させる。土砂回収タンク内が満水状態になると、水位制御によりブロウと洗浄用ポンプが自動停止し、適宜、三方切替え弁にて回収タンク外へ土砂を排出する。

これら一連の各機器の動作モードは機側の制御盤により手動/自動の切換えを行う。

#### （５） 発 電 機

基本的に、機内の動力源は搭載したディーゼル発電機（60 kVA）から供給する。ただし、移動距離が狭い範囲に限定される場合には、必要に応じて外部からの給電も可能である。また、発電機を小型化し発電容量を有効に利用するため、機器はすべて 60 Hz 仕様に統一している。

#### （６） 安全装置

事故を未然に防止するため、各種の安全装置を組んでいる。その一例を挙げると、

- ① オペレータの転倒など、送信機操作に異状事態が発生した場合、自動停止機能が作動する。
- ② 妨害電波などによる電波障害時、自動停止機能が作動する。
- ③ 走行モード時の黄色回転灯、ブザーによる警報で周囲への注意を喚起する。

### 3. 現場施工実績

岩盤清掃機の施工実績は以下のとおりである。

#### （１） 工 事 概 要

- ・ 工事名称：摺上川ダム本体建設工事
- ・ 工事場所：福島県福島市飯坂町
- ・ 発注者：国土交通省東北地方整備局
- ・ 工事規模：中央コア型ロックフィルダム  
堤 高 105.0 m  
堤頂長 718.6 m  
堤体積 8,400,000 m<sup>3</sup>  
洪水吐きコンクリート 267,000 m<sup>3</sup>
- ・ 施工期間：平成 10 年 3 月～平成 11 年 7 月
- ・ 施工業者：飛島・大林 JV

#### （２） 施 工 条 件

##### （a） 施工場所

摺上川ダム堤体敷内の比較的平坦な基礎岩盤面を対象とした。

##### （b） 岩盤地質

火山礫凝灰岩（CM クラス）

##### （c） 清掃前の状態

回転式掘削機（ツインヘッド）などによる仕上げ掘削後、バックホウなどを利用して大塊を粗取りした。

##### （d） 走行速度

標準走行速度を平均 1.0 km/h（0～1.6 km/h）とした。ただし、状況に応じて適宜速度調整を行った。

##### （e） 洗浄水の給水

給水車から適宜清水を補給することとした。洗浄水はそれぞれ噴射圧 0.8 MPa、噴射水量約 90 L/min に設定してある。

##### （f） 清掃後の土砂の処理

施工ヤード直近の排水ピットまで自走運搬し、排出・廃棄を行った。

#### （３） 施 工 状 況

岩盤清掃機による施工状況を写真-2～写真-5 に示す。

#### （４） 工事施工実績

岩盤清掃機の工事施工実績および確認事項は以下のとおりである。

##### （a） 施工性

施工シミュレーションの結果を踏まえ、所要施工能



写真-2 ツインヘッドによる仕上げ掘削



写真-3 無線操縦による清掃状況

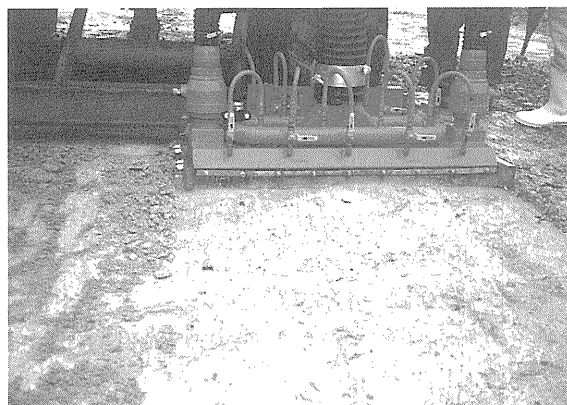


写真-4 マウス部および清掃面



写真-5 マウス部内からの洗浄水噴射状況

力を  $65 \text{ m}^2/\text{h}$  以上に目標を設定したが、実施工能力は約  $200 \text{ m}^2/\text{h}$  以上（公称施工能力  $300 \text{ m}^2/\text{h}$ ）が可能である。ただし、実施工能力は排水ピットまでの運搬時間に左右されるため、できるだけ作業ヤードの近傍が望ましい。なお、各作業単位時間はそれぞれ、給水時間が約 5 min 以内、連続作業時間が約 10 min および廃棄時間が約 2 min 以内となっている。

#### (b) 機能性

マウス部におけるウォータジェットによる洗浄機能と、バキューム効果による土砂・土石の吸込み、回収機能が1台の専用機に集約した清掃システムが可能になった。また、仕上げ面の確認をしながら微速走行が可能のため、清掃むらや取残しの少ないきめ細かい清掃ができる。

給水装置、発電機を搭載したため、全装備質量（約 10 t）がやや大きくなったが、反面、給水用ホースや給電用ケーブルなどの付属障害物による行動範囲の制約が少ない。その結果、重機類が輻輳するような施工条件下でのリスクが回避できる。

なお、走行制御用の無線操縦の有効距離は最大約 15 m（全方位・標準 10 m）まで可能である。

#### (c) 環境安全性

洗浄時の土砂の飛散防止措置により、従来のような苦渋作業が解消され、作業環境が大幅に改善された。また、一旦回収した土砂は密閉状態のまま適宜、任意の場所まで自走運搬し、短時間に排出处理ができる。

無線遠隔操縦方式の採用により、作業周辺の視界、視認性が良く安全性が高い。

#### (d) 省力化（作業体制）

標準的な作業体制は3名（世話役、オペレータ、普通作業員）程度の少人数で可能である。その結果、従来工法に比較して大幅な省力化を実現した。本機は車両系建設機械の対象外であり、またラジコンは微弱電波仕様で共に運転資格の制約が無いことから特殊な資格が不要である。操作は比較的簡単であり、作業員の順応性も高い。

## 4. 今後の課題

今回の摺上川ダムでの現場施工においては、比較的平坦な岩盤面が多かったことなど施工条件に恵まれたことと、大規模ロックフィルダムにおける岩盤清掃の合理化施工の必要性が再認識され、本機の性能および現場への適応性について良好な評価を得ることができた。今回の施工実績を踏まえ、今後さらに本格化するであろう岩盤清掃作業の機械化、実用化に向けた技術

的課題を以下に要約する。

- ① 適正な洗浄水の噴射圧、所要水量がモニタリング・制御できるシステムの開発。
- ② 取残した岩盤面に付着している粘土分などの除去対策。
- ③ 現状の回収タンク容量（1.5 m<sup>3</sup>）では1作業サイクルの回収土砂量に限界があり、増量、作業の継続性を可能にするための方策。
- ④ 回収した土砂の、より迅速・効率的な運搬・排出（廃棄）方法。
- ⑤ 中・硬岩部など不陸の大きい場所における適応性を高めるための技術的検討。特に不陸部に追従できるマウス部構造の改良。
- ⑥ 通常の移動速度での直進性は良好であるが、微速走行時では、油圧機器の特性上から直進性の保持にやや習熟の必要性が認められる。
- ⑦ コンクリートダムや洪水吐きにおけるレイタンスの回収作業など、適用範囲拡大の可能性についての検討。

## 5. おわりに

平成8年に大規模ロックフィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の機械化、省力化を目指して自走式岩盤清掃機の開発に着手して以来、摺上川ダムの施工実績を踏まえ、おおむね初期の開発目標を満足する結果となり一応の成果が得られた。

今後は引続き残された技術的課題に取組み、さらなる改良と検証を推し進める所存である。本機がロックフィルダム工事をはじめとする類似工事などへ適用範囲を拡大し、省力化、安全性の向上、作業環境の改善など、建設業が抱える課題に微力でも貢献できれば幸いである。

最後に、本機の導入にご理解をいただいた発注者をはじめ、開発にご協力、ご助言いただいたサンエー工業株式会社、工事関係者の方々に感謝の意を表します。

J C M A

### 【筆者紹介】

矢作 健治（やはぎ けんじ）  
飛鳥建設株式会社  
機電統轄部  
部長



多々良 敏夫（たたら としお）  
飛鳥建設株式会社  
機電統轄部  
担当部長



堀崎 敏嗣（ほりさき としじ）  
飛鳥建設株式会社  
名古屋支店  
土木部  
機電課  
課長



# 絵で見る安全マニュアル

## 〈建築工事編〉

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

### ■要因と正しい作業例

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

A5判 70頁 定価 650円（消費税込） 送料 270円

## 社団法人 日本建設機械化協会

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



# バイブレータ音を利用したダムコンクリートの締固め判定

栗本 雅裕・石橋 則秀・林 裕之

ダムコンクリートの締固め判定を定量的に行うことを目的に、コンクリートの締固めの進展とともに変化するバイブレータ音を使った締固め判定装置を開発し実打設時に適用した結果、合理的な締固め判定が可能になった。コンクリートの締固め判定は、締固めが進むにつれてバイブレータ音が大きくなった後小さくなる傾向を利用したもので、バイブレータの音が大きくなることはコンクリートの振動する領域が拡大していること、音が小さくなる傾向はコンクリートの密度増加に対応している。また、判定装置ではニューラル・ネットワーク理論によりバイブレータ音の変化パターンを認識させ、コンクリートの締固め判定に適用した。

キーワード：ダム，コンクリート，締固め，バイブレータ，音圧，ニューラル・ネットワーク

## 1. まえがき

ダムコンクリート打設において、コンクリートの締固めの適正な判定はダム本体の品質の向上に重要な要素となる。しかしながら、コンクリートの締固めの終了判定は振動締固め機の運転手の勘と経験に頼っているのが現状である。さらに、ダムコンクリートの示方書では、

- ① コンクリートの沈下がなくなること、
- ② 空気の泡が生じなくなること、
- ③ 水が表面に現れて光沢が生じること、

により確認できると表現されており、定量的な規準は示されていない。

このことから、コンクリートの締固めを定量的に評価するため岩崎ら<sup>1)</sup>によりコンクリート中の加速度とコンシステンシーの関係、徳田ら<sup>2)</sup>による超硬練りコンクリートを対象とした振動ローラによる締固めにおけるセメントペーストの挙動の把握が行われた。

また、社団法人日本コンクリート工学協会フレッシュコンクリートの挙動研究委員会の報告<sup>3)</sup>では構造物の壁、床版を対象とし締固め時の加速度とコンクリート密度、強度の関係が明らかにされている。

これらの研究ではフレッシュコンクリートの締固め度と加速度等変化の関係およびセメントペーストの挙動等を明らかにしたが、得られた知見に基づく締固めの管理にまで適用していない。

上記のことから、過度な締固めによるダムコンクリ

ートの品質低下の防止、さらにグリーンカット量の低減を目的にダムコンクリートの定量的な締固め判定方法に関する研究を行った。本報文では有スランプのダムコンクリートを対象としバイブレータから発生する音の変化を検出し、締固め判定に適用した結果について述べる。

## 2. 開発概要

振動締固め機を使ったコンクリート締固めにおいて、周囲に伝播するバイブレータ音の変化に着目し、締固め判定への適用性について実験的な研究を行った。実験は次の3種類を実施した。

- ① 締固め時のバイブレータ音の変化とコンクリートの物性値との関係を把握するための要素実験
- ② 実際のダムコンクリートを使った締固め実験
- ③ 締固め判定装置を製作し実打設における適用性の確認

①、②の実験結果から、バイブレータ音および加速度の変化とコンクリートの物性値および締固め現象との関係を確認し、③ではニューラル・ネットワーク理論を適用した締固め判定装置を製作し実打設での適用性について検討した。

## 3. 要素実験結果

コンクリートを締固めている時のバイブレータの加速度と音圧の計測波形の一例を図-1に、音圧波形の

包絡線を図-2に示す。包絡線は波の振動周期内の最大値と最小値を求めたものである。バイブレータの加速度は締固め開始から30秒までは一定の値を示し徐々に小さくなり50秒以上ではほぼ一定値を示す傾向にある。また、音圧波形は加速度波形と比較すると、対照的に50秒付近までは一定値を示し、その後急増し65秒付近で最大値を示す。その後減少傾向に転じ70秒以上で若干の増加傾向を示すがほぼ一定値となっている。

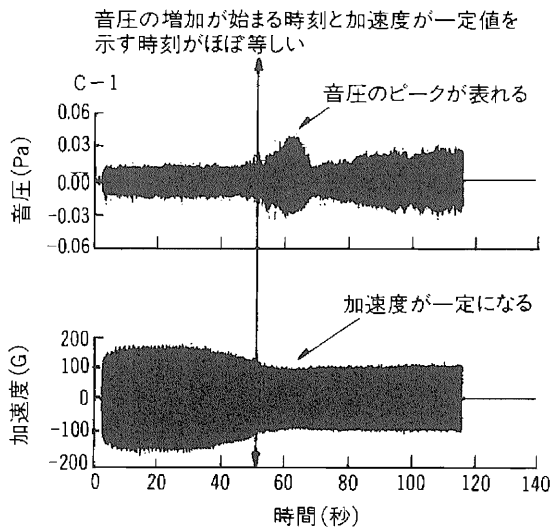


図-1 計測波形の一例

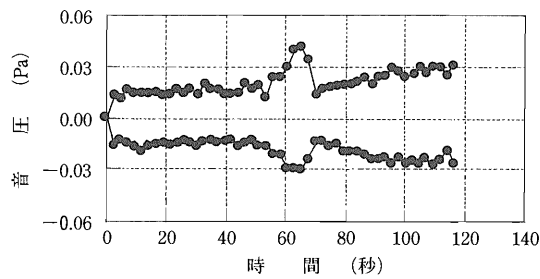


図-2 波形の包絡線

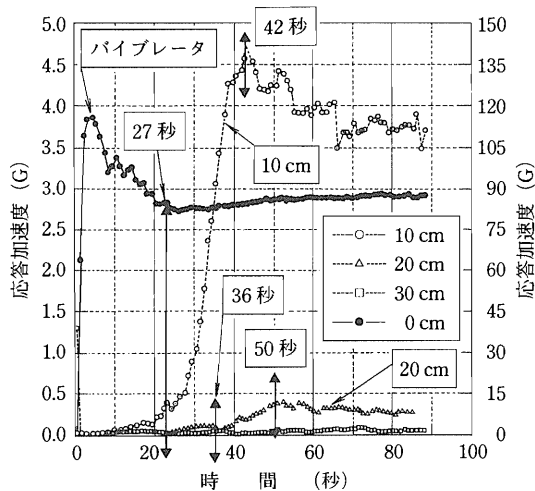


図-3 締固め時の加速度変化

バイブレータおよびコンクリート表面の加速度を図-3に示す。

バイブレータの加速度は締固め開始から27秒において約120 G (G:重力加速度) から85 Gまで低下したのち、ほぼ90 G程度の一定値を示している。また、バイブレータから10 cmの位置での加速度はバイブレータの加速度が低下し一定値を示す時刻で急激に増加を始め、42秒において最大値4.7 Gを示した後に減少に転じている。この時点においてコンクリートが振動により締固められている領域がバイブレータから10 cmまで達したものと考えられる。また、20 cmの位置での加速度は締固め開始から50秒で最大値0.4 Gとなり、その後減少している。また、30 cmの位置ではバイブレータの振動はほとんど伝達されていない。目視観測からコンクリート表面が投入時と比較して変化が認められたのは約25 cm程度であった。

締固め時のコンクリート表面の沈下速度を図-4に示す。

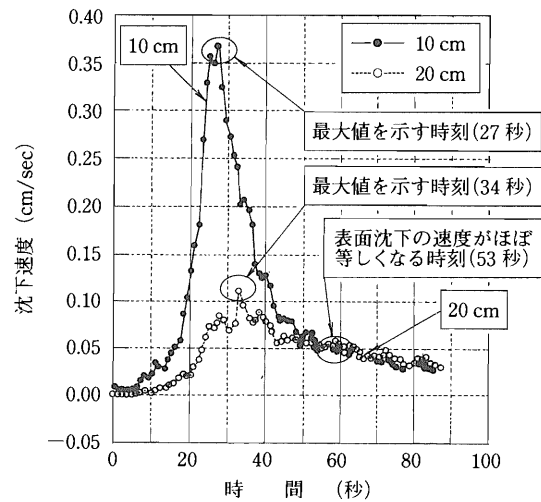


図-4 締固め時のコンクリート表面の沈下速度

バイブレータから10 cmの位置でのコンクリート表面の沈下量は20秒付近から急激に増加が始まり、27秒において表面沈下速度は最大値を示している。また、20 cmの位置では34秒において最大値を示している。また、締固め開始から53秒付近において10 cm、20 cmの表面沈下速度はほぼ等しくなっていることが分かる。

図-5は音圧波形の包絡線の正側のみを示している。音圧が増加し音圧が減少に転じる時刻50秒は10 cm、20 cmの位置での表面沈下速度がほぼ等しくなった時刻に対応している。

これらの実験結果から音圧が大きくなる現象はコンクリートが流動化している部分の拡大、すなわち振動



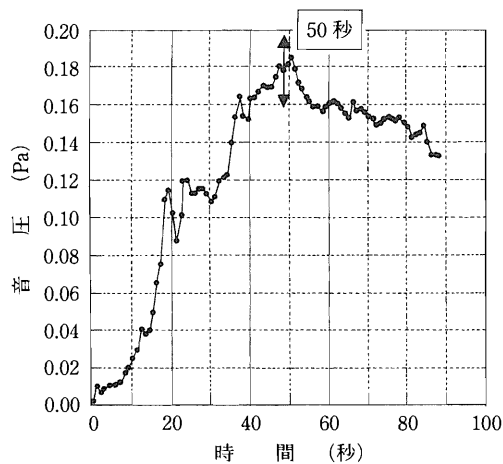


図-5 締固め時の音圧変化

が音として空气中に伝播する面積が大きくなることにより発生すると考えられる。したがって、音圧が減少傾向に転じる時刻は流動化部分の拡大が止まる時刻であると推測できる。これは、

- ① 音圧が最大値を示す時刻と表面の沈下速度がほぼ等しくなる時刻と一致している実験結果、
- ② コンクリート表面の応答加速度が一定値を示し始める時刻と一致している実験結果、

から説明できる。

すなわち、コンクリートの締固めにおいて、バイブレータの加速度が伝達され流動化の領域が拡大する時間では音圧は増加傾向を示し、流動化の拡大が止まり流動化部分の密度増加のみの現象に変化した時刻において、音圧は減少傾向を示すと考えられる。音圧の減少は、密度増加によりコンクリートと空気の影響インピーダンス比が変化しコンクリート内部で発生している音の外部への透過が小さくなることによるものと考えられる。

#### 4. 現場締固め試験結果

要素実験結果よりバイブレータ音の変化とコンクリートの締固めの現象との関係を把握した。要素実験の結果と実際のダムコンクリート締固め時に発生する現象との対応性の確認および音圧データの締固め管理への適用性を評価することを目的として、実際のダムコンクリートを使った締固め実験を実施した。

締固め実験の状況を写真-1に示す。

ドラム缶にコンクリートを投入し、ダム用振動締固め機のバイブレータを1本使い、締固め時間を変えた締固め実験を行った。また、供試体の重量測定および直径10 cmのコアを採取した。締固め時間40秒およ



写真-1 現場締固め試験状況

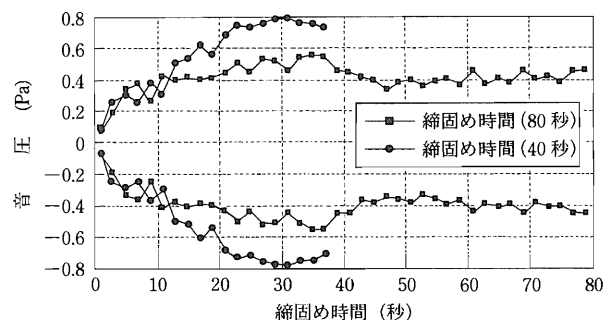


図-6 締固め時間と音圧変化

び80秒の音圧変化を図-6に示す。締固め時間40秒、80秒は音圧が最大値を示した時間から10秒間および45秒間、締固めた場合である。音圧波形の包絡線は徐々に大きくなり最大値を示した後減少している。

締固め実験に使用した供試体からコアを採取し、コアの表面を観察した。コアの長さは骨材の粒度分布を調べるための長さ75 cmとした。締固め時間80秒のコアを写真-2に示す。上部仕上げ面から3 cm程度の範囲においては粗骨材がほとんど存在せず、モルタル状であった。

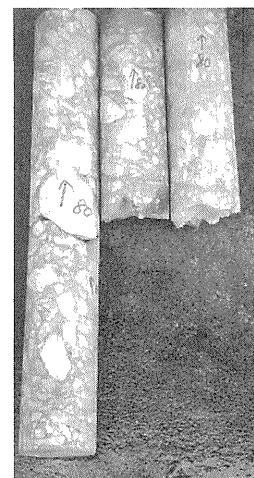


写真-2 採取したコア

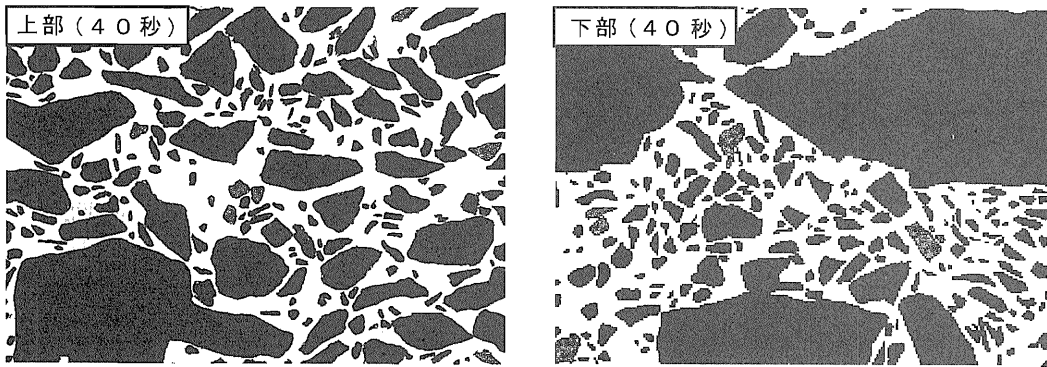


図-7 締固め時間と骨材の粒度分布 (40秒)

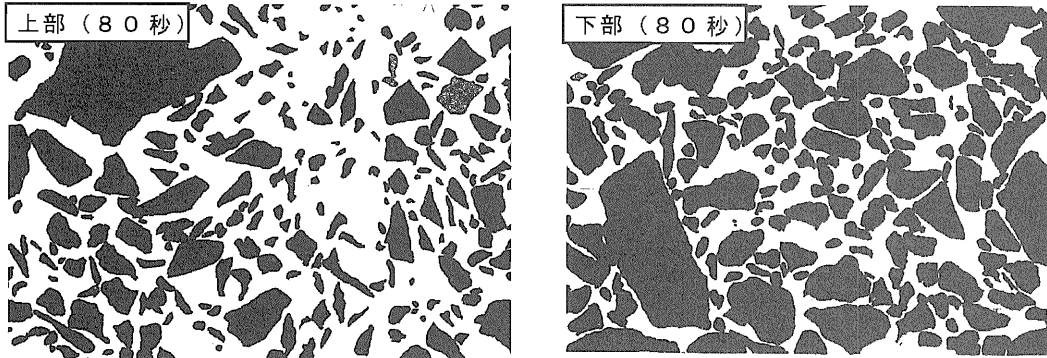


図-8 締固め時間と骨材の粒度分布 (80秒)

採取したコアの上部，下部のコア表面の骨材分布を図-7，図-8に示す。図-7は締固め時間が40秒，図-8は80秒の場合である。

図において黒い部分が骨材を白い部分がモルタル等の骨材以外の部分を示している。図において黒い大きい部分は150mm程度の骨材が現れたものである。コアの上部は締固め時間が40秒の場合，150mm程度の骨材は均等に配置されている。締固め時間が80秒の場合，上部のコアには大きい骨材は現れていないこと，下部では骨材が40秒の場合と比較して密に詰まっていることがわかる。これは過度な締固めにより骨材が沈み込んだものと推測できる。

締固め時間40秒では骨材が一様に分布し，骨材分布から締固めは良好であると考えられる。

要素実験および現場での締固め実験結果より，バイブレータの音圧が大きくなり，その後小さくなり一定値を示し始めるとコンクリートの締固めが完了したと判定して良いと考えられる。また，音圧が最大値を示した後の過度な締固めは骨材の粒度分布が不均一になりコンクリートの品質低下を招くことがわかった。

### 5. ニューラル・ネットワークを適用した締固め判定

ダムコンクリート打設時におけるバイブレータ音は写

真-3に示すように，運転室下部に設置したマイクロフォンにより測定した。また締固め判定装置（パソコン）は運転手後部に配置した。

写真-3に示した状況で計測した音圧データの時刻歴の一例を図-9に示す。計測は高周波数の分解能を



写真-3 締固め時の音の測定方法

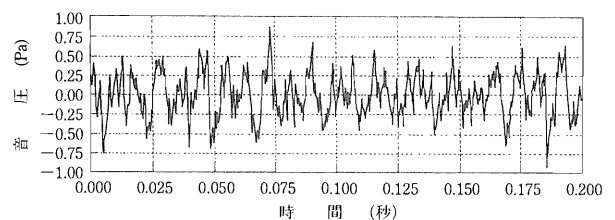


図-9 締固め時の音圧波形の一例

持たせるためサンプリング周期は5,000 Hzとした。また、図-9の音圧データは0.2秒間のみを示したものである。計測データには周囲の雑音、エンジン音さらに型枠際の締固めに使用する手動のバイブレータ音が含まれている。音圧波形のフーリエ・スペクトルを図-10に示す。図-10からエンジン、手動バイブレータおよびバイブレータから発生する音の卓越周波数はそれぞれ65 Hz, 80~95 Hz, 110 Hzと判断できる。

また、エンジン音、手動バイブレータ音およびバイブレータ音の卓越周波数は離れていることから狭帯域のバンドパスフィルタを用い110 Hzのバイブレータ音を取出した。

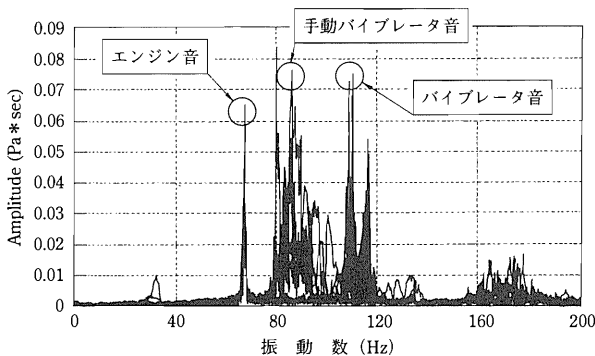


図-10 音圧波形のフーリエ・スペクトル

ダムコンクリート実打設時において、図-9に示すような波形からバイブレータ音を抽出し音圧波形の包絡線を2秒間隔で算出した。その結果を図-11に示す。図-11は現場の主任技術者がコンクリート標準示方書「ダム編」の規準にしたがって締固め終了判定をした時のデータである。音圧波形の包絡線はコンクリートの締固めの進展につれて大きくなりその後小さくなっている。また、締固め終了判定は音圧が下がったのち増加に転じて4~5秒で行われている。

この傾向はほぼすべての締固めケースで表れ、音圧

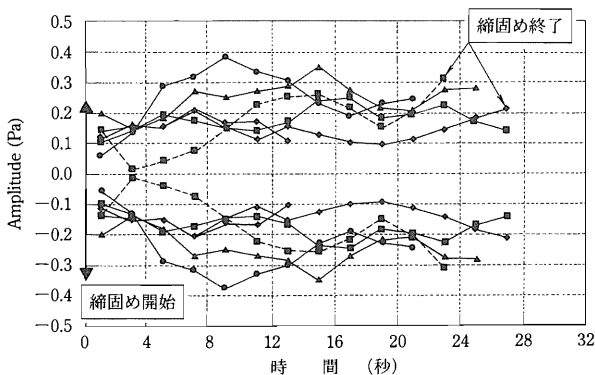


図-11 コンクリート打設時の音圧波形の包絡線

の増加・減少の勾配は要素実験およびドラム缶を使用した締固め試験とは若干異なるが、音圧変化の傾向はほぼ同様であった。

図-11に示したダムコンクリート実打設時のバイブレータ音の変化パターンを教師データとしてニューラル・ネットワークにより学習させ締固め判定に適用した。

ニューラル・ネットワークによる締固め判定事例を図-12に示す。図-12において楕円で囲んだ部分は振動締固め機のバイブレータをコンクリート内に挿入している時間帯である。すなわち、締固め開始ボタンが押された時刻から音圧が下がり続ける場合は、ニューラル・ネットワークの締固め判定を飛ばし、音圧が増加傾向に転じた時刻で始めてニューラル・ネットワークの判断に入るように設定した。

図-12に示すデータは締固め終了信号としてニューラル・ネットワークが判定した最終時刻までのデータである。ブザーによる締固め終了信号の出力は図-11の結果を考慮して図-12の最終時刻から4秒後とした。

また、締固め判定装置のブザー音とコンクリート表面の目視観測からニューラル・ネットワークによる締固め判定は人間の判断に近い形で行われたことを確認した。

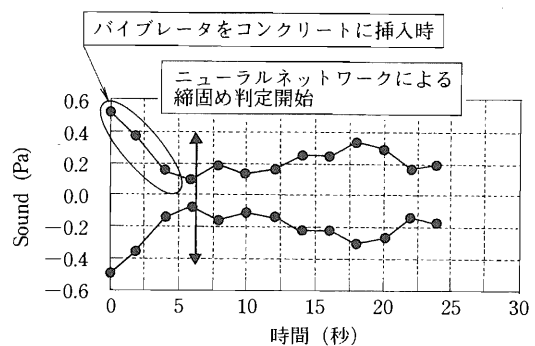
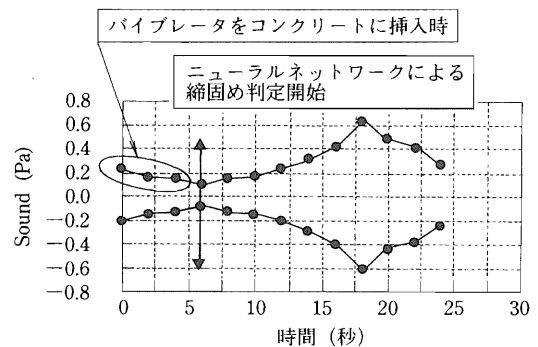


図-12 締固め判定結果

## 6. 結 論

ダムコンクリートの品質向上およびグリーンカット量の低減を目的に定量的な締固め判定について要素実験、現場での締固め実験およびニューラル・ネットワークを使った締固め判定装置を製作しダムコンクリートの実打設に適用した結果、次に示すことが結論付けられる。

振動締固め機によるダムコンクリート締固めにおいてバイブレータから発生する音の変化は、コンクリートの締固め時の現象と密接な関係があることが分かった。

すなわち、締固めにおいてバイブレータの音圧が大きくなる時間ではコンクリートの振動領域が拡大、また音圧が減少傾向を示す時間ではコンクリート内の水、空気が上昇することにより密度が増加している。

上記の現象はダムコンクリートの実打設時にも発生することを確認した。

過度な締固めは骨材の粒度分布が不均一になることを確認した。

ニューラル・ネットワークにダムコンクリート締固めにおけるバイブレータの音圧変化パターンを組込んだ締固め判定装置により、締固め判定が実工事に適用可能となった。

JCM/A

### 《参考文献》

- 1) 岩崎, 坂本: 内部振動機によるコンクリートの締固めに関する研究フレッシュコンクリートの挙動とその施工への応用に関するシンポジウム論文集, 1984年4月度
- 2) 徳田, 加賀谷, 川上, 辻子: 超硬練りコンクリートの締固め度に及ぼす打ち込み方法および締固め方法の影響に関する基礎実験, 土木学会論文集, 第408号/V-11, 1989年8月
- 3) 社団法人日本コンクリート工学協会フレッシュコンクリートの挙動研究委員会振動締固めワーキンググループ: コンクリートの振動締固めに関する実験報告書, 1990年3月

### 〔筆者紹介〕



栗本 雅裕 (くりもと まさひろ)  
株式会社奥村組  
技術研究所  
第4グループ  
グループ長



石橋 則秀 (いしばし のりひろ)  
株式会社奥村組  
東京支社機械部  
課長



林 裕之 (はやし ひろゆき)  
株式会社奥村組  
東京支社土木部  
課長

# 移動式クレーン Planning 百科

社団法人日本建設機械化協会機械部会建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会（石倉武久分科会長）では、約2年間の編集作業を終え標記の図書を刊行しました。

本書は、

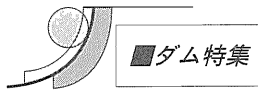
- ・建築工事計画担当者、
- ・工事担当者、
- ・作業実施担当者、

にとって、短期間に移動式クレーン作業の要点を習得するのに最適な書物です。担当する建築工事に適合する移動式クレーンをより迅速に、より効果に選定・運用する際に大いにご活用下さい。

A4判 159頁 定価2,000円（消費税別）送料400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



# 自走式土質改良機による骨材プラント 脱水ケーキの改良

尾下 真規・太田 親・白井 教男

ダム建設工事は、河川工事であり、施工規模が大きいこともあり周辺環境への影響も大きいため、特に自然への配慮が要求される。また、近年においては、産業廃棄物処理のみならず、循環型社会形成推進や建設リサイクルといった建設副産物の減量化、再資源化等の適正処理の推進が急務とされている。このような情勢の中、ダム工事において必須の濁水処理工によって発生する建設副産物（脱水ケーキ）の性状を改良し、盛土材へ有効利用を図った摺上川ダムでの事例を紹介する。

キーワード：ダム、パッチャプラント、骨材、スラッジ、濁水処理、脱水ケーキ、改良、固化材、自走式土質改良機、リサイクル

## 1. 工事概要

摺上川ダムは福島県の北部を流れる阿武隈川の支流、摺上川上流域に建設されるロックフィルダムであり、洪水調節、流水の正常な機能維持、灌漑用水の補給、水道用水、工業用水の確保及び発電を目的とする多目的ダムである。2003年2月末現在、ダム本体工事の主な工種であるフィル堤体、洪水吐、取水塔、基礎処理が完了し、進捗率は95%である。

## 2. 脱水ケーキ改良の経緯

ダム工事では、大規模土工事、骨材製造を含めたコンクリート製造工事及びコンクリート打設工事、基礎地盤をセメントミルクで改良する基礎処理工事と多岐にわたり、そのいずれもが濁水対策を必要とするために、濁水処理設備を設置し処理を行っている。

この濁水処理設備では、濁水中の浮遊粒子を凝集剤で沈降させたスラリーを、フィルタプレスにより脱水処理した脱水ケーキが副産物として発生する、見解は様々であるが物性的には75 $\mu\text{m}$ 以下の微粒子が大半を占め建設汚泥に該当する。

ここで建設汚泥の定義として、含水率が高く微細な泥状の掘削物を建設汚泥（産業廃棄物）という。粒子の直径が75 $\mu\text{m}$ 以下の粒子が5%以上、掘削物を標準ダンプトラックに山積みできず、またその上を人が歩けない状態（コーン指数が概ね200 $\text{kN/m}^2$ 以下、

又は一軸圧縮強さが概ね50 $\text{kN/m}^2$ 以下）のものを指す。

脱水ケーキの物性値を表-1に示す。

表-1 含水比およびコーン指数試験結果

試料名	含水比 (%)	コーン指数 ( $\text{kN/m}^2$ )	備考
脱水された直後の状態	25.7	257	降雨後試料採取
仮置きされた状態	31.2	73	

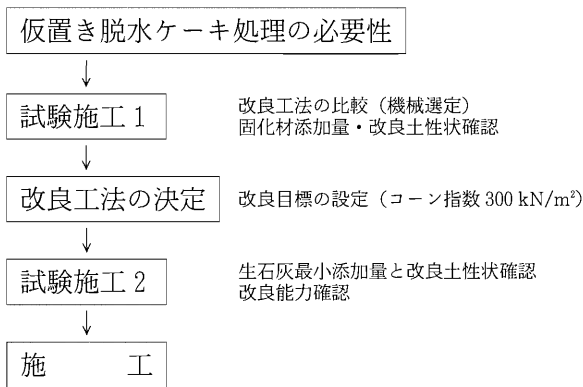
このように、微粒子で含水比が高いために強度も低く、盛土等に有効利用する場合、従来は良質土や岩砕による混合又は互層盛土により性状を改良して使用する方法が一般的であったが、今回は工程上、建設発生土処理の終了と脱水ケーキの仮置きが発生したために（上記表-1の仮置き後物性値参照）、さらに跡地表層部での盛土材として有効利用するためには改良し長期安定化させる必要があった。

## 3. 固化材の選定

固化材の選定は、一般的には石灰を主成分としたものと、セメントを原料にしたものがあるが、六価クロム発生の危険性や環境への配慮、改良固化後の取扱い、混合性を考慮して生石灰パウダを使用した。脱水ケーキ自体のpHは6.8とほぼ中性である。

## 4. 改良工法の検討

以下に改良工法検討のフローを示す。



### 5. 試験施工と結果

脱水ケーキを自己処理する方法として実績等を調査し、固定設備を除いた経済的に有利な、自走式土質改良機とクローラ式スタビライザについて改良試験施工を実施し、それぞれの機械による施工能力、固化材添加量の違いによる改良土の強度を比較検討した。

#### (1) 工法の比較

施工性、経済性の観点から表—2の施工方法を比較検討した。

表—2

項目	スタビライザ工法	評価	自走式土質改良機工法	評価
特長	アップカット方式と適正なビットの配列・形状やロータ回転数により高い混合性を発揮する。	—	ソイルカッター+大型3軸ロータリハンマ+アフターカッターにより粘性の高い脱水ケーキでも解砕・細粒化混合可能	—
施工能力	改良厚さ $t=30, 45 \text{ m}^3/\text{h}$	△	約 $60 \text{ m}^3/\text{h}$	◎
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合前に脱水ケーキの敷均しを必要とするため、コーン指数が小さい場合は作業が困難。</li> <li>盛土等の施工場所で改良を行う必要がある。</li> <li>固化材吊上げ用クレーンが必要</li> </ul>	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱水ケーキのコーン指数が小さい場合でも改良が可能。</li> <li>仮置き場所で改良でき、改良土は自由に運搬できる。</li> <li>クレーン機能がついているため固化材の吊上げ用機械を別途必要としない。</li> </ul>	◎
経済性	現場で敷均し～改良まで 1.0	×	改良から改良土敷均しまで約 0.8	◎
総評	ケーキ敷均しの施工に問題がある。改良厚さ $t=30 \text{ cm}$ の時の経済性は悪い	△	施工性が良く、経済性もよい	◎

上記の結果から施工性やコストの面から、また今回は脱水ケーキが既に仮置きされた状態であり、自走式土質改良機が適切と判断された。

#### (2) 添加量と強度

生石灰の添加量と改良直後及び改良1週間後の強度を確認したが、日数の経過と共に強度が増加すること、

また最小の固化材添加量であっても改良直後で  $400 \text{ kN/m}^2$ 、1週間後では  $900 \text{ kN/m}^2$  以上の強度に至り再利用に適した品質が確保できることが判明した。

また、改良後降雨にさらされた試料においても強度は確認され、長期安定化されると見なされる。

表—3

施工機械	固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	改良直後		1週間後	
		含水比 (%)	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )
自走式土質改良機	20	24.0	479	23.9	921
	40	23.1	526	23.9	1,036
	60	20.7	651	21.8	1,124

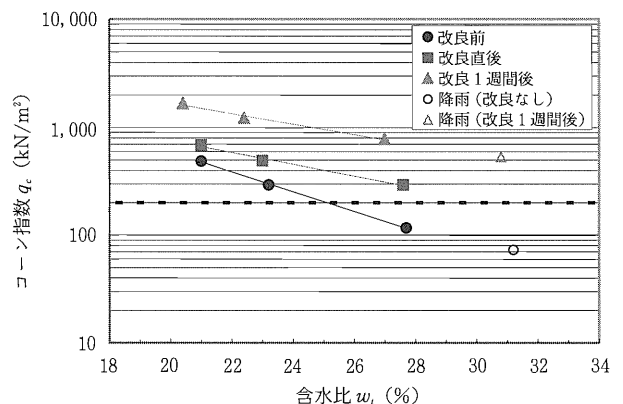
#### (3) 試験施工2

試験施工1の結果、本施工の実施と改良目標強度  $300 \text{ kN/m}^2$  の決定及び自走式改良機の能力改善を受けて、実施工前に使用するコマツ製リテラ BZ 210-1 の改良能力の確認、固化材必要最小添加量と改良土の性状確認を実施した。この際に仮置きされた脱水ケーキは、含水比にばらつきがあるため、異なる含水比の材料にて試験施工を行った。

表—4 試験結果

試料	施工能力試験		改良前		改良直後		改良1週間後	
	改良能力 (m <sup>3</sup> /h)	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	含水比 (%)	コーン指数 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	コーン指数 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	コーン指数 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )
No.1	81.2	14.8	23.2	294	23.0	493	22.4	1,220
	81.4	14.7						
No.2	81.2	14.8	21.0	487	21.0	689	20.4	1,670
	82.7	14.5						
No.3	76.0	15.8	27.7	117	27.6	294	27.0	780
	81.3	14.8						
平均	80.6	14.9						

改良能力も向上し、添加量も最小  $15 \text{ kg/m}^3$  であっても、強度に何ら問題ないことが確認された。また、表—4の結果の含水比と強度の関係、及び降雨後の材



図—1 施工含水比とコーン指数の関係

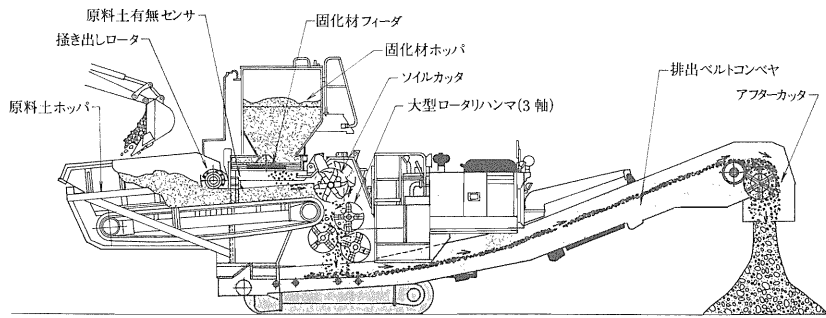


図-2 土質改良機の断面図

料（改良前・後）の関係を図-1のグラフに示す。このグラフから含水の如何にかかわらず、また長期的に品質が確保されることがうかがえる。

### 6. 自走式土質改良機の概要

今回利用したコマツ製自走式土質改良機（リテラ BZ210-1, 自重：20.5 t）は次のとおりである。

#### (a) 特長

油圧ショベルの足回りを利用しその上に原料土供給装置、固化材供給装置、混合機、排出ベルトコンベヤなどを搭載し、現場の自由場所で施工できる構造である。

#### (b) スペック

1時間当たり最大で80 m<sup>3</sup>/hの能力を持つ。対象土は粘性土から礫混じり土まで。

#### (c) 改良の仕組み（図-2）

- ① 原料土ホッパーに投入された土はベルトコンベヤフィーダで搬送され、ホッパー出口部の掻出しロータによって一定量に均されて送られる。
- ② 定量供給された土の上に、固化材ホッパーから設定量の固化材を添加する。
- ③ 混合機に送られた土と固化材はソイルカッタで切削混合され、さらに3軸ロータリハンマで衝撃混合される。
- ④ 排出ベルトコンベヤに乗った土はベルトコンベヤ先端でさらにアフタカッタで細粒化混合される。
- ⑤ 混合された改良土はそのまま排出される。

### 7. 施工

自走式土質改良機を用いた施工順序は次のとおりである。

#### (a) 施工順序

造成ヤード測量	盛土ヤードの現況を測量する
↓	
脱水ケーキ改良工	自走式土質改良機にて脱水ケーキに生石灰を混合する

改良土運搬・敷均し工	改良土を運搬しブルドーザで敷均す（敷均し厚さ t=30 cm 程度）
↓	
改良土の出来形測量	改良土がすべて造成されたのち、敷均し後の形状を測量する
↓	
改良土覆土工	改良土に土石を覆土する（t=1 m）
↓	
覆土後の出来形測量	覆土完了後、全体の形状を測量する

#### (b) 主要工種数量表

脱水ケーキ改良工，改良土運搬敷均し，改良土覆土工の種別工種は表-5のとおりである。

表-5

種別工種	仕様	数量	備考
脱水ケーキ改良工	脱水ケーキ	15,280 m <sup>3</sup>	自走式土質改良機
	生石灰	220 t	
改良土運搬敷均し	改良土	14,710 m <sup>3</sup>	生石灰込み
改良土覆土工	土石	6,740 m <sup>3</sup>	

#### (c) 施工状況

写真-1，写真-2に改良土の状況と敷均し状況を示す。

#### (d) 施工能力

今回の材料は脱水ケーキであり、原材料の投入に慎重を期したことから、平均した作業量は約60 m<sup>3</sup>/hであった。

#### (e) 品質管理

品質管理は表-6の項目について実施した。



写真-1 改良状況

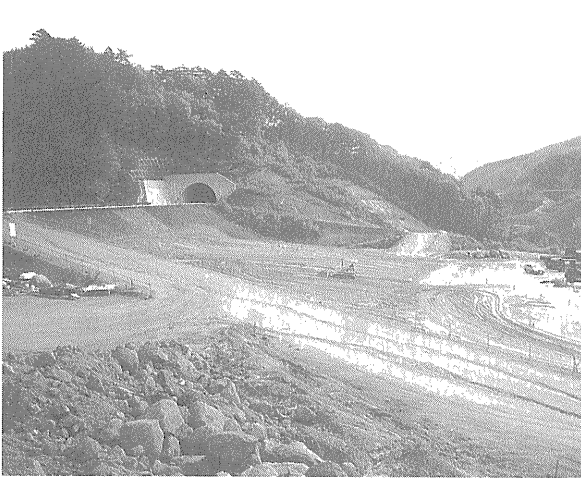


写真-2 運搬敷均し状況



写真-3 施工部位

表-6

改良土敷均し後	試験		現場密度試験				改良土のコーン指数試験	
	規格	土の締固め試験					建設汚泥リサイクル指針	
	JIS A 1210	JIS A 1214					コーン指数	
	項目	$\rho_{d\max}$ (t/m <sup>3</sup> )	$W_{opt}$ (%)	乾燥密度 (t/m <sup>3</sup> )	D 値 (%)	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )		
	管理値					300 以上		
	試験値	1.673	15.3	① 1.434 ② 1.569 ③ 1.445 平均 1.483	85.7 93.8 86.4 88.6	① 334 ② 369 ③ 353 平均 352		
	備考	モールド径 100 mm				敷均し直後に採取		

まる中、脱水ケーキだけでなく建設副産物をいかに環境への負荷を少なく、合理的にリサイクルしていくかが重要かつ早急な課題である。

J C M A

【筆者紹介】



尾下 真規 (おした まさのり)  
摺上川ダム本体建設工事  
飛島・大林建設共同企業体  
第一工事課長



太田 親 (おた たかし)  
摺上川ダム本体建設工事  
飛島・大林建設共同企業体  
工事主任



白井 教男 (しらい のりお)  
株式会社小松製作所  
建機マーケティング本部  
環境・システム事業室  
商品企画部

8. おわりに

脱水ケーキはダム工事のみならず、各種工事において発生するが、先にも述べたが良質土との混合などの選択肢の無い場合も多々考えられる、仮置き可否も工法の選択には欠かせないが、建設副産物再資源化の一手法を示す結果は得られたと考えられる。

また、ダム建設工事においては近年の環境意識の高

現場技術者のための

# 建設機械整備用工具ハンドブック

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

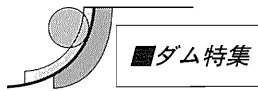
■ A 5 判 120 頁

■ 定 価：会 員 1,050 円 (消費税込), 送料 420 円  
非会員 1,260 円 (消費税込), 送料 420 円

## 社団法人 日本建設機械化協会

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





# コンクリート切削装置「ラスパール」の開発と適用事例

高橋 浩・館 真人・伊藤 勉

コンクリート切削装置「ラスパール（商品名）」は、トンネルの覆工コンクリートやコンクリートダム等の無筋コンクリートを高速かつ正確に取除く切削作業専用機である。

コンクリートのはつり方法には、切削によるもの以外に打撃、噴射、割裂等による方法があり、各々の原理に従った装置が開発され、作業条件に応じて用いられている。なかでも、高圧水を用いたウォータージェット工法は、コンクリート弱部のみを除去できる特長を生かし RC 構造物における断面修復工法の有力なはつり工法として広く用いられている。しかし、切削速度の点において多少難がある。これに対し、「ラスパール」は広範囲のはつり作業の効率化を目的とした装置であり、無筋コンクリートを強弱に関係なく所定の深さで高速に取除く装置である。

本報文では、このコンクリート切削装置の概要と適用事例を紹介する。

キーワード：ダム、コンクリート、切削、リニューアル

## 1. はじめに

近年、社会資本の充実に伴う構造物の老朽化に加えて社会構造の変化に伴う機能変更に関するニーズが多くなっており、トンネルやダムにおいても、補修・改築工事が急増している。一般に、補修・改築工事は時間的な制約が大きく、労働集約的な工事となることも少なくない。中でも補修に伴う劣化コンクリートの除去（はつり）工事はスピード、精度を要求される一方で、苦渋を伴う作業となることが多く、これに対応する技術の整備が重要な課題となっている。

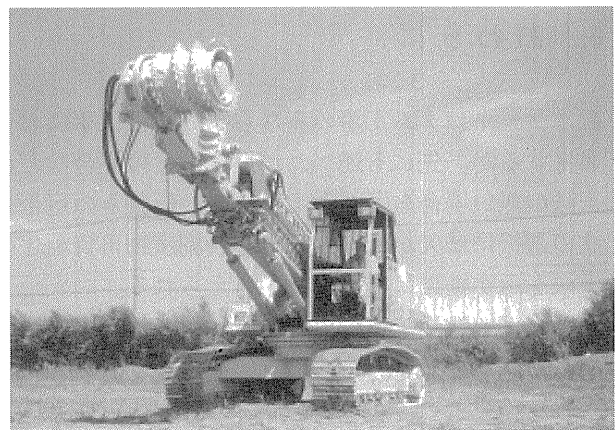
佐藤工業株式会社の開発した「ラスパール」（スペイン語で削るの意）はこの課題解決を目的として開発されたコンクリート切削装置で、これまでトンネル覆工、地下連続壁、コンクリートダム等の切削に用いてきた。

ここでは、この装置の基本的な構成および特徴を報告するとともに、平成 11 年より 3 ヶ年にわたって施工した雨竜川中央地区鷹泊ダム堤体補修工事における当装置の適用事例を紹介する。

## 2. 装置の仕様・特徴

本装置は、切削ヘッド、ブーム、ベースマシンで構成されている。切削ヘッドはビットの配列の違いによ

て螺旋配列型と対称配列型があり、ブームはショートブームとロングブームがある。それぞれの構成装置は簡単に脱着することが可能で、使用環境に応じて各タイプを組合わせて用いる（写真—1）。



写真—1 切削装置「ラスパール」

### （1）切削ヘッド

#### （a）螺旋配列型切削ヘッド

写真—2、図—1 に示すように、この切削ヘッドは岩盤切削用のドラム式カッターを応用したもので、軟岩用のバイオネット型ピットをドラムの周囲に螺旋状に配列し油圧モータにより駆動する。切削ヘッドの仕様は表—1 の通りで、切削幅 700 mm で 130 mm までの切削を一度に行うことができる。

各々のビットが担当する切削幅は 20 mm で、通常

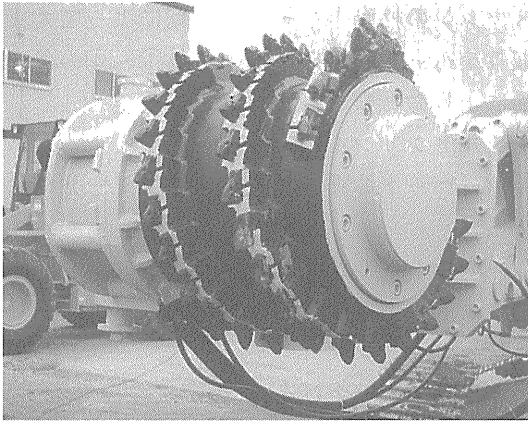


写真-2 螺旋配列型切削ヘッド

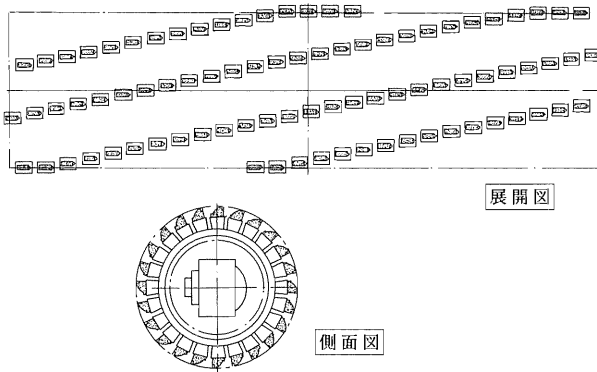


図-1 ビット配列図

表-1 螺旋配列型切削ヘッド仕様

カットトルク	2 t・m
カッタヘッド径	850 mm
カッタヘッド幅	700 mm
カッタヘッド回転数	32~72 rpm
ビット数	86 個
必要油圧	17 MPa

の岩盤切削機と比較してかなり密な配置となっている。これは、切削仕上げ面に与える影響を小さくし、大きな切削能力を保持しつつ構造物を傷めないという観点に基づいて設計されたゆえんである。

この切削ヘッドの切削能力および切削仕上げ性能については、ヘッドのみの性能確認実験によって次のことが確認されている<sup>1), 2), 3)</sup>。

- ① 圧縮強度 60 N/mm<sup>2</sup> までのコンクリートが切削可能である。
- ② 単位時間当たりの切削量は 2~4 m<sup>3</sup>/h であり、コンクリート強度が大きくなるにつれて低下する。
- ③ 概略的にはヘッドの推進力を大きくすると切削能力が増大するが、切削深度によって異なる。実験では、切削深度を 60 mm として 2.5 t の推進力で切削すると切削能力が 3.5~4.0 m<sup>3</sup>/h とすべのコンクリート強度に対して最大となる。この

ことは実際の切削工事における作業効率からも実証されており、たとえば 100 mm の深さを切削する場合、一度に切削するよりも 50 mm の深さで 2 回に分けて切削する方が効率が良いことが分かっている。

- ④ 切削面の凹凸は ±10 mm 以下でありほぼ平坦である。仕上げ面の顕微鏡検査の結果、切削仕上げ面のひび割れ、骨材の浮きについては、表面から 1~2 mm 程度に剥離片がわずかに認められる程度である。
- ⑤ 切削時の騒音レベルは 95 dB であり装置近傍でも人語が聞き取れる程度のものである。
- ⑥ 切削ずりの最大径は 15~25 mm、通過重量百分率 50% の粒径は 2.5 mm であり、比較的ずりの粒子は小さい。閉所での作業においては粉塵対策が必要となる。

(b) 対称配列型切削ヘッド

前記 (a) に述べた螺旋配列型切削ヘッドは、実はコンクリートダム用に切削能力の増強を図った 2 号機であり、初代の 1 号機はこれを一回り小さくした切削用螺旋配列型切削ヘッドであった。螺旋配列型切削ヘッドを実機に取付けて切削すると、その螺旋形状から回転方向に推進力が発生し、いわゆる横揺れが生ずる傾向があることが判明した。そのため、オペレータはその推進力を相殺するべく、逆向きの力をブームに加えながら切削するという多少のテクニックを必要とした。この装置癖を解消する目的で 1 号機の螺旋配列型ヘッドを改良し、ビットを対称に配列したヘッドを製作した(写真-3, 表-2)。

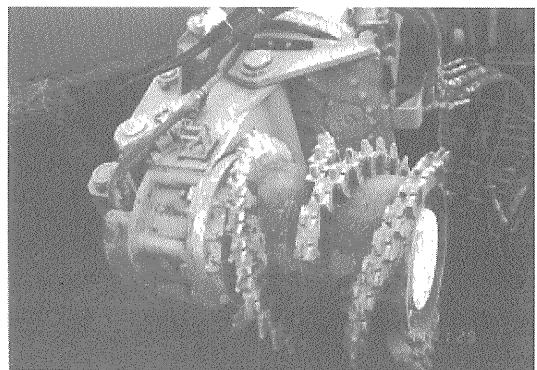


写真-3 対称配列型切削ヘッド

表-2 対称配列型切削ヘッド仕様

カットトルク	1 t・m
カッタヘッド径	750 mm
カッタヘッド幅	640 mm
カッタヘッド回転数	32~72 rpm
ビット数	74 個
必要油圧	17 MPa

切削比較実験において、対称配列型ヘッドの方が揺れが少なく操作性に優れていることはオペレータの証言からも確認されたが、このヘッドの横揺れ防止効果を確認するため、ヘッド部に加速度ピックアップを取付け振動を測定した。その結果、対称配列型ヘッドは螺旋配列型ヘッドより 15 dB 程度低い値を示した。また、波形全体を見比べると、対称配列型の方が低振動状態であることも分かった。なお、切削能力、支持力、騒音、切削ずりの性状等については改良前のものとはほとんど変わらないこともこの実験によって確認された。

装置の耐久性・信頼性についてはまだ十分なデータを得ていないが、構造上問題とする欠点もなく無理のない回転切削状況を示していることから、今後の切削ヘッドについては対称配列型ヘッドを基本に考えたい。

### (c) 切削深度制御用ガイド (図-2)

本切削装置は、常に一定の深さでばらつきなく切削することを基本としているが、工事によっては任意の深さで切削することが必要となる場合もある。このためのガイドが切削深度制御用ガイドであり、前述の螺旋配列型切削ヘッドもしくは対称配列型切削ヘッド端部に設置される。これはガイド高さが 20~100 mm まで漸増する半三日月状のガイドで、ヘッドと切削面のなす角度を調整することにより任意の深度 (50~130 mm) で切削するものである。

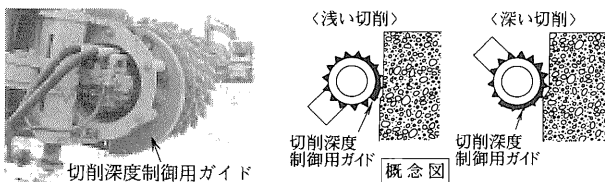


図-2 切削深度制御用ガイド概念図

## (2) ブーム

### (a) ショートブーム

切削対象構造物に接近して切削する場合に用いるブームであり、切削精度と利便性を確保するためにいくつかの機構を備えている。精度よく切削を行うためには、切削面に対してヘッドを正対させることが必要である。

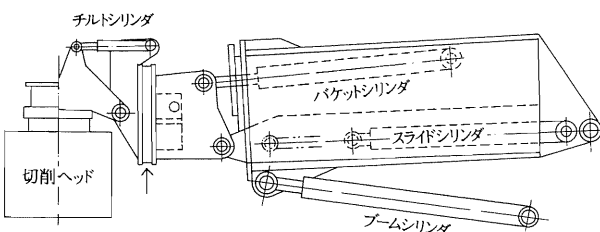


図-3 シリンダ機構図

ベースマシンの移動とブームの回転によって大まかな位置取りを行った後、以下に述べる①~④の各シリンダ機構により微調整を行う (図-3)。

#### ① チルトシリンダ

本装置はヘッドの振り角を最大 15° まで調整する機構である。

#### ② バケットシリンダ

切削ヘッドの上げ下げを行う。

#### ③ ブームシリンダ

ブーム全体の上げ下げを行う。

#### ④ スライドシリンダ

軸方向にブームを延伸する装置である。切削面に対する切削ヘッドの位置決めと切削深さの調整および切削ヘッド押付け力の調整を行う。

#### ⑤ サークル機構 (写真-4)

切削は通常上から下に向かって帯状に行われるが、条件によっては水平方向に切削する方が効率的な場合もある。サークル機構はこの目的で取付けられた機能であり、切削ヘッド取付け部にサークルモータを内蔵し、ヘッドの向きを操縦席からのワンタッチ操作で 180° 回転するようになっている。

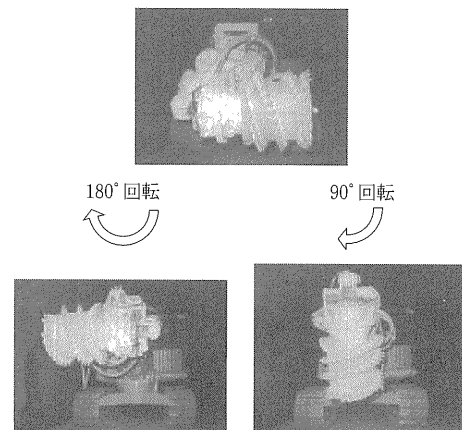


写真-4 サークル機構によるヘッドの回転

### (b) ロングブーム (図-4)

切削箇所にならなない場合に用いるブームであり、バックホウ油圧ショベルに用いるロングブームの先端アームにスライド機構を付加して改造したものである。

## (3) ベースマシン

装置移動およびブーム回転のためとオイル供給を兼ねて、ベースマシンとしては通常のバックホウ油圧ショベルを改造したものを採用している。

切削時における切削反力は、切削面に垂直な方向に対して、最大で 1.3 t、平均で 0.75 t であることが実験によって明らかとなっている。そのため切削時には

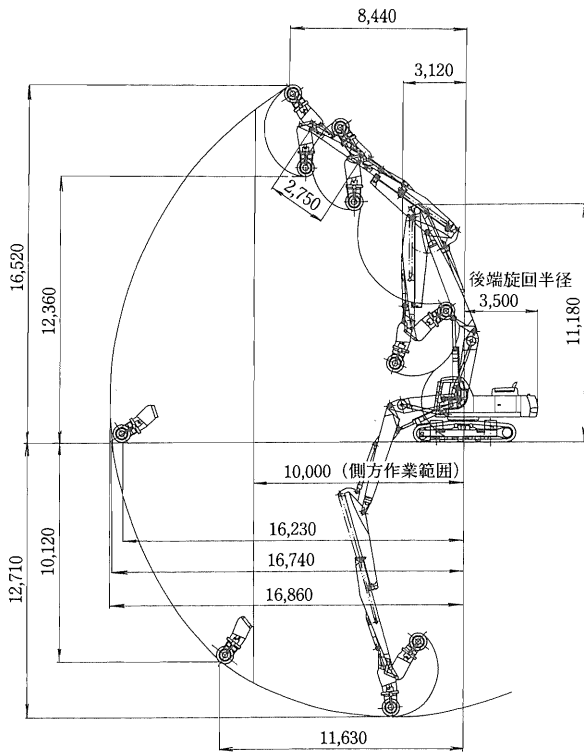


図-4 ロングブーム作業範囲

2 t程度を目安として壁面に押付けて切削するため、それに見合うだけの反力機能が必要である。この切削反力を車体重量で安定的に持たせるためには0.7 m<sup>3</sup>級以上のものを用いる必要がある。

### 3. コンクリートダム切削工事における適用事例

#### (1) 工事概要と劣化状況

本切削装置を雨竜川中央地区鷹泊ダム堤体補修工事(発注者：北海道開発局札幌開発建設部)に適用したので、その実績概要を示す。

当ダムは雨竜川のほぼ中流域に位置し、堤長170.50 m、堤高35 m、堤体積55,300 m<sup>3</sup>の発電および農業用水用の多目的ダムである。

昭和28年に竣工以来、北海道の厳しい自然環境にさらされ、ダム本体コンクリートの劣化および付帯施設の老朽化が著しい状態となっていた。そのため、国営かんがい排水事業雨竜川中央地区により回収工事を施工することとなり、十数年前より護岸擁壁、非常用洪水吐ゲート、取水塔上屋、洪水吐ピア等の補修が進められている。

ダムコンクリートは凍結融解により、ひび割れ、剥離が著しく、コンクリート表面の数cmが劣化していた。また、キャビテーションによる洗掘が数十cmに及ぶ状態であった(写真-5)。

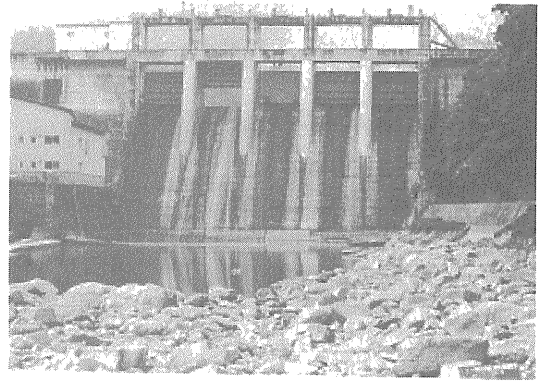


写真-5 施工前の鷹泊ダム全景

そこでダム本体コンクリート表面を50~130 cmの深さにわたってラスパールにて切削し、新コンクリートを打設することとなった。

#### (2) 事前実験

当ダムコンクリートには大粒径の玉石骨材が用いられることから、切削時の骨材の浮きが懸念された。そこで、粒径100~150 mmの玉石を表面および内部に混入したコンクリート版を製作して切削実験を行った。その結果、玉石の混入比率が高いコンクリートについてはアームのぶれ、振動などが発生するものの、玉石の浮きもなくスムーズに切削できることが確認された。また、新旧コンクリートのせん断試験による付着強度の確認、厳寒時の養生方法の確認等も行い本施工に臨んだ。

#### (3) 切削実績

工事は平成11年より3ヵ年にわたり12月~3月の渇水期を利用して行われた(図-5)。

切削に当っては、螺旋配列型ヘッド+ショートブームと対称配列型ヘッド+ロングブームの2台のラスパール(以後、前者をラスパールロング、後者をラスパールショートと略称する)を用いて行った。ラスパールの作業足場については、当初インクライン形式や架台形式も検討したが、コストと工期の点から、堤体前面に砂利を盛立ててこれを足場とする方法を採用した。

写真-6に示すように、高所はラスパールロングにて、低部はラスパールショートにて切削を行った。前述の通り螺旋配列型ヘッドは切削面から横に逃げようとする性癖があるが、油圧に余力のあるラスパールショートではこれを押さえ込むことが可能である。ラスパールロングについては事前にぶれの少ない対称配列型ヘッドを用いたのでぶれの問題はなかったが、ヘッドの軽量化等による操作性の改善が必要と考えている。

ラスパールによる切削実績量は3ヵ年で503 m<sup>3</sup>

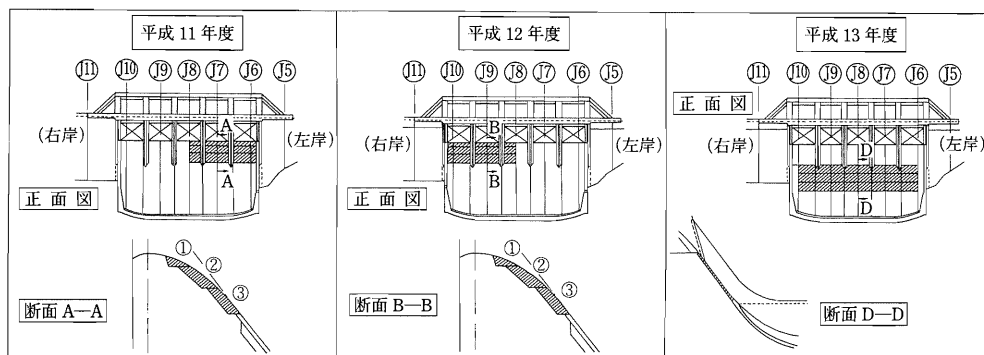


図-5 年度別施工



写真-6 堤体切削状況



写真-7 竣工後ダム全景

(平成 11 年度約 190 m<sup>3</sup>, 平成 12 年度約 190 m<sup>3</sup>, 平成 13 年度約 123 m<sup>3</sup>) であり, 純切削能力はラスパールロングで 0.76 m<sup>3</sup>/h, ラスパールショートで 0.92 m<sup>3</sup>/h である。

#### 4. おわりに

当装置は低コスト, 簡便性を基本理念として既存技術を効率的に取込むことで費用対効果を発現してきた。当ダムの切削工事においても, 切削能力については当初の目標以上の成果を得たものと自負している。

一方, ダムは我が国において比較的早期に築造された構造物であり, 中には大規模な切削, 打替えを必要

とする劣化コンクリートダムも少なくない。この場合, 現在のスタイルでのラスパールでは十分な能力を発揮することは難しく, 新たな大規模切削装置が必要と考えている。この考えのもと, 現在, ドラム式切削ヘッドとダム用インクラインを組合わせた切削ロボットの設計を進めており, 機会があれば稿を改め新ラスパールの技術紹介を行いたい。

末筆ではあるが, 当ダム切削工事にラスパールを採用して頂いた北海道開発局ならびに開発パートナーの日本鋳機, KBC マシナリに謝意を表する次第である。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 伊東, 他: コンクリート表面切削装置の開発, 土木学会第 45 回年次学術講演会, 平成 2 年 9 月
- 2) 岩藤, 他: 補修工用コンクリート切削装置の開発, 電力土木, No. 231, 平成 3 年 3 月
- 3) 岩藤正彦, 坂下文夫, 伊東良浩, 目時康男: 補修工用劣化コンクリート切削装置の開発, 建設の機械化, 平成 3 年 7 月

#### 【筆者紹介】

高橋 浩 (たかはし ひろし)  
佐藤工業株式会社  
土木本部技術部門リニューアルグループ  
グループ長



館 真人 (やかた まさと)  
佐藤工業株式会社  
土木本部技術部門ダムグループ  
グループ長



伊藤 勉 (いとう つとむ)  
佐藤工業株式会社  
札幌支店土木部門  
工事部長



# ダム特集

# 骨材の生産から コンクリート製造・運搬・打設



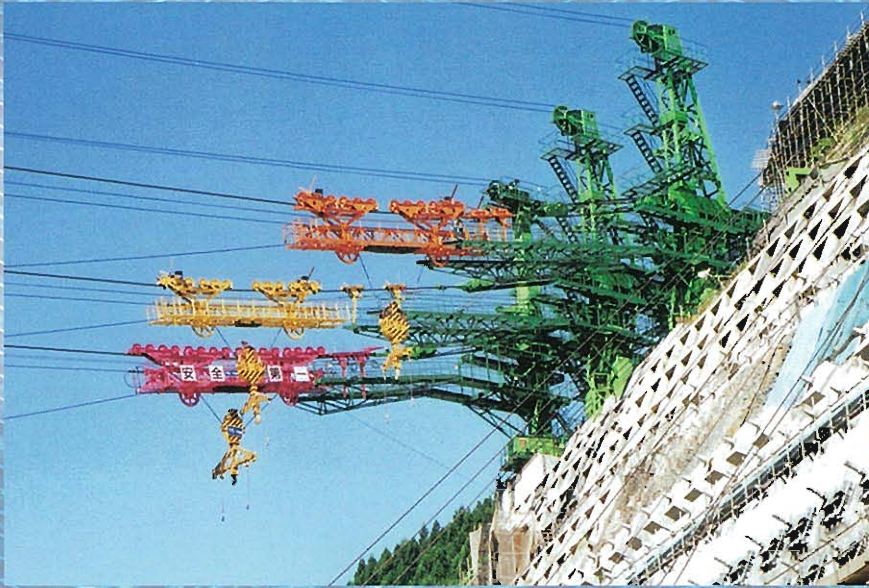
⇨ 提体



⇨ 骨材プラント



レール走行式⇨  
循環バケット



⇨ケーブルクレーン



OSGプラント⇨

— ずいそう —

## 大滝ダムの完成を目前にして

岡 孝



今、まさに四十余年の時を経て、大滝ダムが試験湛水を迎えようとしています。奈良県吉野郡川上村に位置するこのダム事業は、昭和34年9月、紀ノ川流域を襲った伊勢湾台風による未曾有の大被害を契機に始まりました。総事業費3,210億円を予算計上した巨大ダム事業です。

しかし当時川上村民の間には、ダム建設反対の感情が強く、事業の進行が非常に難航しました。その頃血気盛んであった当人も、今では笑ってその頃の話をしてくれます。国、県、村、そして地元民と本当に多くの人々の苦難によって、このプロジェクトが40年の時を経て、まさに完結の時を迎えようとしています。

すこし私とダム建設との携わりを顧みますと、ダム工事に興味を抱いたのは、高校時代に土木の教師から、久保田豊さんの話を聞いたときです。彼は、戦前戦後に渡り、アジア・中南米等でスケールの大きい土木開発事業を展開した国づくりの助言者です。当時朝鮮半島に世界最大級の水豊ダムを建設した話でした。また後になり、彼が残した記事「パナマ運河に携わった青山士さんの『自然と戦って民生に幸福をもたらす。これが私の喜びだ。すなわち技師は天職であり月給をもらうために働くのではない』という人生哲学に私は共感を覚えた」を読んだ時、私は彼の技師魂を感じました。

私には、そこまでの信念はありませんでしたが、昭和40年ダム・トンネル建設に関しては最高の技術水準にあった熊谷組に入社し、すぐ岐阜県の乗鞍岳と御岳山の中間に当たる高根ダムの建設に携わることになり、ダム建設の第一歩を踏み出しました。その後、新豊根、岩屋、奥野、片桐、上大須、そして大滝ダムと38年間に渡り7つのダム建設に携わってまいりました。

各ダムごとに想いを馳せることが多々ありますが、最も思い出深いもののひとつに、基礎地盤検査のための仕上げ掘削・岩盤清掃があります。私はこの時が好きでした。それはプロジェクトが本当に一つになる時だからです。現場所長はもとより、元請・専門業者が共に、地位、職種に関係なく、昼夜を問わず、全員スプーンやスポンジを使ってヘドロや石ころの掃除をしました。岩屋ダムの時にはその人数が500人以上にもなりました。検査の日の朝まで、何日も徹夜状態で頑

張ったことが思い出されます。今でも、ヘトヘトになりダムの岩盤に座り込み塩むすびを食べた時の味が忘れられません。片桐ダム以降、大型の吸引機械が使われるようになり、人力に頼る部分がずいぶん減ってきましたが、当時は本当に人の力の偉大さを感じました。

そして私の心が一番痛むのは、災害で亡くなられた方々のことです。いくつかのダム現場では、死亡災害も経験しました。岩盤の崩落により一度に数名が、また、車が谷底に転落、トンネルで機械に挟まれ死亡するなど、多くの尊い命が失われました。しかし、日々急速に人命尊重の意識は高くなり、この意識が施工機械や施工技術の開発を進めてきた一助になっていると思っています。今では、ダム現場における死亡災害は本当に少なくなりました。これはダム建設に従事する者の本当の喜びです。

大滝ダムでもこのような発想のもと、安全性の向上、苦渋作業の減少、作業の省力化・効率化を目差しいろいろな建設機械を開発してきました。同時にケーブルクレーンや骨材プラントのように昭和30年～40年代に製造され、別のダム現場から転用されてきた機械も使用してきました。特に後者の機械はこの大滝ダムの現場が最後の奉公になると思います。そのような設備の解体を眺め、ああ、私のダム建設人生と似たような年数で終わりを迎えるのだと思うと、感無量になります。

さて公共事業、特にダム不要論など十把一絡げで非難される昨今ですが、大滝ダムの完成は、流域住民100万人の生命と財産を守る大きな公益を生み出します。先日、新たな河川整備を目指した委員会による流域住民との意見交換会でも、大滝ダムによる水不足の解消を心待ちにされている住民もおられました。私は最後にこのようなダム建設に携われたことを感謝しています。

最後になりましたが、当現場は、これまで延べ労働時間で400万時間無災害、さらに着工以来(約900万時間)重大災害0を継続中です。竣工まで残すところ数ヶ月となりました。最後まで危険0を目指し、これまで以上に意識して工事を進めていく所存ですので、今後とも皆様のご指導の程よろしく願いたします。



— ざいそう —

# 流体輸送からジオメカトロニクスそして 環境調和型建機へ

高橋 弘



表題を見ても何のことかぴんと来ない方々が大半だろうと思います。それもそのはず、これは筆者の研究テーマの変遷を一言で述べたものです。本協会誌の随想を書く機会に恵まれましたので、ここで筆者の研究の歴史を振り返ってみたいと思います。

1977年4月、東北大学工学部資源工学科に入学しました。入学してまもなく、川内キャンパスで学科の説明会がありました。白衣を身にまとった赤ら顔の先生が、資源の重要性について熱弁を振るわれましたが、その先生が故川島俊夫教授（元日本建設機械化協会東北支部長）でした。4年生に進学した時、研究室を選ぶわけですが、この時は迷わず川島研を選択しました。その理由はいくつかあります。まず、1年生の時に受けた学科説明会での印象が強烈であったこと、次に流体力学が挙げられます。当時、川島研では流体輸送の研究を精力的に進めており、講義でも大学3年生の時に、流体力学・流送工学を履修しましたが、それ以来、流体力学の数学的表現にすっかり魅せられてしまいました。3番目の理由としては、開発機械学研究室という名前です。機械の勉強もできるというのも決め手になりました。学部4年、大学院修士課程、博士課程の間、流体輸送一色の研究生活でした。この間の数々の失敗談は、(社)河川ポンプ施設技術協会の協会誌「ぼんぶ」(No.26号, 2001年)にエッセーとして掲載されております。興味のある方は、そちらを参照して見て下さい。

1986年4月に助手として採用されてから数年は流体輸送の研究を続けましたが、当時は大学院重点化を目指した大学改革の時期にあり、専攻名が資源工学から地球工学に変わることになりました。そこで、これを契機に思い切って研究室の名前の通り、開発機械・建設機械に関する研究に取り組もうと一念発起しました。しかし、当時の研究室にあるものは鋼管やポンプ、バルブなどといったものばかり。そこで、手持ちの装置でできるものとして、初めに環境認識・ビジョンに関する研究から取り掛かり、数年後には、種々のセンサを搭載した知能化建設ロボット模型を用いた制御実験が行えるようになりました。そのような時、日本ロボット工業会などが主催する「建設ロボットシンポジウム」で研究発表を行った際、愛媛大学工学部助教授の深川先生（現、立命館大学教授）から質問を受け、同時にテラメカニクス研究会への参加を要請されました。それ以来、開発機械・建設機械の自動化・知能

化・ロボット化に関する研究にどっぷり漬かることになりました。研究の難しさがまた魅力でしたが、その難しさは「自然界を対象にする」ということに起因していました。つまり、開発機械・建設機械は岩盤・地盤などを対象に作業を行います。岩盤・地盤には不均質性があり、この不均質性が現象を複雑にしています。深川先生を通して京都大学助教授の建山先生とも知り合いになり、同じようなテーマで研究している同士ということで何かにつけ話が盛り上がり、よく飲みながら研究の話もしました。その中で出てきたのは、「地盤工学、機械工学、電子工学の有機的融合なくして建設機械の自動化・知能化・ロボット化は有り得ない」ということで、「ジオメカトロニクス」を提唱しようということになりました。幸い、筆者が代表者になり2000年度の文部科学省の科学研究費補助金を受けることができ、ジオメカトロニクスの学問体系の確立に必要な要素技術の洗い出しを行うとともに、2002年10月には、土木学会学術振興基金により仙台で「ジオメカトロニクスの高度展開と社会基盤整備に関するワークショップ」を開催することができました。

このように、ここ10年ほどは開発機械・建設機械の自動化・知能化・ロボット化をキーワードに研究を進めてきた訳ですが、この間、何度か講演を依頼され、建設機械の将来展望に関するコメントを求められたこともありました。将来展望を述べることができるだけの力量は到底持ち合わせていないのですが、少なくともこれからは「環境・リサイクル」がキーワードになるであろうことは述べてきました。ところが、こう述べているうちに、また大学の組織改革が進み、2003年4月に新しい独立研究科である大学院環境科学研究科が東北大学に設置されることになり、筆者の所属している地球工学専攻は、全ての研究室が環境科学研究科に移行することになりました。これからは「環境調和型建設機械、環境調和型建設施工、建設副産物再資源化処理機械などに関する研究」と「ジオメカトロニクスに関する研究」の2つをメインテーマとして研究を続けて行きたいと考えています。幸い、既に建設汚泥の再資源化に関する研究を開始しており、現在は自動処理機械の開発を夢見ているところです。日本建設機械化協会の会員の皆様方のご指導・ご鞭撻をお願い申し上げる次第です。

部 会 報 告

見学記：北陸新幹線飯山トンネル富倉工区

機械部会トンネル機械技術委員会

機械部会・トンネル機械技術委員会では活動の一環として平成14年10月25日、北陸新幹線・飯山トンネル富倉工区を見学した。以下にその報告を行う。

1. 工事の概要

本工事は長野県飯山地域から新潟県高田平野に至る延長22,225 kmの飯山トンネル全体6工区中、長野県側より2工区目にあたる富倉工区で本坑延長3,800 m、作業坑延長765 mのトンネルである。

工事の概要は次のとおりである。

- ・発注者：日本鉄道建設公団北陸新幹線建設局
- ・工事名：北幹、飯山T（富倉）工事
- ・場所：長野県飯山市大字富倉字川下
- ・施工者：熊谷・日本国土・大本特定建設工事共同企業体
- ・工事内容：本坑 3,800 m（補助ベンチ付き全断面機械掘削工法）  
 ・作業坑 765 m（下り12%勾配）
- ・工期：平成10年6月～平成17年3月

2. 工事の特色

(1) 膨張性地山対策

富倉工区の地質は新第三紀鮮新世の泥岩が主体であり、未固結の砂層や凝灰岩、亜炭層等が介在し、断層や褶曲の影響を受けた箇所が多数存在している。これらにより、鏡肌の発達や亀裂が多く、強い押し出しが顕著となっている。現場ではこれらについて以下の対策を行った。

- ① 先進調査ボーリングの実施による地山性状の把握や可燃性ガス、湧水等の事前情報の収集。
- ② 早期閉合を目的とした補助ベンチ付全断面掘削工法の採用。
- ③ 併合後においても変位が進行した場合の二次支保、二次イン

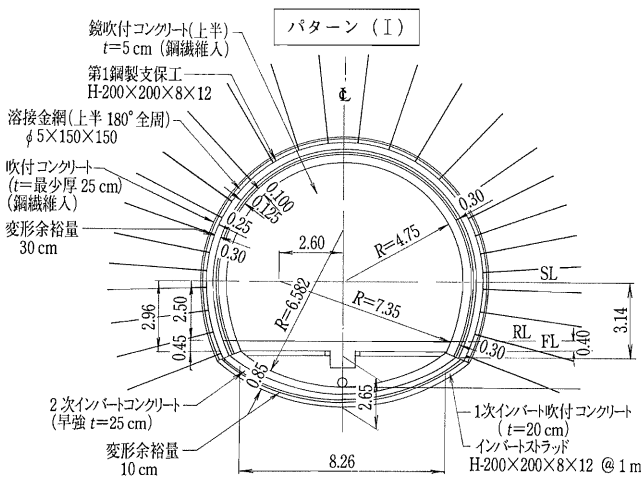


図-1 本坑標準断面図

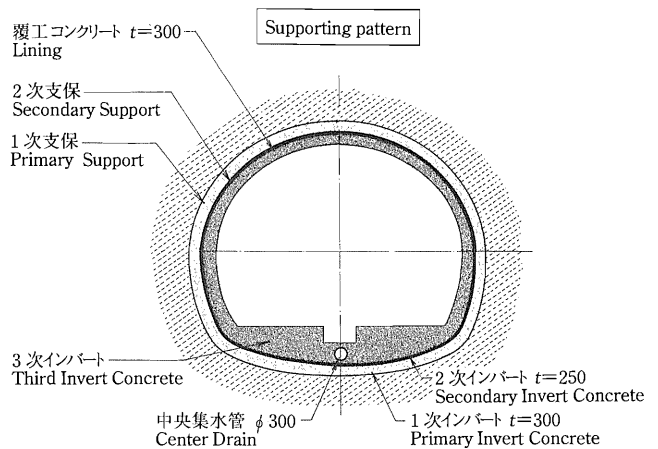


図-2 支保断面図

バートによる二次閉合の実施。

(2) 可燃性ガス対策

当工区では断層や褶曲軸の周囲に、原油、可燃性ガスが存在することが確認され、以下の対策を行った。

- ① メタンレアを坑内に形成させないための大型コントラファン2台と立坑を併用することにより、坑内風速を確保している。
- ② 可燃性ガス検知システムにより安全管理を行っている。

(3) ずり搬送設備の導入

トンネルの施工は、12%勾配の作業坑を使って本坑の施工を行っているが、ずり搬出時の安全確保や坑外ヤードの狭隘さ、排気坑としての機能確保、大型機械の排ガス対策等の理由によりずり搬出に定置式ベルトコンベヤを採用している。また、ずり破砕用として本坑内にはジョークラッシャが設置してある。

3. 主要機械設備

施工設備の特徴は以下のとおり。

① 膨張性地山の施工対策

早期併合を可能とした大型自由断面掘削機を導入した（写真-1）。掘削機は切羽部のインバート掘削を可能とするため、掘削ブームに中間リンクを用い床下深さ最大2.9 mの掘削を可能とした。また、本体は切削高さ10 m、カット出力250 kWの能力を有し、カットスライド（1.2 m）と本体スライド（2.5 m）を合わせたスライド量は最大3.7 mであり、本体の移動を極力少なくした状態での掘削作業を可能としている。

② 可燃性ガス対策用の大型ファンの導入と換気立坑の設置（写真-2）

ファンはトンネル坑口に設置し、その運転は坑内に取付けられている可能性ガス検知センサと連動している。ファンの仕様はサイレ



写真-1 自由断面掘削機

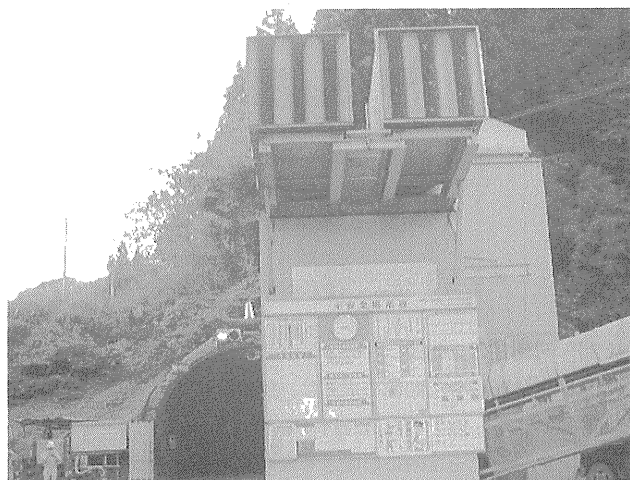


写真-2 換気ファン2台

ンサ付きの110kW×2連タイプ、2台であり、送風能力は2台あたり4,000m<sup>3</sup>/minとなる。坑内には排気用として2,100m<sup>3</sup>/minのジェットファンが装備してあり、坑内風速0.5m/sを確保している。また、この他換気用の立坑を設けている。

③ クラッシャを装備したずり搬出ベルトコンベヤ

本工事では、作業坑の斜路が12%の急勾配をしていることと、坑外のずり処理ヤードが狭いため作業坑から坑外までの間をベルトコンベヤによってずりの搬出を行っている。

切羽で掘削されたずりは重ダンプトラックにて運搬され、本坑の作業坑脇に設置してある自走式ずりホッパに投入される。ホッパ内

のずりは幅900Wのベルトコンベヤを介し、ジョークラッシャにより200mm以下に破碎した後、幅600Wのコンベヤにて作業坑を通り坑外へ搬送される。コンベヤの搬送能力は120t/hを確保している。

このコンベヤを装備したことにより作業坑が常時断面が確保されることになり、排気坑道としての機能も併せ持つものとなっている。本工事の主要施工設備は表-1のとおりである。

4. 現在までの施工状況

富倉工区では平成10年の着工時から現在までにわたって、不安定な地山状態が起因と考えられる地山の押出しによるトンネルの変状や、5t/hにも及ぶ大量の湧水、また可燃性ガスの発生など、様々な問題が発生してきた。現場ではこれらの対策として、補助工法の採用や吹付けコンクリートの材料改善による強度アップ、インバートコンクリートの早期打設によるトンネル閉合スピード化、また、その次段階となる二次支保、二次インバートコンクリートによる二次閉合施工の採用、濁水プラントによる大量湧水の処理、また可燃性ガスの発生に対しては、検知システムと連動した大型換気ファンの導入等多岐に及ぶ対策を図ってきた。

平成14年12月現在の施工完了数量として、作業坑765mの完了は勿論のこと、本坑3,800のうち3,100mの掘削が完了し、インバートは1,800m、覆工コンクリートは690mの施工を既に終えている。

5. おわりに

延長22km以上に及ぶ北陸新幹線・飯山トンネルでは現在までに他では例を見ない不良地山群を相手に日々施工を行っている。これらのトンネルで得られた貴重なデータは今後のトンネル施工に活用されることは間違いのないところであり、これに関係される方々に期待するところは大きい。今回見学させて頂いた富倉工区では、これまで現場において発生した様々な問題を関係者一丸となって克服されてきた。日々現場を施工しながらの対策は多大な苦労があるものと推察され、その努力に頭が下がる思いである。最後に、見学会実施にあたり詳細な資料作成や、現地説明、質疑応答等に貴重な時間を費やして頂いた、熊谷・日本国土・大本特定建設工事共同企業体の関係各位に深く感謝する次第である。 JICMA

(トンネル機械技術委員会 菊池雄一・後藤信一)

表-1 主要機械設備一覧

工種	機名	形式	数量
掘削 ずり積込み ずり運搬	自由断面掘削機	RH-250-MB-SL	1
	ホイールローダ	2.3m <sup>3</sup>	1
	重ダンプトラック	20~25t級	3
吹付け	ベルトコンベヤ本坑	クラッシャ装備150t/h	1式
	ベルトコンベヤ斜坑	600W	1式
ロックボルト	吹付けロボット	AL-285+AL-306	1
	クローラジャンボ	2ブーム2デッキ	1
換気	コントラファン	110kW×2	2
	ジェットファン	2,100m <sup>3</sup> /min	1
	集塵機	3,000m <sup>3</sup> /min	1
吹付けプラント 濁水処理設備	バッチャプラント	0.5m <sup>3</sup> -SEC練り	1
	定置式プラント		1式



写真-3 見学会参加メンバー

# 新工法紹介 広報部会

03-152	注入・充填式 表面補強材 一体成型 PUF 施工法	大林組・ 大阪ガス・ 東洋ゴム工業
--------	------------------------------	-------------------------

**概要**

本工法は、PC（プレストレストコンクリート）製の低温液化ガス貯蔵タンクの壁面に硬質ポリウレタンフォーム（PUF）の断熱層を省力化、急速施工する技術である。本工法は、従来の吹付け方式と全く異なり、表面補強材を壁面から一定の距離を隔てて繰出しながら、その空間に PUF を注入、充填して断熱層の形成と表面補強ライニングを同時に行うもので（図-1）、カメラによるモニタリングにより遠隔操作も可能である（図-2）。

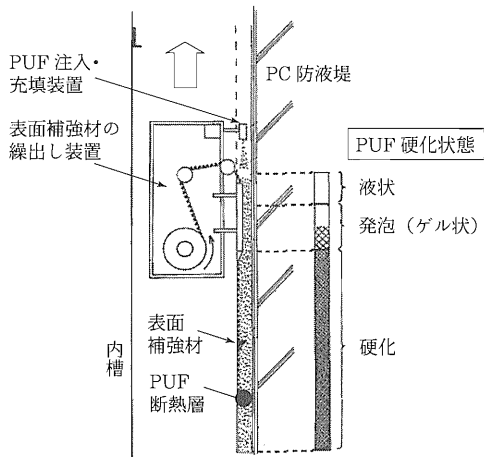


図-1 PUF断熱層の急速施工法概念図

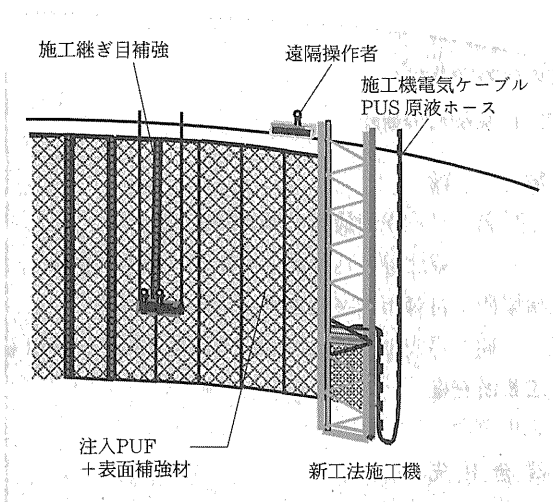


図-2 壁面への PUF 断熱層設置状況図

**特長**

① PUF 断熱層設置の作業工数が大幅に削減、合理化

され、従来工法と比較して工期が 2/3、作業員数は 70%、建設コストは 1/2（試算結果）に縮減する。

② 作業員によるゴンドラ上での高所作業が著しく減少し、安全性が大幅に向上する。

③ 吹付けや切削整形に伴う浮遊微粒子や粉塵、削り屑が発生しなくなり、作業環境が大幅に改善される（写真-1）。

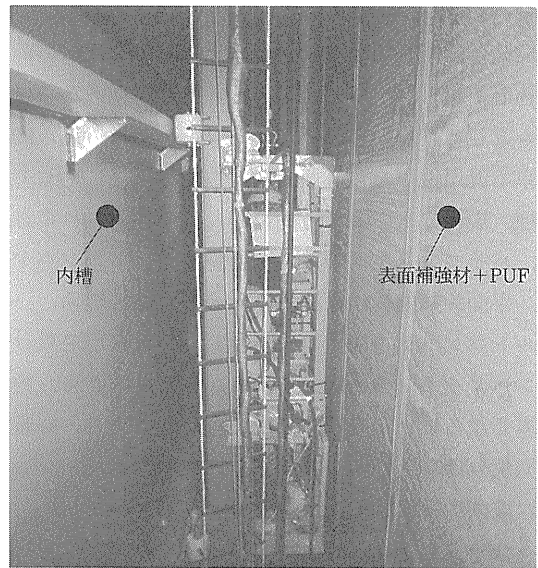


写真-1 狭隘な環状空間での PUF 設置工事

④ 工事に伴う産業廃棄物の発生が大幅に減少する。

**主な仕様**

- ・適用最小空間：0.9 m（アニュラー空間の幅）
- ・施工パネル幅：max. 1,300 mm

**用途**

- ・PC 低温液化ガス貯槽壁面への断熱層の設置工事
- ・保冷倉庫壁面への断熱層の設置工事

**実績**

- ・大阪ガス泉北製造所 18号タンク（約 9 千 m<sup>2</sup>）
- ・大阪ガス姫路製造所 No. 2-4 タンク（約 9 千 m<sup>2</sup>）

**工業所有権**

・大林組、大阪ガス、東洋ゴム工業の 3 社で特許出願中

**問合せ先**

(株)大林組土木技術本部設計第二部  
〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ  
B 棟  
Tel : 03(5769)1307

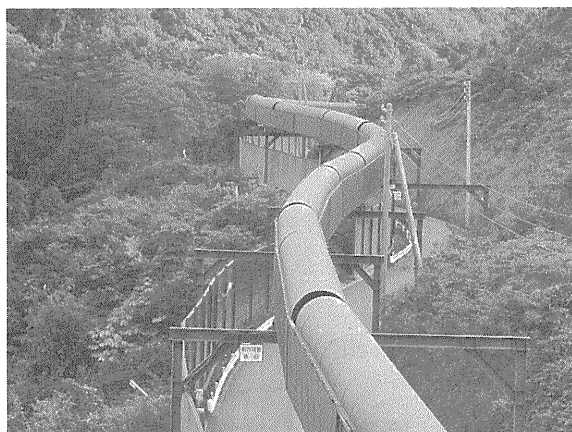
## 新工法紹介

04-253	U型トラフカーブコンベヤによる坑外ずり運搬工法	飛鳥建設
--------	-------------------------	------

### 概要

近年の環境意識の高揚に伴い、建設現場周辺の自然環境・生活環境対策および作業環境向上への取組みは大きな転換期に直面している。山岳トンネル工事における坑外ずり運搬においても、従来のダンプトラックによる運搬工法では、自然環境、作業環境の制約が大きい施工条件下において、その適応が難しくなっている。また、従来から輸送システムとして確立しているベルトコンベヤは、比較的構造が簡単で汎用性があり、運搬物の性状や用途に応じて多くの機種、規模のものが多方面にわたって使用されてきた。他方、パイプコンベヤのような特殊なベルトコンベヤを除けば、平面的に曲線状に配置する必要がある場合、一般にはベルトコンベヤを複数台に分割し、乗継ぎ部を設けながらコンベヤラインを構成している。しかしながら、乗継ぎ部が多くなることは設備費が高額になり、また、騒音、粉塵の発生や設備上のトラブルを誘発する原因にもなるなど、大きな技術的課題を抱えている。

本システム事例は、トンネル坑外のずり運搬作業の省力化と自然環境保全を目的としており、最小曲率半径  $R=150\text{ m}$ ～ $300\text{ m}$  の S 字状の平面線形（曲線部 10 箇所）を持つ延長 1,730 m の「U 型トラフカーブコンベヤ」（通称：へびコン、写真—1）を含む全長約 2 km に及ぶ坑外の長距離ずり運搬用コンベヤシステムである。



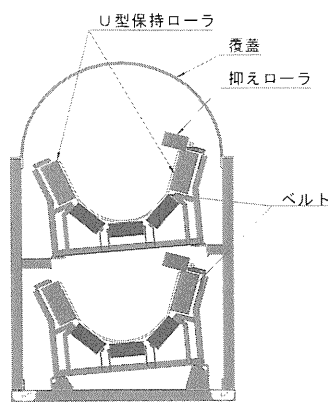
写真—1 U型トラフカーブコンベヤ近景

### 特長

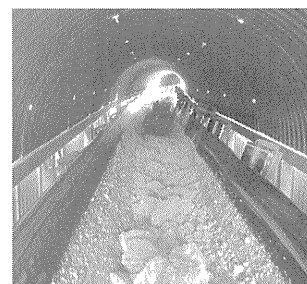
- ① 5 ロール式 U 型トラフ構造を持つ傾斜アイドラ（図—1）の採用により、S 字状のコンベヤライン（最

小曲率半径  $R=150\text{ m}$ ）が可能になり、その結果、乗継ぎ部が減少したことによる騒音、粉塵の発生抑制や工所用道路の平面線形に沿った設置が容易である。

- ② U 字型断面構造のため、運搬物性状、形状（運搬可能最大塊 30～40 cm 程度）が変動しても安定した運搬が可能である。
- ③ 従来のダンプトラックによる運搬工法に比較して、温室効果ガス（二酸化炭素）、大気汚染物質（窒素化合物、硫黄酸化物）排出量の削減、走行時の騒音、粉塵の発生抑制など、自然環境・生活環境保全効果が大きい。
- ④ 大量のずり運搬作業（ダンプトラック運転）に伴うルーチンワークの解消、車両災害防止など副次的効果も大きい。
- ⑤ コンベヤライン全線覆蓋式を採用することにより、豪雪地帯のような厳しい施工条件下でも作業への影響を回避できる。
- ⑥ 多工種への適用範囲拡大が可能である。



図—1 曲線部標準断面



写真—2 曲線部運搬状況

### 実績

工事名：日本鉄道建設公団盛岡支社

東北幹・八甲田トンネル（築木）他 1

工事場所：青森市大字築木館字大辺田貝地内

工期：平成 12 年 3 月 23 日～平成 16 年 3 月 22 日

### 工業所有権

特許出願中

### 問合せ先

飛鳥建設(株)機電統轄部

〒102-8332 東京都千代田区三番町 2

Tel : 03(3288)6538

Fax : 03(3234)3116

04-254	ジャッキ駆動偏心多軸シールド工法： J-DPLEX シールド工法	大豊建設
--------	-------------------------------------	------

▶概要

都市の再生を進めるうえでも工事費の縮減が求められてきており、シールド工事においてもシールドマシンやセグメントのコストダウンが課題となっている。

本駆動システムは、シールドのカッタ駆動部を従来のモータとギヤによる構成にかわり、シンプルな油圧ジャッキによる駆動機構とすることにより施工費全体のコストダウンを図る目的で開発したものである。

ジャッキ駆動システムは、図-1に示すようにチャンバ背面の回転駆動部に、連結板で繋げたジャッキを複数本配置し、ジャッキの力を回転モーメントに変換するクランクおよびクランク軸からなっている。

各ジャッキの動作を組み合わせることで、ジャッキの往復運動を回転運動に換え、カッタの回転力を得られるように

した全く新しい駆動システムであり、これを偏心多軸(DPLEX)シールドに応用したものである。

▶特長

- ① 駆動部がシンプルで組立・解体が容易。
- ② シールド機長を短くできるため、立坑の小規模化とコストの縮減が図れる。
- ③ 立坑の小規模化により建設副産物が減少しコストの縮減が可能。
- ④ 従来の泥土圧シールドと比較して、電力量の縮減が図れる。
- ⑤ ビットの摩耗が少なく長距離掘進が可能。
- ⑥ 任意断面の掘削にも適用できる。

▶用途

- ・下水、道路、鉄道、共同溝、電力洞道などの円形や任意断面シールドトンネル

▶実績

- ・東京都下水道局発注の荒川区東尾久二、六丁目付近再構築工事（施工中）

▶工業所有権

取得済み

▶問合せ先

大豊建設（株）技術本部技術開発部  
〒104-8289 東京都中央区新川 1-24-4  
Tel：03(3297)7011

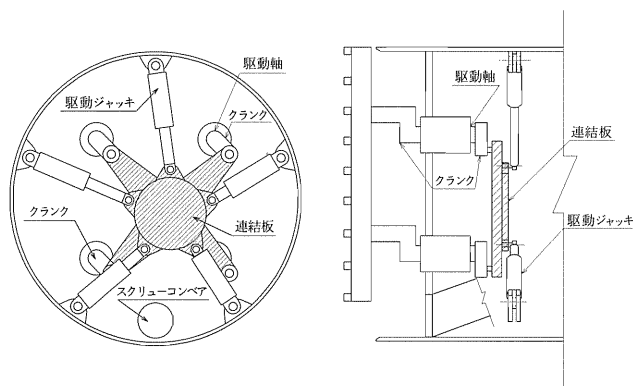


図-1 ジャッキ駆動概念図

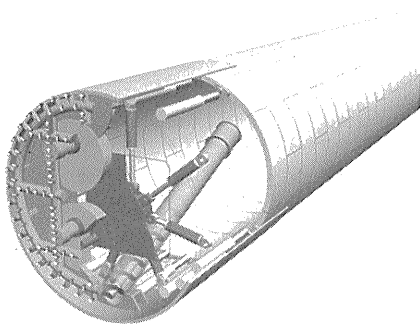


写真-1 φ7.0m イメージ図

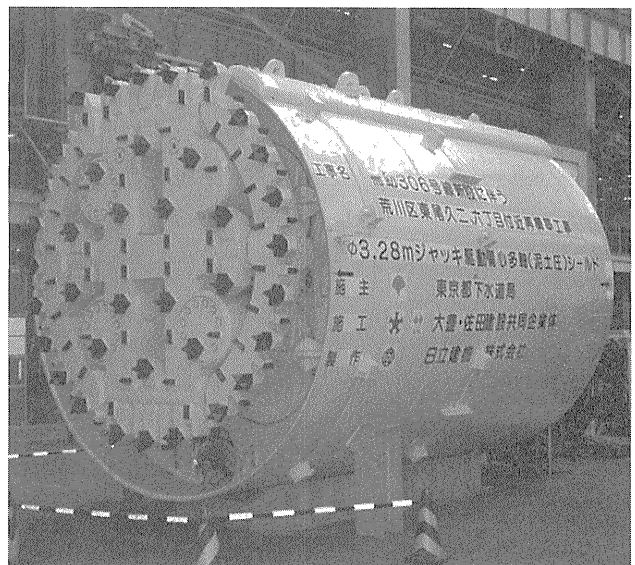


写真-2 φ3.28 J-DPLEX シールド

## 新工法紹介

09-09	遠隔操作ロボットによる 煙突除染工法（ペンタク ロース 2号機）	五洋建設
-------	--	------

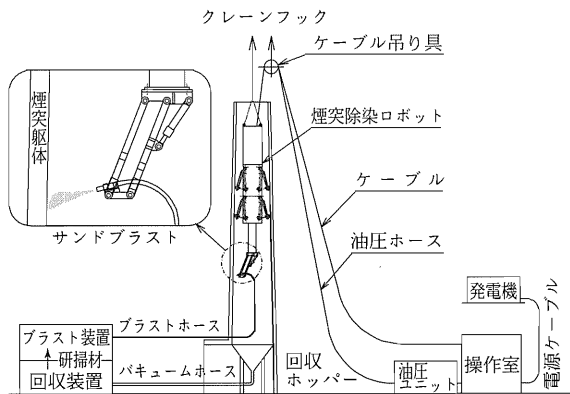
### ▶ 概 要

1999年に公布されたダイオキシン類対策特別措置法により、排出基準値をクリアしない焼却施設は2002年12月までに稼働を停止し、解体あるいは改造する必要があるが、これらの解体工事は、作業の安全と周辺環境への影響を厳しく管理しながら施工する事が求められている。

五洋建設は、このような焼却施設の解体工事に向けた、遠隔操作ロボット（ペンタクロース）による煙突除染工法を開発した。

ここに紹介するのは除染ロボット（ペンタクロース）2号機で、2002年12月兵庫県東浦町（淡路島）にてごみ処理施設解体撤去工事に適用し、所期の施工性能と工法の有効性を確認した。

除染ロボットはクレーンにて煙突頂部より煙突内に投入し、吊下げた状態で煙突頂端部から下部に向かい、煙突内部すべてのれんがの除染除去、内壁除染を行う（図一）。



またロボットは監視カメラと計器により有線遠隔操作される。

### ▶ 特 徴

- ① 遠隔操作のため、作業者は高所および汚染環境で作業する必要がなく安全である。
- ② 2段のグリッパにより煙突内面にロボットを固定して作業するため、確実性の高い除染作業ができる。
- ③ 回転式ハンマにて汚染された、れんが、モルタルを能率よく破碎し除去できる。
- ④ ブラストにより凹凸のある、れんがが表面および煙突内壁の汚染物を確実に除去できる。

⑤ 研掃材は煙突底部のホッパにて回収し、分別して再利用するため、汚染物の発生が少ない。

⑥ 煙突内部全体を負圧集塵機で吸引しているため、粉塵が外部に飛散しない。

また、除染ロボットは五洋建設と三井三池製作所の共同開発である。

### ▶ 用 途

焼却施設等の煙突の解体工事、メンテナンス工事における、れんがライニングの除染および解体除去、躯体内面の汚染部除去（除染）。

### ▶ 実 績

#### ① ペンタクロース 1号機

呉市ごみ焼却施設建設工事に伴う既存施設解体工事  
煙突規模：RC（ $H=36$  m）、RC（ $H=37$  m）

#### ② ペンタクロース 2号機（写真一）

東浦町ごみ処理施設解体撤去工事  
煙突規模：RC（ $H=30$  m）



写真一 ペンタクロース（2号機）

### ▶ 工業所有権

・特許出願中

### ▶ 問合せ先

五洋建設(株)土木部門環境事業部

〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8

Tel : 03 (3817) 7521

# 新機種紹介 広報部会

## ▶ <02> 掘削機械

02-<02>-26	コマツ 油圧ショベル PC 78 US <sub>6</sub> /PC 78 UU <sub>6</sub>	'02.12 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

狭所作業性、居住性、メンテナンス性などで良好な実績を有する後方超小旋回形と超小旋回形の2機種について、基本性能アップ、稼働情報管理機能 (KOMTRAX) の付加、日・米・欧の排出ガス対策 (2次規制) 対応などを図ってモデルチェンジしたものである。掘削力、旋回力、走行速度などをアップし、従来機と同等燃費でありながら、作業量5~10%アップを実現した。労働安全衛生法のヘッドガード基準をクリアするISO寸法適合のラウンド形キャブには大容量エアコンを標準装備し、オペレータ耳元騒音73dB(A)の達成とともに快適性を向上した。燃料タンク容量をアップして長時間連続稼働を可能にしたほか、作動油フィルタエレメント交換間隔1,000h、作動油交換間隔5,000h、給脂間隔250h (アームトップは100h) に延

表-1 PC 78 US<sub>6</sub>/PC 78 UU<sub>6</sub>の主な仕様

	PC 78 US <sub>6</sub>	PC 78 UU <sub>6</sub>
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.28	0.28
運転質量 (t)	6.85	7.7
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	40.5(55)/1,850	40.5(55)/1,850
最大掘削深さ×同半径 (m)	4.1×6.38	4.2×6.40
最大掘削高さ (m)	7.30	7.36
バケットオフセット量 左/右 (m)	—	1.03/1.065
最大掘削力 (バケット) (kN)	61.3	61.3
作業機最小旋回半径 /後端旋回半径 (m)	1.75/1.24	1.2/1.24
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.5/3.0	4.5/3.0
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	30.4	34.3
全長×全幅×全高 (輸送時) (m)	5.77×2.33×2.73	6.06×2.33×2.75
価 格 (百万円)	13.6	15.6

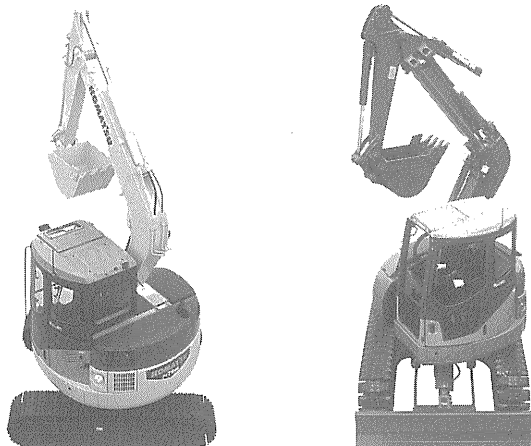


写真-1 コマツ「GALEO」PC 78 US<sub>6</sub> (後方超小旋回形) (左) と PC 78 UU<sub>6</sub> (超小旋回形) (右) 油圧ショベル

長してメンテナンス性を向上した。国土交通省の低騒音型基準をクリアしており、エネ革税制にも適合する。両機にはアームクレーン仕様があり、PC 78 US<sub>6</sub>には解体仕様やブレーカ、クラッシャなどが使用できるアタッチメント仕様が用意されている。PC 78 US<sub>6</sub>は、2002年度「グッドデザイン賞」((財)日本産業デザイン振興会)を受賞している。

02-<02>-27	日立建機 クラムシェル (ロープ伸縮式) ZX 200 LC ほか	'02.12 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

油圧ショベルをベースとしたクラムシェルのモデルチェンジ3機種、ZX 200 LC、ZX 225 USRLC、ZX 330 LCである。アームは油圧シリンダとワイヤロープを用いた3段伸縮式で、伸縮スピードのアップを図っており、ロープの交換時間は従来の1,000hから1,800hに延長している。アームトップ部は開放できる構造で、引上げロープの交換作業を容易にしている。引上げ・押込みロープはダブル式となっており、一方のロープが切断しても、もう一方のロープでクラムシェルの落下を防止する。また、アーム伸縮シリンダとブームシリンダに落下防止弁

表-2 ZX 200 LC ほかの主な仕様

	ZX 200 LC	ZX 225 USRLC	ZX 330 LC
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	1.3
運転質量 (t)	26.0	28.7	42.0
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	110(150)/2,100	110(150)/2,100	184(250)/2,000
最大掘削深さ×同半径 (m)	21.15×10.14	21.15×10.14	25.2×11.1
最大ダンプ高さ (m)	5.58	5.58	5.50
最大掘削力 (kN)	59.0	59.0	79.4
作業機最小旋回半径 /後端旋回半径 (m)	4.25/2.75	4.25/2.12	5.51/3.54
接地圧 (kPa)	54	60	79
全長×全幅×全高 (m)	14×2.99×3.19	14×2.99×3.16	18.13×3.19×3.35
価 格 (百万円)	42.53	45.2	62.8

(注) (1) ZX 200 LC と ZX 225 USRLC はアーム型式 S-TC 200 R<sub>7</sub>を、ZX 330 LC はアーム型式 S-TC 300 R<sub>6</sub>を装着する。  
(2) スライドキャブ (スライド量 1.3 m) 付き仕様を示す。



写真-2 日立建機「カメレオンクラム」ZX 225 USRLC クラムシェル (ロープ伸縮式)



## 新機種紹介

を直接装着して、配管およびホースの損傷によるアタッチメントの落下を防止している。3機種に共通のオプション仕様として、スライドキャブと無線リモコンシステムが用意されている。スライドキャブは油圧シリンダによりキャブが前後にスライドするもので、床窓を設けて前方下部の視認性を高めている。無線リモコンシステムは特定小電力無線を採用し、機械から離れて確認しながら作業ができる。

02-〈02〉-28	コベルコ建機 ミニショベル	SK 007 <sub>s</sub>	'02.12 発売 新機種
------------	------------------	---------------------	------------------

幅1mの直角通路への進入を可能とし、幅1.6mの通路であれば作業旋回ができる（左90度ブームスイング時）狭所作業向けのミニショベルである。クローラ幅の拡張はレバー操作によるもので、ブレード幅の拡張はピン式を採用している。ブームスイング角は左右90度として壁際などにおける側溝掘りを容易にし、バケット取付けにはリングピンを採用して工具なしで交換ができるようにしている。最大ダンプ高さ2.03mは2tダンプトラックへの積み込みを可能とする。アルミ製ラジエータやフルオープンボンネット機構の採用、さらに、作業、走行の操作レバーをロックする乗降遮断式レバーロックの装備など

表—3 SK 007<sub>s</sub>の主な仕様

標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	0.018
機械質量	(t)	0.785
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	6.8(9.3)/2,400
最大掘削深さ×同半径	(m)	1.53×2.83
最大掘削高さ	(m)	2.86
バケットオフセット量 左/右	(m)	0.44/0.34
最大掘削力(バケット)	(kN)	10.2
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	1.08/0.8
走行速度 高速/低速	(km/h)	3.9/2.0
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	23.2
全長×全幅(縮～拡)×全高	(m)	2.71×(0.68～0.9)×1.38
価格	(百万円)	1.95



写真—3 コベルコ建機「ボーダレス」  
SK 007<sub>s</sub> ミニショベル

でメンテナンス性や安全性を確保するとともに、国土交通省の超低騒音型基準値をクリアして環境にも配慮している。

### ▶ 〈04〉運搬機械

03-〈04〉-10	新キャタピラー三菱 ((米)キャタピラー社製) 重ダンプトラック CAT 793 C	'02.11 発売 輸入新機種
------------	--	--------------------

大規模鉱山・採石業において使用されている大形の重ダンプトラックで、パワートレーンの電子制御や故障診断システムの搭載などで、生産性と信頼性の向上を図っている。エンジンのトルクライズは23%で粘り強さがあり、燃料噴射タイミング・噴射量を電子制御することにより燃焼効率を高めている。一定速度以上で自動的に作動するロックアップ機構付きトルクコンバータ、電子制御式オートマチックトランスミッション、オートマチックリターダコントロール機能を有するリターダブレーキ、後輪のスリップを検知するとブレーキを電子制御して駆動力を回復させるオートトラクションエイド機能、緊急ステアリング補助機構などの採用で、効率的で安全な運転を確保している。フレームは軟鋼を使用した箱形断面構造で、寒冷時においても耐衝撃性がある。ROPS/FOPS 一体構造のキャブは広い視界を有し、オペレータ耳元騒音は80dB(A)以下である。車両状況の監視と故障診断機能を備えたVIMS (Vital Information Management System) を搭載して信頼性、サービス性

表—4 CAT 793 Cの主な仕様

最大積載質量	(t)	218
運転質量	(t)	147.4
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	1,615(2,196)/1,750
荷台上縁高さ	(m)	5.687
最高走行速度 F <sub>0</sub> /R <sub>1</sub>	(km/h)	54.3/10.9
最小回転半径(最外側)	(m)	32.4
最低地上高 空車時/積載時	(m)	1.21/1.07
輪距(前/後)×軸距	(m)	5.61/4.96×5.9
タイヤサイズ	(—)	46/90 R 57
全長×全幅×全高	(m)	12.87×7.57×6.43
価格	(百万円)	見積



写真—4 CAT 793 C 重ダンプトラック

新機種紹介

を向上している。

▶ <05> クレーン、エレベータ、高所作業車およびウインチ

02-〈05〉-07	長野工業 クローラクレーン (地下仕様車) CX-29 <sub>2</sub>	'02.12 発売 新機種
------------	--	------------------

地下道工事、建築基礎工事など地下作業において使用されるクレーンとして、狭所・低頭作業性、安全性、地下投入の容易さなどを重視して開発されたゴムクローラ式クレーンである。本体は後方超小旋回形となっており、クレーン・アタッチメントはワイヤを外さずに装置 Ass'y で脱着ができる。ブーム支持点を低く下げており、ブーム伸長センサ用ワイヤをブーム左側に配置してブーム上面をフラットにしているため、梁高さ1.8mを通過することができる(キャノピ無しの状態)。機体の地上から地下への投入においては、約1t(ドーザ装置約0.2t、カウンタウェイト他約0.8t)の取外し減量が容易できるので、4.9t吊りクレーンの使用で余裕をもって可能である。安全装置として、過負荷転倒防止警報装置(簡易モーメントリミッタ)、過負荷転倒防止装置(自動停止機能)、高さ規制装置、走行・旋回警報装置、過巻防止装置などが用意されている。

表-5 CX-29<sub>2</sub>(地下仕様)の主な仕様

最大吊上げ能力 (t×m)	2.9×1.5
最大地上揚程×同作業半径 (m)	10×9.35
機械質量 (t)	4.83
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	30(42)/2,100
ブーム長さ(4段) (m)	10
後端旋回半径 (m)	1.0
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.5/3.0
登坂能力 (度)	20
接地圧 (kPa)	34.3
全長×全幅×全高 (キャノピ無し) (m)	4.055×2.0×2.606 (1.788)
価格 (百万円)	10

(注) ゴムクローラ付き仕様を示す。



写真-5 長野工業 CX-29<sub>2</sub> クローラクレーン (地下仕様車)

02-〈05〉-08	アイチコーポレーション 高所作業車 SK-22 A ほか	'02.12 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

比較的幅員の狭い道路上や狭い工事現場においても広い作業範囲が得られるコンパクトな高所作業車2機種である。普通自動車運転免許で運転が可能で、とくにSK-22 Aは車幅が小さく機動性も高い。バスケット部における上部操作装置には比例制御方式を採用しているため、レバーの操作量に応じた速度でブーム操作が可能である。さらに制御速度を高速、低速の2段階切換え式としているため、作業内容に応じて作動速度を選択できる。ブーム操作において、一操作一作動の単独操作、単独レバー操作で作業床を垂直・水平方向に移動できる垂直・水平操作、起伏下げ操作時に作業床を作業範囲規制線に沿わせて作動を停止することなく移動できるノンストップ規制の3作動モードがあり、作業内容に応じて選択できる。油圧系安全装置、停

表-6 SK-22 A ほかの主な仕様

	SK-22 A	SK-27 A
最大積荷重(搭乗人員)(kg)	200(2名)	200(2名)
最大地上高 (m)	22.1	27.0
作業床旋回角度 左/右 (度)	95/100	95/100
作業床内側寸法 (幅×奥行×高) (m)	1.2×0.7×0.9	1.2×0.7×0.9
最大作業半径 (100kg積載/時) (m)	14.6	15.4
ブーム長さ(4段) (m)	6.785~20.585	8.06~25.67
ブーム旋回角度 (度)	360	360
アウトリガ張幅(4段階) (m)	1.71~3.7	1.99~4.42
架装シャーシ (—)	3.0tクラス	4.0tクラス
全長×全幅×全高 (m)	7.35×1.89×3.14	8.62×2.17×3.5
価格 (百万円)	14.9	17.5

(注) 車両寸法は架装シャーシにより異なる。

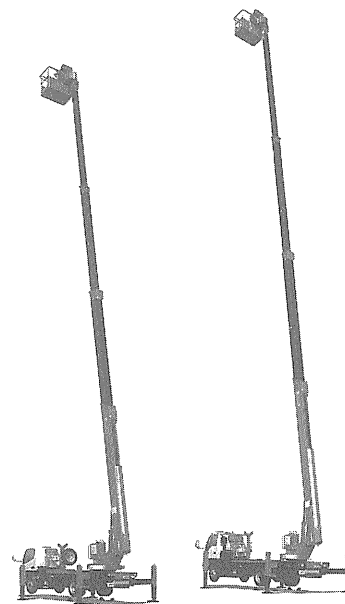


写真-6 アイチコーポレーション「スカイマスター」SK-22 A (左) と SK-27 A (右) 高所作業車

新機種紹介

止スイッチ、旋回速度規制装置などの安全装置のほか、バスケット・地面干渉防止装置、キャビン・ブーム干渉防止装置などの干渉防止装置も搭載されている。アウトリガ張幅は4段階に細かく設定され、狭い場所での使用が考慮されている。故障時に備えて、LEDの点灯状況で故障の有無や部位が判別できるエラーチェッカが設けられており、メンテナンスを確実にしている。

▶ <09> 骨材生産機械

02-<09>-03	神戸製鋼所 コーンクラッシャ KHB 185 ほか	'02.10 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

採石設備で使用されるコーンクラッシャにおいて、破碎室の特殊設計により二次破碎、三次破碎を1台で同時に処理できるようにしたものである。構成は、トリプルアウトレットロータシステムにより原料を均等に供給する均等供給装置、ホップ、破碎室を形成するマントル・コンケーブ、エキセントリック駆動をするギヤ・ピニオン駆動装置、上部・下部胴体、カラータッチパネル式制御盤などから成る。マントル・コンケーブの形状に工夫があり、上部ホップからの供給原料は、単粒子破碎ゾー

表-7 KHB 185 ほかの主な仕様

	KHB 185	KHB 250	KHB 315	KHB 400	KHB 500
最大破碎能力 (出口最大間隙にて) (t/h)	195	345	450	555	745
原料最大塊 (長×幅×厚み)(mm)	225×160 ×115	255×180 ×125	300×210 ×150	350×250 ×175	400×280 ×200
出口調整範囲 (2mmピッチ)(mm)	16~26	18~30	18~30	22~30	26~30
機械質量 (t)	18.6	33.2	48.0	65.5	96.2
電動機出力 (kW)	~185	~250	~315	~400	~500
ホップ外径 (m)	2.07	2.443	2.698	3.17	4.00
全高/据付け面上高さ (m)	3.41 /2.658	4.059 /3.119	4.631 /3.544	5.265 /4.025	6.14 /4.68
据付け(4箇所)寸法 (縦×横) (m)	1.676 ×1.27	2.1 ×1.54	2.7 ×1.9	2.8 ×2.0	3.4 ×2.4
価 格 (百万円)	45	65	78	98	145

(注) (1) 破碎能力は、供給物の性状、粒度、運転条件により異なる。かさ比重 1.6 t/m<sup>3</sup> の硬砂岩を連続供給した場合で、供給物中に粘土分、水分を含まない時の値を示す。  
(2) KHB 400, KHB 500 の質量、諸寸法は概定値を示す。

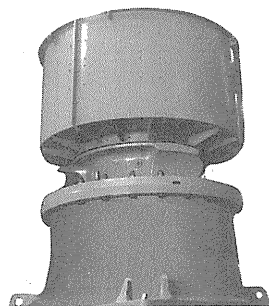


写真-7 神戸製鋼所「ハイブリッドコーン」  
KHB 型コーンクラッシャ

ン、粒度調整破碎ゾーン、整粒ゾーンの3つのゾーンを経て所要の粒度が得られるよう破碎される。機械操作にはオプションとして、遠隔操作システムが用意されている。

▶ <10> 環境保全装置およびリサイクル機械

02-<10>-11	コマツ 木材破碎機 ZWS 110 M ほか	'02.12 発売 新機種
------------	---------------------------	------------------

丸太、廃木材、硬質プラスチックなどを破碎対象とするZWSシリーズ2機種と、丸太、廃木材、硬質プラスチック、

表-8 ZWS 110 M ほかの主な仕様

	ZWS 110 M (一軸引裂き剪断)	ZWS 220 M (一軸引裂き剪断)	ZWT 220 M (二軸引裂き剪断)
処理能力 (m <sup>3</sup> /h)	1~2	2~4	2~8
機械質量 (t)	4.05	5.75	8.7
モータ出力 (200V) (kW)	11+3.7	22+3.7	22+22
破碎可能寸法 (m)	0.77×1.6	0.77×1.6	0.9×1.6
破碎可能木材径 (m)	φ0.12	φ0.18	φ0.20
全長×全幅×全高 (m)	2.15×3.03×2.5	2.23×3.03×2.5	2.67×3.05×2.46
価 格 (百万円)	8.6	11	16.4
	ZWT 370 M (二軸引裂き剪断)	ZWT 220 M 20 (二軸引裂き剪断)	ZWT 370 M 20 (二軸引裂き剪断)
処理能力 (m <sup>3</sup> /h)	2~10	2~8	2~10
機械質量 (t)	12.0	9.8	13.3
モータ出力 (200V) (kW)	37+37	22+22	37+37
破碎可能寸法 (m)	0.9×1.6	0.9×2.0	0.9×2.0
破碎可能木材径 (m)	φ0.25	φ0.20	φ0.25
全長×全幅×全高 (m)	3.02×3.15×2.62	2.67×3.41×2.46	3.02×3.51×2.62
価 格 (百万円)	20	20.5	24.5

(注) (1) 処理能力は投入材の形状や作業条件等により変動する。  
(2) ZWS 110 M, ZWS 220 M の一軸引裂き剪断機は送りモータ付き。



写真-8 コマツ「エコニクス」ZWT 220 M 木材破碎機

新機種紹介

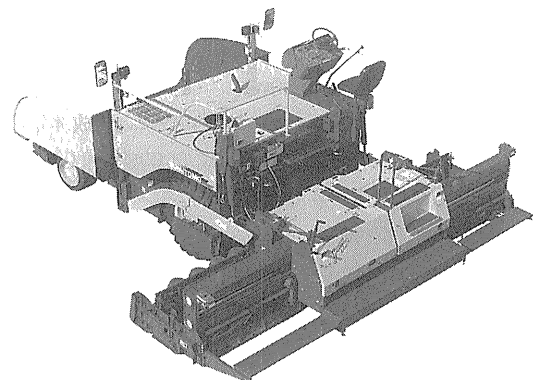
根株、家電、畳ほぐしなども破碎対象とする ZWT シリーズ 4 機種である。減容、焼却を目的とする一次破碎機で、ハンマクラッシャなどの二次破碎機との組合わせで破碎片用途を拡大できる。ZWS 型は一軸引裂き剪断（送りモータ付き）で、ZWT 型は二軸引裂き剪断である。低速回転（4~5 rpm）で破碎するため低騒音、低振動、少粉塵であり、破碎刃の寿命が長い。また、破碎刃の交換は刃先のみ脱着としている。破碎は、羽根付き回転刃と固定刃による独特の隙間を持ったへし折り構造によるもので、金属や石の混入にも対応が可能である。装備品のオプションとして、破碎片排出コンベヤや吊下げ式磁選機などが用意されている。

▶ <13> 舗装機械

03-<13>-01	住友建機 アスファルトフィニッシャ (ホイール式) HA 50 W	'03.01 発売 新機種
------------	---	------------------

エクステンションスクリーンなしで舗装幅 2.3~5.0 m が可能な無段階伸縮・3 連スクリーンを搭載したアスファルトフィニッシャである。クラウン量設定においては操作が楽なパワークラウン装置が設けられており、段差調整においてはパワー段差調整機構が設けられている。また、スクリーンプレートを均等に加熱するためのブロワーナ 4 基を備えた加熱装置が標準装備されており、最適な加熱温度を得ることができるようになっている。走行は HST 駆動方式の 4 輪駆動で、コンベヤも油圧駆動方式としている。排水性舗装、特殊合材による舗装に対応した TV 仕様（タンパ/パイブレータ併用式）をオプションで設定している。国土交通省の排出ガス対策型（2 次規制）基準

値や低騒音型基準値をクリアしており、環境に配慮している。



写真—9 住友建機「J・PAVER 2350」HA 50 W アスファルトフィニッシャ

表—9 HA 50 W の主な仕様

舗装幅員 (m)	2.3~5.0
最大舗装厚/クラウン量 (mm)/(%)	10~150/-1~3
機械質量 (t)	10.66 [10.8]
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	55.9(76)/2,150
ホッパー容量 (t)	8
舗装速度 (m/min)	2~12
移動速度 (前後進とも) (km/h)	0~15
最小回転半径 (m)	6.9
軸距×輪距 (前/後) (m)	2.5×2.11/1.995
タイヤサイズ	前輪 22×14×16 ソリッド, 後輪 13.5-20-20 PR
全長×全幅×全高 (m)	5.89×2.49×2.555
価格 (百万円)	34.3 [37.3]

(注) (1) パイブレータ仕様と [ ] 書きでタンパ・パイブレータ仕様を示す。  
(2) 全幅はスクリーン縮小時値を示す。

## 我が国の道路整備の現状

### まえがき

我が国の社会資本を整備するための公共投資は平成4年度32.3兆円→平成13年度見込み27.6兆円→平成14年度見通し25.1兆円、△22.3%と大きく右肩下がりで推移している。

これは基本的には国と地方の財政事情の悪化によるものであるが最近では公共事業についての多様な批判が圧縮の背景にもなっていると考えられる。例えば不要不急の公共事業が多いとか、民間の事業に比べコスト高だとか、いったん決定した以上工事を止める仕組みがないとか、在来型の公共事業に対する批判が多い。政府は都市機能を再生するための事業、IT（情報技術）の支援、環境対策など波及効果の大きい新規事業へのシフトを推進しているため当然予算もシフトされることは必至で、従来型市場の減少は止まらなると考える。以上のように公共事業改革の流れの中で道路、下水道、都市公園、鉄道、航空などの社会資本整備の減速が懸念される。

以上により今回は予算的に一番大きくまた経済産業や生活基盤を支えている道路を取上げ、これの整備状況や国際比較などについて

国土交通省が実施している道路統計調査（平成13年4月1日現在）をベースに紹介することにした。

### 1. 道路投資

表一に道路投資の推移を示すが全体の公共投資の落ち込みに比較すると少ない。これは道路予算は特定財源であることによると考えられるが、最近では高速道路の採算性の問題や特定財源使用範囲の拡大などの議論も出て来ており、風当たりが強くなっている。

### 2. 道路の整備状況

日本の道路は、道路法第3条の規定により高速自動車国道、一般国道、都道府県道、及び市町村道に分類されており、平成13年4月1日現在のその現況は表二のとおりである。

道路の整備状況を見ると一般道路（高速自動車国道を除く）の実延長は、1,164,796kmで前年度より5,073kmの増となっている。

整備率は52.2%で舗装率（簡易舗装を除く）は24.7%となっている。

4車線以上の道路（車道幅員13.0m以上）は15,746kmで前年度より延長は増加しているものの、4車比率としては僅か1.4%となっている。

また、歩道を設置している道路延長は145,649km、設置率は12.5%で前年度より0.2%の増である。

#### (1) 高速自動車国道

高速自動車国道は全国的な自動車交通網の枢要部分を構成し、かつ、政治・経済・文化上特に重要な地域を連絡する道路として位置づけられている。供用延長は63路線、6,851kmである。

#### (2) 一般国道

一般国道は高速自動車国道とあわせて全国的な幹線道路網を構成

表一 道路投資の推移（決算額）（単位：百万円）

年 度	建設的経費	維持的経費	合 計	災害復旧費
昭和43	1,006,903	173,231	1,180,134	21,020
53	4,096,934	863,320	4,960,254	64,476
63	7,306,810	1,530,712	8,837,522	107,294
平成元	8,017,025	1,704,640	9,703,948	121,628
2	8,560,620	1,945,548	10,506,168	149,922
3	9,179,448	2,015,515	11,194,963	171,115
4	10,683,666	2,339,022	13,022,688	122,838
5	11,463,043	2,482,627	13,945,670	170,877
6	10,629,422	2,565,470	13,194,892	159,790
7	11,169,998	2,794,718	13,964,716	291,401
8	10,973,082	2,820,582	13,793,664	197,041
9	11,005,094	2,651,328	13,656,422	113,773
10	11,012,621	2,788,146	13,800,767	143,553
11	10,508,546	2,720,088	13,228,634	172,576
12	10,330,197	2,825,317	13,155,514	126,292

表二 道 路 現 況

(平成13年4月1日現在)

道路種別	実 延 長				整 備		舗 装			
	計	現 道	旧 道	新 道	整備率 (%)	整備済み延長 (km)	舗装率 (%)	舗装済み延長 (km)	簡易舗装を含む舗装率 (%)	舗装済み延長 (km)
高速自動車国道	6,851.2	6,851.2	—	—	—	—	100	6,851.2	—	—
計	6,851.2	6,851.2	—	—	—	—	100	6,851.2	—	—
一般国道（指定区間）	21,827.7	20,757.9	199.6	870.3	49.8	10,869.7	98.3	21,447.2	100.0	21,816.9
一般国道（指定区間外）	32,038.0	29,942.7	1,232.4	862.9	59.8	19,151.8	82.9	26,545.4	98.3	31,486.5
主要地方道 含主要市道	57,573.5	55,423.5	1,231.3	918.7	55.4	31,914.0	67.3	38,736.6	96.8	55,734.1
一般都道府県道	70,835.0	69,647.0	745.4	442.6	48.8	34,585.9	48.3	34,190.8	93.2	66,031.6
市町村道	982,521.4	982,521.4	—	—	52.0	511,203.4	16.9	166,365.5	73.4	721,331.9
一般道路計	1,164,795.7	1,158,292.5	3,408.7	3,094.6	52.2	607,724.7	24.7	287,285.6	77.0	896,401.0
合 計	1,171,646.9	1,165,143.7	3,408.7	3,094.6	—	—	—	—	—	—

統計

する道路であり、平成13年4月1日現在で456路線、道路実延長53,866kmとなっている。一般国道の全道路（高速自動車国道を除く）に占める割合は4.6%となっており、整備状況は、整備率55.7%、舗装率（簡易舗装を除く）は89.1%である。

(a) 指定区間

一般国道の指定区間とは、一般国道中交通量が多く、既に改良、舗装が概ね完了した道路で政令により指定された区間を言い、国土交通大臣が自ら維持・修繕・災害復旧その他の管理を行うことになっている。

その道路実延長は、21,828kmであり、一般国道に占める割合は、40.5%である。整備状況は、整備率49.8%、舗装率（簡易舗装を除く）は98.3%である。

(b) 指定区間外

一般国道の指定区間外とは、一般国道の指定区間以外の国道であり、この区間は、都道府県又は指定市が管理することになっている。その道路実延長は、32,038kmであり、一般国道に占める割合は、59.5%である。

整備状況は、整備率59.8%、舗装率（簡易舗装を除く）82.9%である。

(3) 都道府県道

都道府県道は、地方的幹線道路網を構成する道路であり、その道路実延長は128,409kmであり、道路全体（高速道路自動車国道を除く）に占める割合は11.0%である。整備状況は、整備率51.8%、舗装率（簡易舗装を除く）56.8%である。

(a) 主要地方道

道路実延長は57,574kmで、都道府県道に占める割合は44.8%である。整備状況は、整備率55.4%、舗装率（簡易舗装を除く）は67.3%である。

(b) 一般都道府県道

道路実延長は70,835kmで都道府県道に占める割合は55.2%である。整備状況は、整備率48.8%、舗装率（簡易舗装を除く）は48.3%である。

(4) 市町村道

市町村道は、その地域住民の日常生活を支える道路として大きな役割りを果たしている。道路延長で982,521kmで、全道路延長（高速自動車道を除く）に対する割合は84.4%とその大部分を占めているが、整備状況は改良率52.0%、舗装率（簡易舗装を除く）16.9%と依然として低い状況になっている。

3. 道路の問題点

(1) 高速自動車国道

高速自動車国道は昭和62年6月道路審議会の答申に基づき14,000kmの高規格幹線道路のうちの11,520kmが計画され、平成13年4月1日現在で総延長8,287km、供用延長は63路線

6,851kmとなり、計画の約60%の進捗率である。

諸外国との高速道路整備水準を表一3に示すが国土面積が日本と同程度のドイツと比較すると1/2以下であり、供用延長でも如何に水準が低いかが分かる。

表一3 高速道路整備水準の国際比較

国名	延長 (km)	延長/面積 (km/万km <sup>2</sup> )	延長/人口 (km/万人)	延長/√(面積・人口) (km/√万km <sup>2</sup> ・万人)	延長/保有台数 (km/万台)
日本	8,017	212	0.63	11.6	1.10
アメリカ	89,232	95	3.27	17.7	4.03
ドイツ	11,515	323	1.40	21.3	2.43
イギリス	3,358	138	0.56	8.8	1.07
フランス	11,500	209	1.95	20.2	3.40
イタリア	6,621	220	1.15	15.9	1.83

注1) 高速道路延長はIRF「World Road Statistics 2002」の2000年末値でアメリカ、ドイツ、イギリス、イタリアは1999年末値。日本は国土交通省道路局調べの2001年度末現在高規格幹線道路の道路延長である。

(2) 一般道路

一般道路の内訳は、一般国道54,000km、都道府県道約128,000km、市町村道が約98万kmである。道路面積は、平成13年4月1日現在で9,653km<sup>2</sup>である。

(a) 整備率でみると国県道の整備済み区間は半分にすぎない。

一次改築済みであっても交通混雑が生じている区間（混雑度1.0以上の区間）については、道路の拡幅やバイパスの整備等を行う必要がある。整備率はこれらの道路整備の必要性を考慮したものであり、これによれば国道が56%、県道が51%程度であり、国県道のうち十分に整備されている区間は、半分にすぎない（表一4）。

表一4 幹線道路の混雑状況（平成11年度）

道路種別	混雑度別延長（上段：% 下段：km）		
	調査対象延長	1.0以上	1.5以上
一般国道	53,668.9	(35.7) 19,156.5	(10.9) 5,874.2
主要地方道	57,339.6	(23.6) 13,560.4	(6.8) 3,915.4
一般都道府県道	69,963.6	(17.9) 12,500.2	(7.0) 4,930.6
都道府県道計	127,303.2	(20.5) 26,060.6	(6.9) 8,846.0
国・都道府県道計	180,972.1	(25.0) 45,217.1	(8.1) 14,720.7

注1) 調査対象延長、混雑度別延長及び走行台キロは「平成11年度道路交通センサス」の調査結果である。  
2) 混雑度1.0とは交通量が道路の交通容量に等しい状態をいう。混雑度1.0~1.5の場合は朝夕のピーク時を中心に渋滞が生じ、混雑度1.5以上の場合には一日中渋滞する。

(b) 幹線道路でも自動車が満足にすれちがえる道路は半分しかない

一般国道・都道府県道の総延長は約18万km（全道路延長の16%）であるが、全道路交通量の約72%の交通量を受けもっている。しかしながら整備状況を見るとまだ車が満足にすれ違えない車道幅員5.5m未満の道路がほぼ3分の1の約53,000km、自動車

# 統計

通行の不可能な区間が約 2,100 km もあり、更に冬期に自動車が通れなくなる区間が約 5,300 km ある (表-5)。

表-5 一般道路の歩道・幅員 (単位: km, 箇所)

区分	実延長 (km)	歩道設置の道路		道路部平均幅員 (m)	車道部平均幅員 (m)
		設置率 (%)	延長 (km)		
一般国道 (指定区間)	21,828	69.4	15,148.9	15.0	9.1
一般国道 (指定区間外)	32,038	48.4	15,518.2	10.5	6.7
主要地方道	57,574	39.8	22,933.5	9.9	6.4
一般都道府県道	70,835	27.3	19,346.3	8.3	5.5
市町村道	982,521	7.4	72,702.3	5.0	3.6
計	1,164,796	12.5	145,649.3	5.8	4.1

又、国道の車道幅員の国際比較したものを表-6 に示す。

表-6 国道の車道幅員の国際比較

国名	道路種別	延長 (割合)	年次
日本	一般国道	調査対象延長	1999
		(うち幅員 7m 以上)	
ドイツ	連邦道路	調査対象延長	1995
		(うち幅員 7m 以上)	
アメリカ	他の主要幹線道路	調査対象延長	2000
		(うち幅員 7.3m 以上)	

注1) 幅員 7m とは、バスなどの大型車が楽にすれ違える道路である。アメリカは車線幅員 3.65m 以上の道路を幅員 7.3m 以上とした。  
 2) 日本「平成 11 年度道路交通センサス」、ドイツ「Verkehr in Zahlen 2000」、アメリカ「Highway Statistics 2000」による。

これらの表から、我が国の道路は一般国道 (指定区間) のほか大部分は平均幅員は 7m 以下となっており、質の面で相当劣りしている状況にあるのが分かる。

(c) 平成 11 年度末における歩道等の設置率は 12.2% (平成 13 年度末では 12.5%) にすぎない。

歩道等の設置されている道路の延長は平成 11 年度末で 142,168 km となる見込みであり、長期的に歩道等の設置が必要な道路 (市街地や住宅地等の 2 車線以上の道路及び幹線道路で歩行者が通行する道路等で約 26 万 km) に対する設置率は 54.7% となる。

道路構造による交通事故として我が国では歩行者及び自転車の死者が多いことに特徴がある。これは前述の幅員が狭いことと歩道の設置率が低いことに大いに関連があろう。

(d) 都市交通の基盤整備

① 環状道路の重点的整備

都心部に集中する交通を分散・導入させ、都心に起終点をもたない交通を迂回させるなど、都市圏の交通混雑を緩和することが期待されているのが環状道路であるが、我が国の環状道路を世界の主要都市と比較すると (表-7)、いまだ低水準である。

(e) 直轄国道における道路交通騒音の状況

直轄国道のうち、

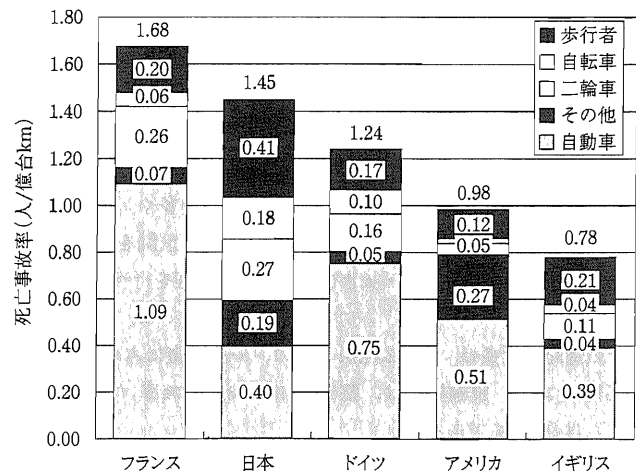


図-1 状態別・自動車 1 億走行台キロ当たりの死者数 (1998)  
 出典: 国際交通事故データベース (IRTD)

表-7 諸外国の主要都市の環状道路の整備率

	東京圏	パリ	ロンドン	ベルリン
計画延長	518 km	320 km	187 km	222 km
供用延長	105 km	236 km	187 km	213 km
整備率	20%	74%	100%	96%
人口	2,942 万人	852 万人	874 万人	405 万人
人口密度	3,690 人/km <sup>2</sup>	4,442 人/km <sup>2</sup>	2,137 人/km <sup>2</sup>	1,425 人/km <sup>2</sup>
	国土交通省	パリ首都圏交通建設部	イギリス交通省	ドイツ連邦交通省

- ① 騒音の環境基準の類型指定,
- ② 騒音規制法に基づく地域の指定,
- ③ 用途地域の指定,

のいずれかがなされている地域を通過する区間で、昼間又は夜間において環境基準の基準値を超過している地点の割合は 72%、夜間において 73 dB (環境基準において、騒音対策を優先的に実施するものとされた夜間の騒音レベル) を超過している地点の割合は 20% となっている。

(f) 共同溝の整備水準はまだ極めて低い

公益施設 (電線、電話線、ガス管、上下水道等) の収容空間としての共同溝の整備状況 (表-8) は全体の計画に対して 24% にすぎない。

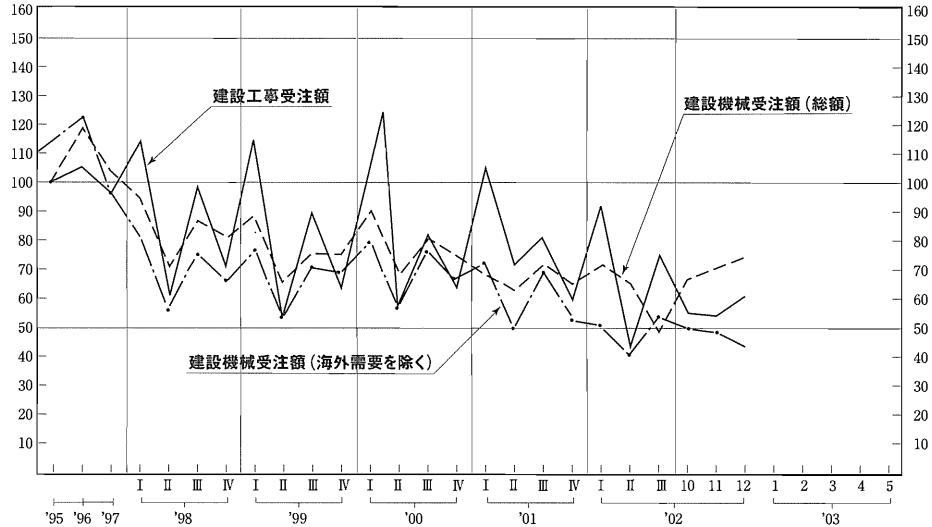
表-8 共同溝整備状況

① 計画	2,000 km
② 平成 13 年度末延長 (予定)	470 km
③/①	23.5%

注1) 計画は道路整備の長期計画 (21 世紀初頭を目標とした計画) による。  
 2) 国土交通省道路局調べ。

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 1995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 1995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							
1995年	194,524	110,954	17,326	93,627	66,793	5,679	11,098	117,867	76,657	219,214	200,862
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
2001年12月	10,957	6,813	893	5,920	3,113	562	468	7,301	3,656	162,832	14,674
2002年1月	8,543	5,410	693	4,717	2,527	387	218	5,599	2,944	161,281	10,724
2月	10,597	6,419	740	5,679	3,360	541	276	6,677	3,920	159,261	12,481
3月	25,573	15,485	1,912	13,573	7,633	737	1,718	16,096	9,477	163,125	21,566
4月	5,767	3,980	550	3,430	1,117	414	257	3,941	1,827	159,357	9,481
5月	7,648	4,549	652	3,897	2,111	409	578	5,119	2,529	157,565	9,566
6月	8,135	5,240	647	4,593	1,778	495	622	5,954	2,181	155,050	10,534
7月	10,297	6,279	992	5,287	2,949	402	672	6,873	3,424	154,240	10,572
8月	9,287	5,649	711	4,938	2,849	390	398	6,352	2,935	153,023	11,125
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	—	—

建設機械受注実績

（単位：億円）

年月	'95年	'98年	'99年	'00年	'01年	'01年 12月	'02年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総額	12,464	10,327	9,471	9,748	8,983	688	682	680	930	640	713	674	581	702	820	696	741	770
海外需要	3,602	4,171	3,486	3,586	3,574	324	332	380	398	356	405	361	237	336	346	327	381	443
海外需要を除く	8,862	6,156	5,985	6,162	5,409	364	350	340	532	284	308	313	344	366	474	369	360	327

（注）1995年～1997年は年平均で、1998年～2002年第3四半期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



## …行事一覧…

(2003年1月1日～31日)

### 広報部会

#### ■機関誌編集会議

月 日：1月10日(金)  
出席者：橋元和男委員長ほか25名  
議題：①平成15年3月号(第637号)原稿内容の検討・割付 ②平成15年5月号(第639号)の計画

#### ■建設経済調査委員会

月 日：1月15日(水)  
出席者：高井照治委員長ほか5名  
議題：平成15年活動方針打合せ

#### ■新機種調査委員会

月 日：1月17日(金)  
出席者：渡部 務委員長ほか7名  
議題：①新機種情報について検討・選定作業 ②技術交流討議

#### ■CONET 2003 機械WG

月 日：1月17日(金)  
出席者：溝口孝遠委員長ほか5名  
議題：出展案内先等の検討

#### ■新工法調査委員会

月 日：1月22日(水)  
出席者：境 寿彦委員長ほか5名  
議題：新工法調査審議

### 機械部会

#### ■トラクタ技術委員会

月 日：1月10日(金)  
出席者：笹本龍也委員長ほか7名  
議題：①省エネルギー機構(装置)の種類、区分けについての審議 ②燃費試験方法(案)についての今後の進め方報告と審議

#### ■建築生産機械技術委員会幹事会

月 日：1月14日(火)  
出席者：柳田隆一委員長ほか5名  
議題：①3月度見学会について ②委員長交代について ③平成15年度活動計画

#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：1月15日(水)  
出席者：大村高慶委員長ほか10名  
議題：①コンクリートポンプのC規格作成について ②コンクリート吹付け機のC規格作成について ③コンクリートポンプ、吹付け機、ディストリビュータのC規格作成について ④平成15年度の事業計画について

#### ■ショベル機械技術委員会

月 日：1月16日(木)  
出席者：田中利昌委員長ほか8名  
議題：①C規格JIS案審議 ②油圧ショベル燃費測定法審議 ③省エネルギーガイドライン検討

#### ■建機用生分解性作動油分科会

月 日：1月17日(金)  
出席者：杉山玄六分科会長ほか12名  
議題：①生分解性作動油の運用方法 ②生分解性作動油の規格

#### ■ダンプトラック技術委員会

月 日：1月22日(水)

出席者：浦中恭司委員長ほか4名  
議題：①トンネル調査 ②C規格の進め方審議

#### ■高所作業車分科会

月 日：1月22日(水)  
出席者：角山雅計分科会長ほか4名  
議題：平成15年度活動計画について

#### ■トンネル機械技術委員会廃棄物処理分科会

月 日：1月24日(金)  
出席者：森田芳樹分科会長ほか3名  
議題：「シールド及び山岳トンネル建設副産物調査報告書」まとめ審議

#### ■トンネル機械技術委員会リサイクル分科会

月 日：1月27日(月)  
出席者：田中正樹分科会長ほか10名  
議題：報告書最終審議

#### ■トンネル機械技術委員会IT分科会

月 日：1月31日(月)  
出席者：安川良博分科会長ほか8名  
議題：①機械部会幹事会報告 ②prEN 12111和訳5.4.5非常停止装置～検討

### 施工技術部会

#### ■建設工事情報化委員会

月 日：1月23日(木)  
出席者：鈴木明人幹事長ほか7名  
議題：入場管理システム導入について

### 標準部会

#### ■情報化施工標準化作業グループ

月 日：1月14日(火)  
出席者：平木彦三郎委員ほか9名  
議題：メタデータに関する検討

#### ■コンクリート機械関係国際規格共同開発委員会

月 日：1月15日(水)  
出席者：大村高慶委員長ほか4名  
議題：ISOとJIS案との調整実施：①ISO/CD 18651 コンクリート内部振動機、②ISO/DIS 18652 コンクリート外部振動機

#### ■国内標準委員会(C規格審議)

月 日：1月27日  
出席者：大橋秀夫委員長ほか20名  
議題：JIS原案審議 ①土工機械—安全—第1部：一般要求事項 ②土工機械—安全—第5部：油圧ショベルの要求事項

#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会性能試験方法(SC1)安全性及び居住性(SC2)分科会合同

月 日：1月28日(火)  
出席者：有光秀雄分科会長ほか25名  
議題：①SC1関係新業務項目提案対応検討 ②SC1関係定期的見直し ③盗難防止などSC1関係その他の件 ④WD 5006「視界性」改正案検討 ⑤FDIS 3457投票方針検討 ⑥SC2関係DIS投票関係検討 ⑦SC2関係CD投票及びコメント関係検討 ⑧SC2関係新業務項目提案対応関係検討 ⑨12117 TOPS オーバー6トンNWIP及び案文検討 ⑩SC2関係定期的見直し関係検討 ⑪SC2関係報告、フォー関係他

### 業種別部会

#### ■製造業部会小幹事会

月 日：1月14日(火)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか8名  
議題：①標準操作方式について ②油圧ショベルのTOPS/ROPSの今後の取扱いについて

#### ■建設業部会 CONET 2003 WG

月 日：1月23日(木)  
出席者：西上雅朗部会長ほか3名  
議題：CONET 2003の参加について

### 専門部会

#### ■海外研修委員会

月 日：1月10日(金)  
出席者：関澤一好委員ほか6名  
議題：建設機械整備C/P研修について

## …支部行事一覧…

### 北海道支部

#### ■新技術セミナー(現場循環型工法リサイクルセミナー)

月 日：1月22日(水)  
場 所：滝川市・ホテルスエヒロ  
協 賛：コマツ  
内 容：①建設副産物への取組み/現場循環型工法について ②固材材の使い方と環境調和について ③汚染土壌の現状と展望/汚染土壌の調査から対策まで ④北海道の稼働事例紹介 ⑤環境商品の損料算定について

### 東北支部

#### ■建設部会

月 日：1月7日(火)  
出席者：三浦吉美部会長ほか7名  
議題：①平成15年度事業計画について ②他部会との懇談について ③安全コーナー編集について

#### ■除雪部会

月 日：1月20日(月)  
出席者：山崎 晃部会長ほか9名  
議題：平成15年度除雪講習会計画について審議

### 北陸支部

#### ■支部活動検討委員会

月 日：1月17日(金)  
出席者：青木鉄朗企画部会長ほか10名  
議題：北陸支部活動の活性化の検討

#### ■除雪機械展示会幹事会

月 日：1月17日(金)  
出席者：青木鉄朗企画部会長ほか15名  
議題：除雪機械展示会実施計画

#### ■広報委員会

月 日：1月24日(金)  
出席者：古澤孝史委員長ほか8名  
議題：①支部40周年記念誌とりまとめ ②支部だよりの編集

#### ■除雪機械展示会

月 日：1月30日(木)～31日(金)  
場 所：小松市・こまつドーム特設会場  
内 容：除雪機械展示会運営

## 中部支部

## ■技術部会

月 日：1月14日（火）  
出席者：土井芳樹委員ほか5名  
議 題：ダム用ゲート操作支援（操作マニュアル作成）について検討

## ■技術部会

月 日：1月24日（金）  
出席者：土井芳樹委員ほか10名  
議 題：ダム用ゲート操作マニュアル作成についての記述内容検討

## ■技術部会

月 日：1月30日（木）  
出席者：梅田佳男事務局長ほか5名  
議 題：機械設備応急対策マニュアル作成についての記述内容検討

## 関西支部

## ■新年賀詞交歓会

月 日：1月15日（水）  
場 所：大阪キャッスルホテル  
出席者：高野浩二支部長ほか130名

## ■磨耗対策委員会

月 日：1月16日（木）  
出席者：深川良一委員長ほか8名  
議 題：①「TRD工法における掘削用ビット磨耗の現状」（コベルコ建機）青井 實  
②磨耗に関する文献調査

## ■平成14年度施工術報告会

月 日：1月17日（金）  
会 場：建設交流館グリーンホール  
参加者：169名  
内 容：①世界最大の震動台の建設について ②渡り線部と一般線路部を大断面矩形シールドで同時施工 ③上スラブにプレキャストコンクリート版を用いた放水路の施

工 ④水中鋼製橋脚基礎における大口径鋼管杭の支持力確認 ⑤高速道路下におけるBOX推進 ⑥最終処分場におけるベントナイト混合土の製造と施工事例 ⑦総合情報管理による盛土施工管理システムの開発と現場適用事例 ⑧大断面泥土圧シールドにおける掘削土のポンプ圧送と改質 ⑨低土被り地山に大断面メガネトンネルを貫く

## ■広報部会

月 日：1月22日（水）  
出席者：名竹利行部会長ほか6名  
議 題：平成14年度部会活動の取組み状況確認及び問題点討議

## 中国支部

## ■水門技術委員会

月 日：1月17日（金）  
出席者：松川 徹委員長ほか24名  
議 題：①水門技術委員会設立検討概要 ②水門技術委員会設立趣旨書（案） ③「水門技術委員会」規約（案） ④水門・樋門設備の長寿命化新技術調査について

## ■講演会「公共工事の入札契約の一層の適正化に向けて」

月 日：1月30日（木）  
場 所：八丁堀シャンテ  
内 容：①公共事業をとりまく最近の話題について（中国地方整備局企画部技術管理課長）伊藤孝二 ②総合評価落札方式について（中国地方整備局企画部建設専門官）横部幸裕 ③CALS/ECの推進について（中国地方整備局建設専門官）伊藤博昭

## 四国支部

## ■部会幹事長等会議

月 日：1月15日（水）  
出席者：小松修夫企画部会長ほか4名

議 題：平成15年度事業の基本方針について

## ■新技術発表会（四国建設技術官民懇談会主催）

月 日：1月27日（月）  
場 所：高松市・サンメッセ香川  
参加者：当支部より10社23名  
内 容：①新技術発表（6件） ②新技術の実施状況及び活用報告 ③発注機関における新たな技術の活用

## 九州支部

## ■ポンプ委員会

月 日：1月20日（月）  
出席者：西 武人委員長ほか4名  
議 題：①排水機場の故障事例とりまとめの件 ②平成15年度委員会活動の件

## ■部会長・企面委員会

月 日：1月22日（水）  
出席者：相川 亮委員長ほか17名  
議 題：（1）支部行事の推進について  
①工事見学研修会実施の件 ②新春親睦会実施の件 ③支部長表彰者推薦依頼の件 ④会長表彰者推薦の件 ⑤部会・委員会開催依頼の件 ⑥建設機械等の盗難防止対策の件（福岡県警本部よりの要請） ⑦平成15年度主要行事日程の件 ⑧建設技術講習会開催の件（2）その他 ①建設機械施工技術検定学科試験の申請書販売及び受け付け期間の件 ②平成15年度建設技術フェア開催計画の件（10月中旬、熊本市予定）

## ■コンサルタント委員会

月 日：1月31日（金）  
出席者：吉竹正致委員長ほか9名  
議 題：①詳細設計照査要領（案）（機械設備編）とりまとめの件 ②平成15年度主要行事日程の件

# 大深度地下空間を拓く 建設機械と施工技術

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

定価 2,310円（本体2,200円）送料500円

## 社団法人 日本建設機械化協会

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

## 編集後記

日本生態系協会が、市民アンケートをもとに2002年「環境いいニュース・わるいニュース」を発表し、いいニュースの1位は、『熊本県球磨川の荒瀬ダムの撤去決定』で、わるいニュースの1位は、『欧州、中国など世界各地での洪水被害』であった。同協会では、ダム撤去は日本でのダム政策の転換期の到来、洪水被害は地球温暖化の影響と人間との共生と位置付けているという。

地球温暖化の防止には、CO<sub>2</sub>の排出の抑制が有効であり、水力発電と石油を燃料とする火力発電の、1キロワット・時当たりのCO<sub>2</sub>発生量を比べると、前者の0.011kgに対し後者は、0.742kgと、約70倍水力発電の方が、「地球に優しい」し、こうした観点からは、いいニュースの1位である発電を主目的とする荒瀬ダムの撤去と、わるいニュースの1位が矛盾する。説明責任の重要性を再認識させられる結果といえる。

温暖化の影響といわれている「降

るところには集中して降り、降らないところには降らない」気象状況は今後ますます増大すると考えられ、「21世紀は水の世紀」といわれ、今年3月16日～23日には、京都、滋賀、大阪において、第3回世界水フォーラムが開催される。こうしたことから、ダムが完全に無用の長物となったわけではない。

このため、建設時のコスト削減は勿論のこと、社会資本の有効活用の観点からのダム再開発等々、新たな技術開発、低コスト化など、社会的要請に応えられる技術の蓄積は、ますます必要となってきたといえる。この特集号が何らかの役に立つことを願わずにはいられない。

巻頭言は、水資源開発公団の丈達理事からいただいた。ダム建設の一翼を担った公団も、独立行政法人化が決まり、先のニュースと関連して時の流れを感じるが、名実ともに生まれ変わり、今まで以上に活躍されることを祈りたい。

また、報文を執筆された方々に改めてお礼申し上げます。

(山崎・岩本・金津)

## 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
中野 俊次	本田 宜史
両角 常美	渡邊 和夫

### 編集委員長

橋元 和男

### 編集委員

久保 和幸	国土交通省
小幡 宏	国土交通省
池田 哲郎	国土交通省
窪 豊則	農林水産省
江藤 祐昭	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
門田 誠治	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
渡辺 博明	大林組
土井 重孝	鹿島
橋本 弘章	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
矢仲徹太郎	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
増子 文典	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	日本舗道
館岡 潤仁	ハザマ
緒方浩二郎	日立建機

### 4月号予告

- ・全天候型建設工法を支える水平搬送システム—北半島に建設中の東通原子力発電所1号機—
- ・RC造用フロアクライミングクレーンの開発
- ・大規模交差点の立体交差化施工方法「ダウニングブリッジ工法」の開発
- ・シールド機カッタービット交換工法（リレービット工法）の展開
- ・鋼管杭の接合・圧入に適用する「フラッシュパイリング・システム」の開発
- ・ディーブウェル工法における地下水自動管理システム—掘削工程に応じた地下水位の自動管理—
- ・自走式木材破砕機リフォレによるダム流木の破碎・チップ化

## No.637 「建設の機械化」

2003年3月号

(定価) 1部840円(本体800円)  
年間購読料9,000円

平成15年3月20日印刷

平成15年3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 1-3-27	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