

## 施設紹介—1

### 筑波大学水理実験センター大型水路施設

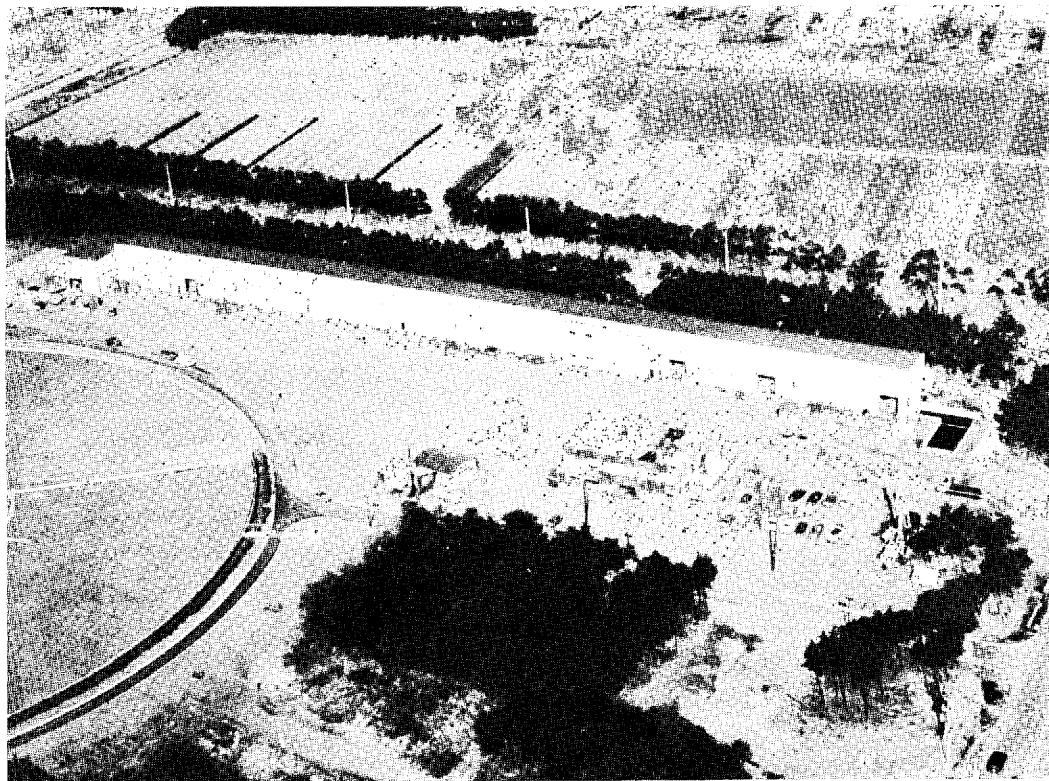
The 4-meter-wide Flume in the Environmental Research Center

井口正男・池田 宏・小野有五・泉 耕二・川又良一

Masa<sup>o</sup> INOKUCHI, Hiroshi IKEDA, Yugo ONO,  
Kouji IZUMI and Ryoichi Kawamata



---



大型水路施設（空中撮影）

## 序

大型水路施設は、筑波大学水理実験センターの主要水理実験施設として、昭和51年度に水路本体と建屋（大型水路実験棟）の建設によって着工され、昭和52年度には、これに給水設備と砂礫循環設備が組み込まれ、ついで、昭和53年度には実験用砂礫を粒径別に篩分けて水路内へ供給し得る、砂礫篩分け・混合設備が建設された。そして、昭和54年度からは、大型水路データ計測設備を加え、その一部を昭和55年度に残してはいるが、全体としてはほぼ完成段階に入った。現在、砂礫を用いての流砂実験を行ないながら施設各装置の整備を進めており、昭和55年度以降からは、一般研究者の用に供することを目指している。

大型水路施設設置の必要性や目的については、すでにのべられている（池田 宏、1977：大型水路施設計画。筑波大学水理実験センター報告、1、

79-84）が、その主たる目的は地表面での水流による土砂礫の流送機構を解明することにある。河川における土砂礫の流れを明らかにすることは、第二次世界大戦後の河川に関する研究の最大関心事であったにもかかわらず、実際河川における流砂現象が、固相である砂礫と液相である流水との界面付近に生ずる二相現象であること、また、非定常性が強いこと、さらに、観測そのものが困難なこともある、流砂現象の実態はなお十分に捉えられているとはいひ難いのが現状である。

流砂現象に関する研究の多くは、それゆえ、もっぱら水路を用いての流砂実験によってなされてきた。その結果、一様な砂粒子の敷かれた直線水路上を常温の清水が定常状態で流れているといった、きわめて単純な制約された条件下についてではあるが、過去30年間に得られた成果は、膨大な量にのぼっている。しかしながら流砂量公式ひとつを取り上げても、提唱されている公式はそれぞ

れの式を導くのに用いられたデータの数だけあるといつてもよく、実験水路における定常状態の現象を対象とした場合でさえ、広い適用度をもつ公式は少ない。この理由としては種々の原因が考えられるが、その中のひとつとして、従来の流砂実験がきわめて小型の水路で行なわれたことがあげられよう。すなわち従来なされた流砂実験の多くは、実際河川と比較して水路内の水流がきわめて小水深のため、その水流で砂礫を流送させるために著しく急勾配の条件でなされてきた。そのため、実際河川における流砂量を予測するためには、

小水深の小型水路でなされた実験結果が、大水深・緩勾配の場合にどの程度適用できるかを定量的に明らかにすることが必要とされてきた。ところが小型水路では、実際河川を考慮して緩勾配になると、水深は大きくなるかわりに水路側壁の影響が強くあらわれてしまい、水深の効果を十分に評価しえないという欠点を生じた。実験装置はなるべく小型化するほうが運用その他の点で好ましいことは確かであるが、あえて大型の水路施設を必要とした理由のひとつは、まさにこの点にある。

大型水路施設では、水路幅を4mとして小型水路のもつ欠陥を克服し、また不十分とはいえ最大給水量を $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ と比較的大きくして、大きな水深をもつ水流を生み出せるようにした。水路長は、砂礫堆の移動など大規模な河床形態の変化を明らかにし得るよう、上・下流端の影響のない観測可能区間をできる限り長くとって、160mまでのばした。160mという値は、砂礫堆の波長が水

路幅の27倍にまでなることと、上・下流端の影響範囲をそれぞれ約25mと見積もったことから得られたものである。また、砂礫循環設備によって、水のみでなく砂礫をも水路システム内で循環させるなどの工夫をこらして、水路の大型化に伴う使いにくさに対処し、かつ実験条件を一定に保って長時間の実験を行なえるようにして、精度の良い流砂データを得られるように計画した。

現在までに、5~10mmの細礫を用いて、水底面の勾配を1/100~1/600の範囲に制御しうることを確かめたが、今後、粒度組成をも制御して、比較的容易に所定の勾配をもった水流を作り出せるようになるものと思われる。この大型水路施設を「最後の戦艦」としないためにも、多くの方々に積極的に利用していただきたいと願っている。

大型水路は、その大きさから、小型水路で十分な実験をした後、あるいは実際河川における観測結果についての検証実験のために用いるという使い方が多くなされるものと思われる。一方、大型水路内で生ずる流砂現象は、小型水路で通常観察されるような二次元的なものよりは、むしろ実際河川と同様な三次元的な性格が強い。戦後30年間に蓄積された水の流れについての一般的理解の上に立って、今後10年間ほどは河川の個別的な把握が望まれている現在、実際河川の観測とあわせ、この大型水路を地球上にあるまぎれもないひとつの実際河川として、その個性をとらえるような観測・研究が行なわれることをも期待したい。

(池田 宏)

## I 大型水路施設全体の構成

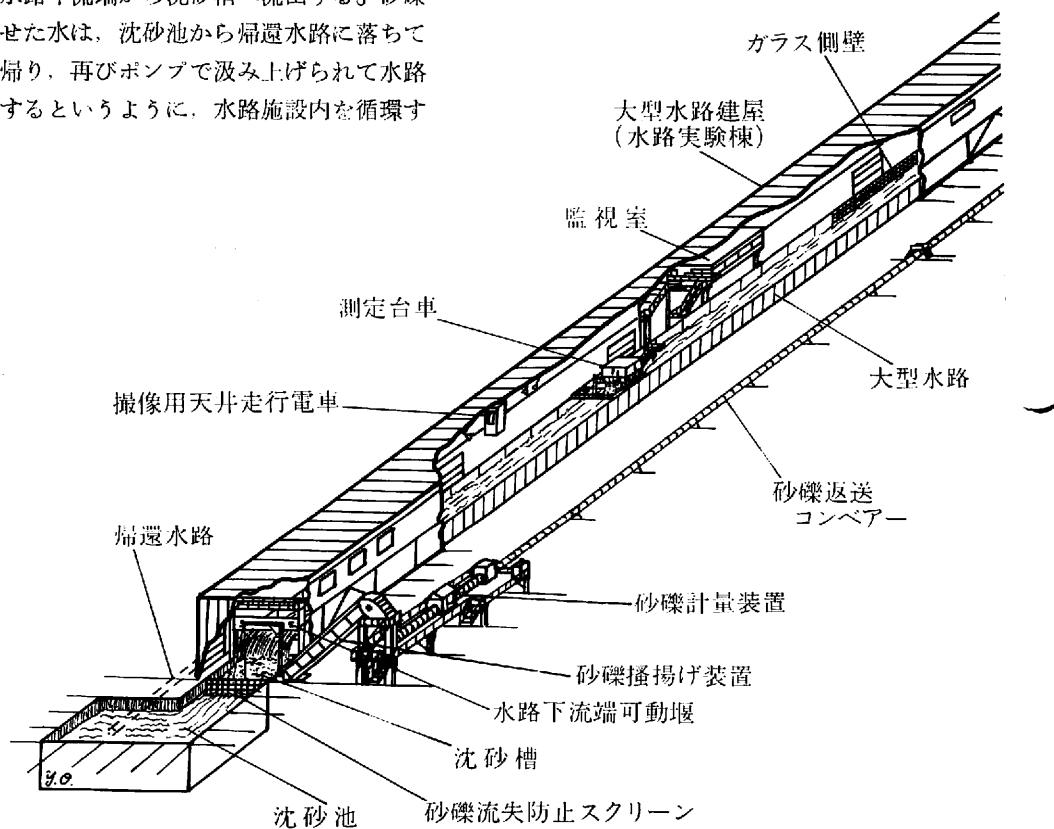
大型水路施設は、水路内を流れる水量と、砂礫の性質と量、あるいは水底面の勾配を任意に変えることができるよう計画されたもので、第I-1図にみられるように、(1)水路本体と建屋(大型水路実験棟)、(2)ポンプ設備、低水槽、沈砂槽、沈砂池、帰還水路からなる給水設備、(3)水路施設内で砂礫を循環させるための砂礫循環設備と、(4)砂礫篩分け・混合設備、および(5)各設備の遠隔制御および各種の実験計測のための監視室と、測定台車・撮像用天井走行電車を含めた大型水路データ計測設備とで構成されている。

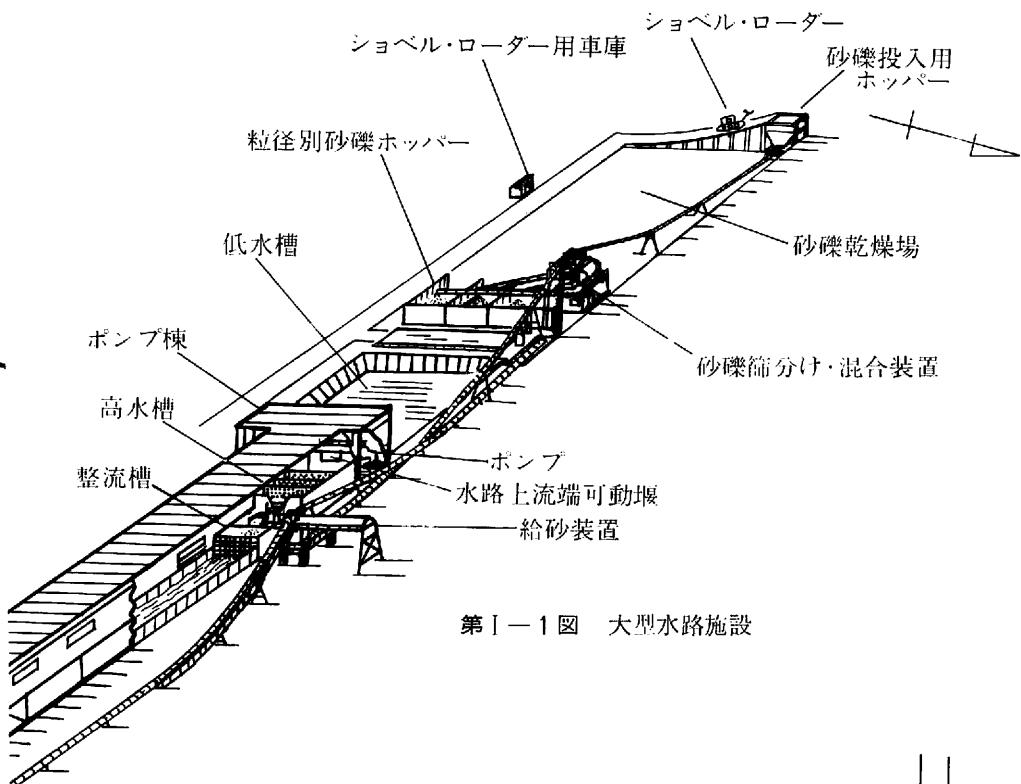
### 水路施設内における水と砂礫の流れ

低水槽からポンプによって汲み上げられた水は、水路上流端の高水槽に入り、流量を調整された後、整流槽に流入し、砂礫とともに水路を流れて、水路下流端から沈砂槽へ流出する。砂礫を沈殿させた水は、沈砂池から帰還水路に落ちて低水槽へ帰り、再びポンプで汲み上げられて水路内へ流入するというように、水路施設内を循環する。

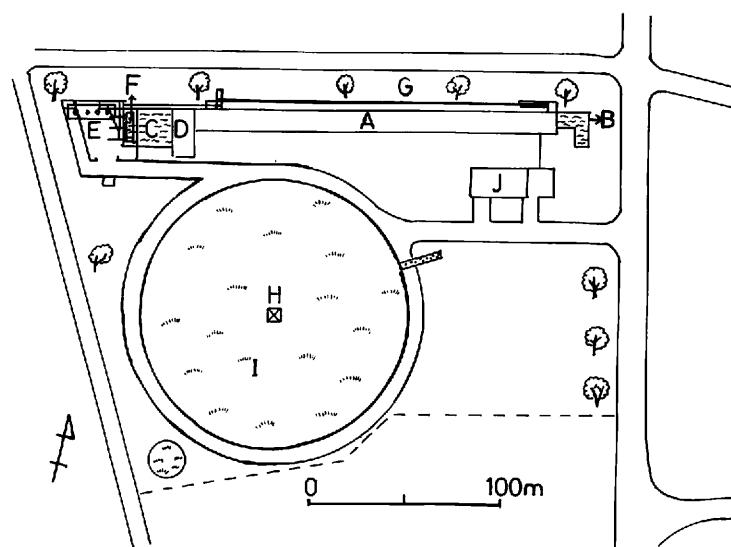
砂礫の流れは、実験の方式により、循環方式(re-circulating system)と給砂方式(feed system)とで異なる。循環方式の場合、水路内から水とともに流出して沈砂槽に沈殿した砂礫は、砂礫揚げ装置によって運び出され、流出砂礫量を計量装置で測定された後、砂礫返送コンベアによって水路上流端へ運ばれ、給砂装置により再び水路内へ給砂されるということを繰り返す。

給砂方式の場合には、砂礫は砂礫返送コンベアからさらに上流側の砂礫篩分け・混合設備に送られ、篩分け・混合設備によって粒度を再調整されたのち、粒径別に定量供給装置によってひき出され、水路上流端から給砂装置によって水路中へ供給される。





第I-1図 大型水路施設



第I-2図 水理実験センター施設配置図

A. 大型水路実験棟, B. 沈砂池, C. 低水槽, D. ポンプ棟,  
E. 砂礫分け・混合設備, F. 沈澱池, G. 砂礫循環設備,  
H. 気象観測塔, I. 熱水取支観測圃場, J. 研究棟

II 水路設備

II—1 概 要

水路本体は、上流部より高水槽、整流槽、水路、下流端堰からなる。第Ⅱ-1表にその仕様を示した。水路本体の勾配は $1/100$ に固定されており、水路建屋の床面全体も $1/100$ の勾配でつくられている。したがって、整流槽より下流側の水路はすべて床面に平行に据え付けられている。なお砂床勾配の制御は、下流端堰を用いて行なわれる。

## II-2 構成および仕様

### 1) 高水槽

ポンプにより貯水槽からくみ揚げられた水は高水槽に入り、直角三角堰を越えて水路本体に入る。高水槽は直角三角堰、可動堰、水位検出筒、整流板などを備えている。給水量を決めるための越流水頭の調節は、高水槽の上流端に設けた可動堰のゲートを昇降させることによって行なわれる（第Ⅱ-1図）。

流量は水位計により直角三角堰（第Ⅱ—2図）の越流水頭を読みとり、直角三角堰についての、沼知・黒川・淵沢の式(1)を用いて算出される。

$$\mathbf{Q} = \mathbf{C} h^{5/2} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$C = 1.354 + \frac{0.04}{h}$$

$$+ \left( 0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{D}} \right) \left( \frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$$

ここに、 $Q$ ：流量 ( $m^3/sec$ )

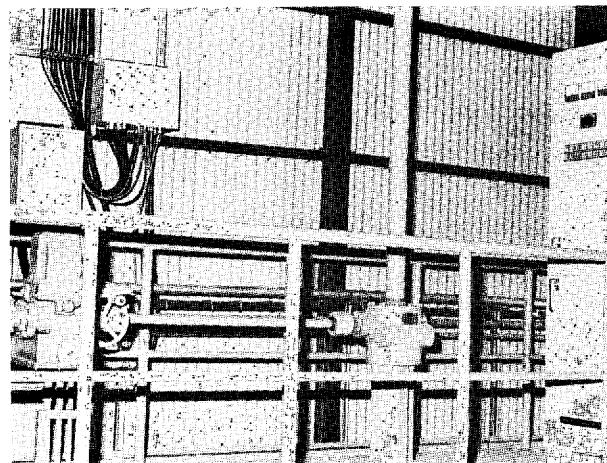
$h$  : 越流水頭 (m)

C：流量係数

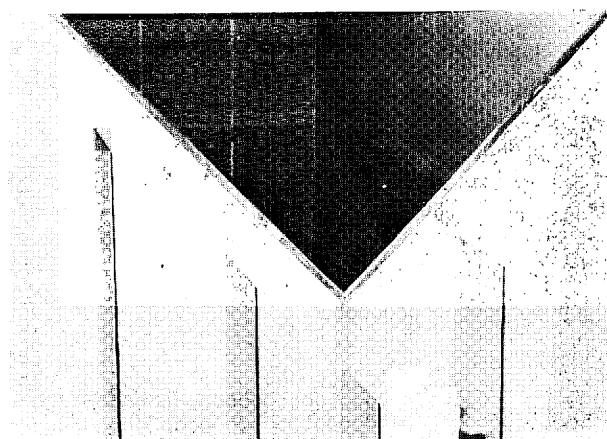
B：水路幅 (m)

D : 水路の底面から切欠底面までの  
高さ (m)

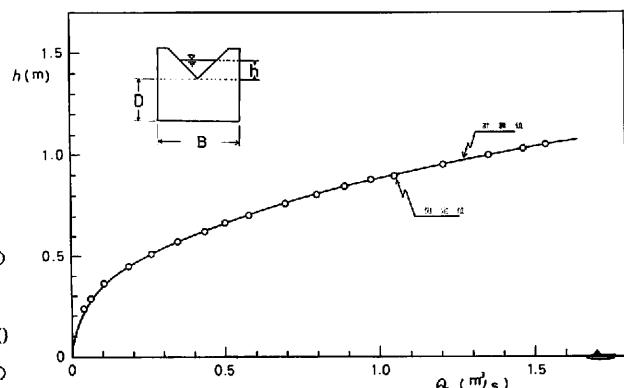
本装置では、 $B=4.0\text{m}$ 、 $D=2.0\text{m}$ 、 $h=0\sim1.5\text{m}$ であるため、沼知・黒沢・淵沢式の適用範囲外となるが、越流水深と流量を測定（流量の測定については後述）した結果、測定



第II-1図 可動堰ゲート昇降装置（高水槽上流端）



## 第II-2図 直角三角堰



第Ⅱ-3図 堰の越流水頭 ( $h$ ) と流量 ( $Q$ ) の関係。  
白丸は測定値、実線は計算値

定値と(1)式による計算値はかなりの精度で一致していることがわかった(第II-3図)。したがって流量は堰の越流水頭だけからでも充分な精度で算出されることが確認された。

また流量を時系列的に変化させて行なういわゆる非定常の実験に際しては、可動堰とポンプを連動させることによって流量の時系列的な調節が可能な構造となっている。

第II-1表 水路設備の仕様

名 称	幅(m)	長さ(m)	深さ(m)	体積(m <sup>3</sup> )	勾配
高水槽	4.0	12.5	3.5	175	0
整流槽	4.0	10.0	2.5	100	1/100
水 路	4.0	160.0	2.0	1,280	1/100

## 2) 整流槽

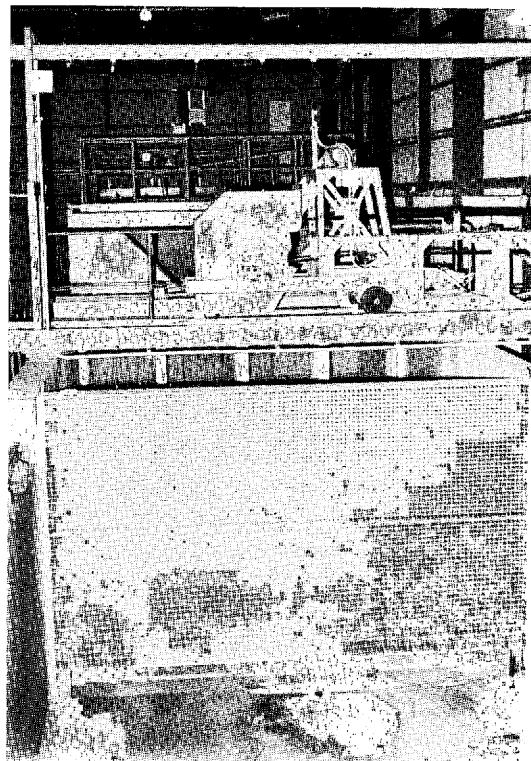
整流槽は高水槽より流下してきた水を整流することと、給砂装置より投入された砂礫を水路に均一に流すことを目的とする。直角三角堰を越流してきた水はまず三層からなる金網スクリーンにより整流され、さらに給砂装置の下を通ったのち、23mm角のハニカムスクリーンを通過する(第II-4図)。無給砂の状態ではよく整流されているが給砂中の整流には若干の問題が残されている。

## 3) 水路本体(表紙写真および第I-1図参照)

水路の大きさは幅4mとし、長さは測定区間として最大約100mを要するため、水路上、下流端の影響を考慮に入れて160mとした。砂床の縦断勾配のとりうる範囲は、勾配固定式水路では水路の深さによって決まるので、本水路では0~1/50の砂床勾配を得るために深さを2mとした。

側方からの観察、測定を行なうために、水路中央部の両側壁に長さ20mにわたって強化ガラス製の観察窓を設けた(第II-5図)。また上方からの見学が可能ないように上・下流部2ヵ所に歩廊を設置した(第II-

—6図)。なお従来のコンクリート製大型水路では将来の改造等が困難であるため、水路本体は鋼板製とした。水路本体に砂、水、測定台車などが加わるとかなりの重量になるため、基礎地盤の不



第II-4図 整流槽(下流側より)



第II-5図 観測窓

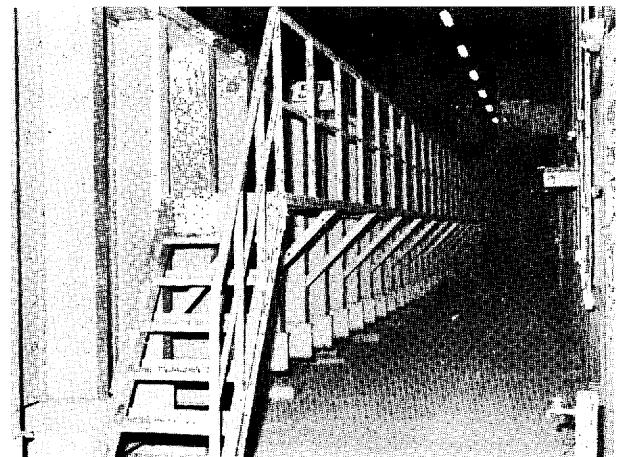
等沈下が生じた場合の対策として、水路床区間にわたって上下方向に最大 100mm までの調節可能な構造とした。

第 II-7, 8 図に、実際に最大流量約  $1.5 \text{m}^3/\text{s}$  の水を流した場合の流速分布の一例を示す。流速測定にはピトー管とマノメーターを用い、水路中央部上流端から 80m の位置で測定した。測定は水平方向 7 点、垂直方向 5 点の計 35 点で行ない、また水平方向の境界層内（側壁より約 30cm）では、より細かく 8 点で測定した。第 II-7 図は水路床より 12cm の面での水平方向の流速分布である、かたよりのない左右対称な流れで、最大約  $3 \text{m/s}$  の流速に達している。

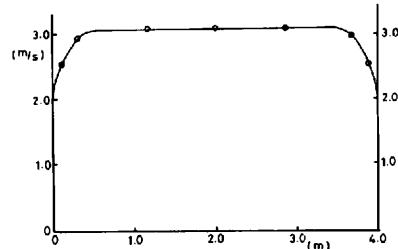
第 II-8 図は、側壁より 2m（水路中心線）の面での垂直方向の流速分布である。このときの水深は約 14cm であった。以上のようにして求めた平均流速に、それぞれ分割した断面の面積を乗じて、その総和から流量を求めると  $1.54 \text{m}^3/\text{s}$  が得られた。直角三角堰の越流水頭から計算された流量はこのような方法で検定され、実験上、充分な精度をもっていることが確認された。

#### 4) 下流端堰（第 II-9 図）

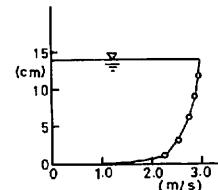
前述のとおり、水路本体は可傾装置をもたない勾配固定式水路である。そこで砂床の縦断勾配を可変にするために下流端堰を設けた。上段、下段の 2 つのゲートよりなり、上段ゲートは水面を、下段ゲートは砂面を調節できる構造になっている。（制御方法についての詳細は、池田 宏、1977：水理実験センター報告、1、79~84 を参照）。各々のゲートの設定値の最小目盛は 1mm である。（泉 耕二）



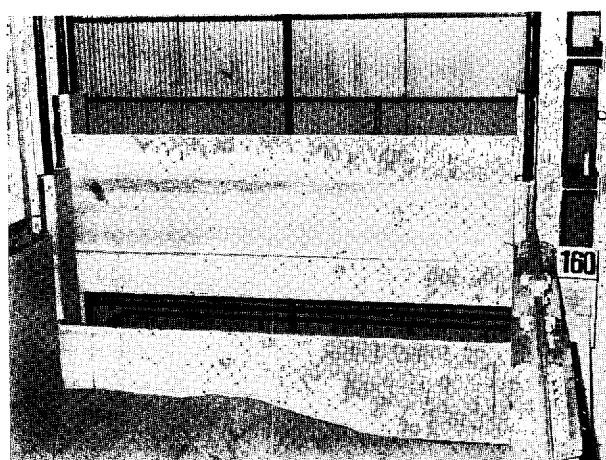
第 II-6 図 歩廊



第 II-7 図 水平方向の流速分布



第 II-8 図 垂直方向の流速分布



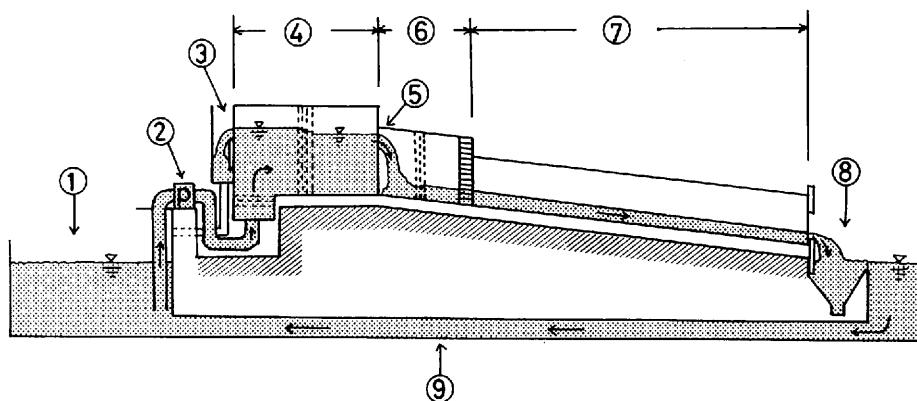
第 II-9 図 下流端堰

### III 水循環設備

水路に水を供給するシステムを第III-1図に示した。低水槽（第III-2図）にためられた水は計3台の横軸斜流ポンプ（第III-3図）により揚水され、集合管を経て高水槽に入る。高水槽では余分な水が可動堰を経て低水槽へもどされ、必要と

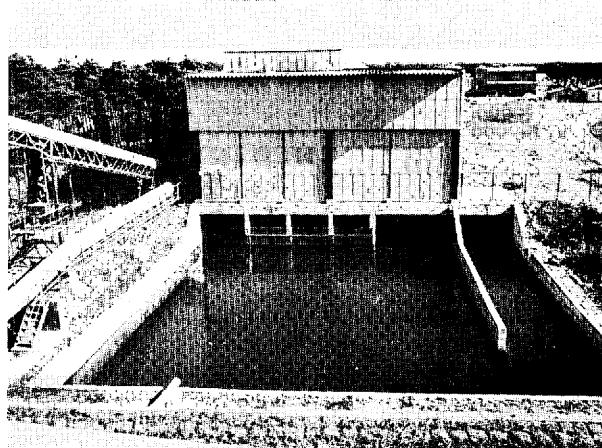
される供給量の水だけが直角三角堰から整流槽へと流下する。水は水路を流下して、下流端堰から沈砂槽に落ち、沈砂池（第III-4図）、帰還水路を経て再び低水槽へ戻される。水の貯水量は計約2,000m<sup>3</sup>である。それぞれの水槽の仕様を第III-1表に示した。

(泉 耕二)



第III-1図 水の循環系

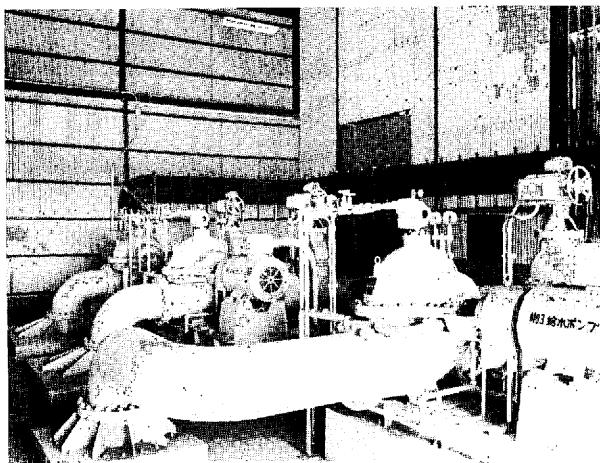
- ①低水槽、②ポンプ、③余水バケ（可動堰）、④高水槽、⑤直角三角堰、
- ⑥整流槽、⑦水路、⑧沈砂槽、⑨帰還水路



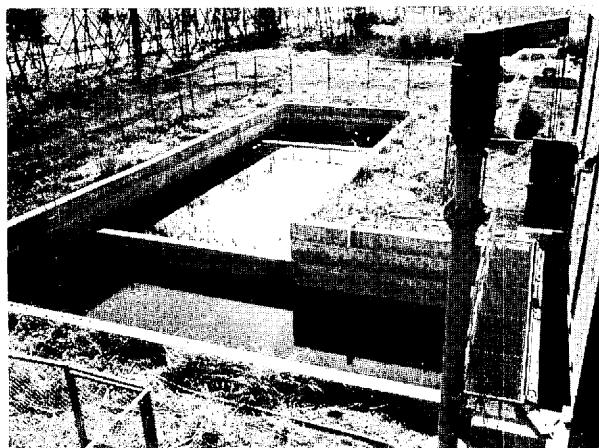
第III-2図 低水槽

第III-1表 給水設備の仕様

名 称	深さ×幅×長さ (m)	体積(m <sup>3</sup> )
低 水 槽	3.0×20.0×25.0	1,500
沈 砂 槽	3.0×5.0×4.0 (断面V字型)	60
沈 砂 池 (1)	3.0×5.0×11.8	177
沈 砂 池 (2)	3.0×6.0×10.0	180
帰 還 水 路	φ 1m 管×198.5	156



第III-3図 ポンプ室と給水ポンプ



第III-4図 沈 砂 池

## IV 砂礫循環設備

### IV-1 概 要

砂礫循環設備は、水路上を流送され下流端に設けられた沈砂槽に落ちこんだ砂礫を再び揚げ、ベルトコンベアによって上流端へ返し、給砂装置から再び水路へ投入することによって、砂礫の連続的な循環を行なうものである。大型水路において、このように実験砂礫を連続的に循環させることには多くの困難が伴うのが普通である。水理実験センターでは建設のための限られた時間・予算の範囲内で出来る限りの技術的な工夫をこらし、所期の目的を満足できるような砂礫循環システムをつくることを心がけた。しかしこうした努力にもかかわらず、後述するように当初つくられた装置にはなお改善すべき点が残されている。

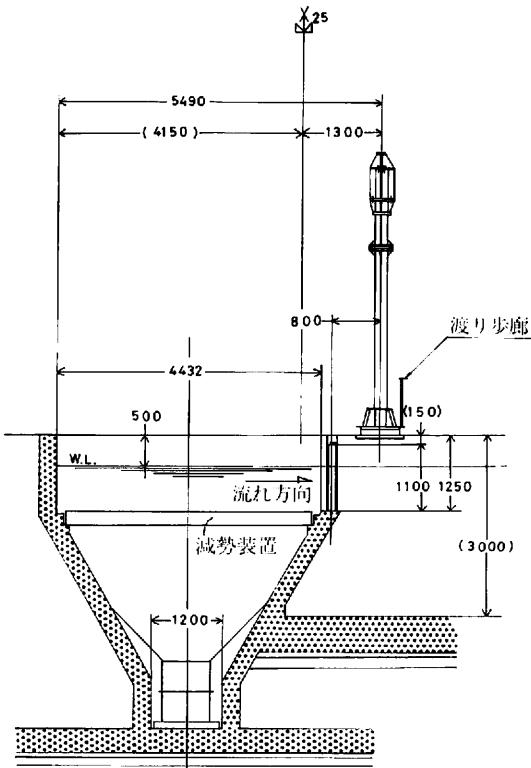
砂礫循環設備は、沈砂槽、砂礫揚揚装置、砂礫計量装置、砂礫返送装置、給砂装置の五つの部分から成り立っている。以下、これらの各部分について、その構成および仕様を述べる。

### IV-2 構成および仕様

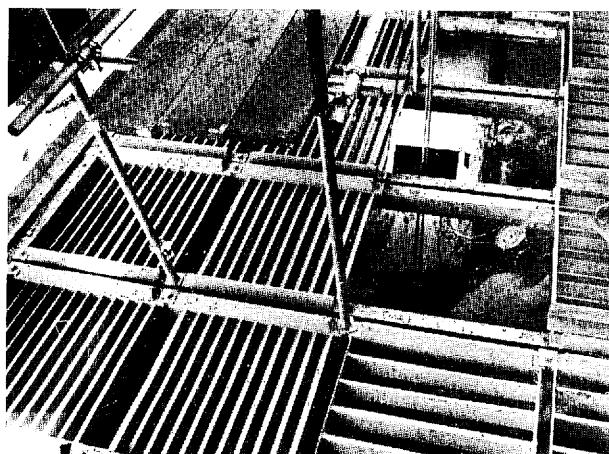
#### 1) 沈砂槽

水路下流端の堰下に設けられたコンクリート製の水槽で、内側に第IV-1図に示すような下に向かってすぼまつた形の鋼板が取付けられ、砂礫が沈砂槽の底部の中心に集まりやすい構造となっている。沈砂槽中心部には幅1mの溝が切られており、沈殿した砂礫はこの溝の中に落ち込んで次に述べる砂礫揚揚装置により沈砂槽より揚げられる。

水路下流端から落下する水量は最大 $1.5\text{ m}^3/\text{sec}$ であるから、流量が多い時には沈砂槽はあたかも滝壺のような状態となり、激しい水流によって砂礫の沈殿が妨げられる。これを防ぐために沈砂槽内に第IV-2図に示したような鋼製の水流減勢装置を設けた。大型水路で使用する予定の砂礫の粒径は通常の実験では25mm以下である。



第IV-1図 沈砂槽の縦断面図（左側が水路下流端）



第IV-2図 沈砂槽中の水流減勢装置（改修工事中に撮影、一部が取りはずされている。奥に見える四角い穴は沈砂槽側面にあり、沈砂槽の下にある砂礫揚揚装置の点検を行なうときにだけ開く。）

ら、この減勢装置の仕切板の間隔は最も狭いところでも 50mm とした。

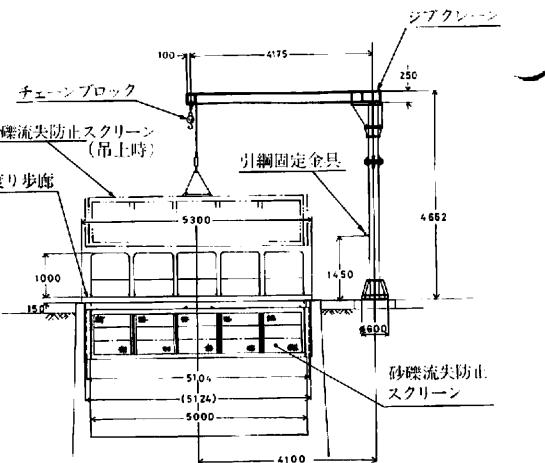
理想的な砂礫循環設備では、水路上を流送されてくる砂礫を 100% 上流へ返送することが要求される。沈砂槽では、したがって、沈砂池への砂礫の流出を少しでも減らすことが重要な技術的問題となる。本水路では第Ⅳ-3、4 図に示したようにステンレス製のメッシュを沈砂槽の下流端に設け、砂礫の流出を防いだ。実験に使用する砂礫の粒径により異にするメッシュを使用できるよう、図にみられるようなジブ・クレーンを設けて、メッシュの交換の簡便化を図った。しかし一般に、メッシュは遮蔽効果が良好であればあるだけ、目つまりを起こしやすい欠点をもっている。本水路でも当初からこの点が懸念され、メッシュに代わるものとして振動式のスクリーンや、またメッシュ表面の砂礫を自動的にかき落とすワイパーなど種々な装置が考えられたが、いずれも技術的、予算的に無理があり、最終的には従来からのメッシュが設けられた。

昭和53~54年度に行なわれた予備実験の結果、特に流量を多くした場合メッシュに目つまりを生じて、このため沈砂槽中の水位が上昇し、水が沈砂槽から溢れ出ることが明らかとなった。このため、沈砂槽のかさ上げ工事を行なうとともに、沈砂槽の上流端側、水路からの水流の落ち口前面に鋼製の衝立を新たに設けて、沈砂槽へ落下する激しい水流がそのまま下流側へ流れてもメッシュにぶつかるのを妨げ、水流が一たん沈砂槽中へ潜ってから再び湧き上がって初めてメッシュにぶつかるような工夫を加えた。改修工事は現在進行中であり、これによってメッシュの目つまりがかなりの程度解消されることが期待されている。

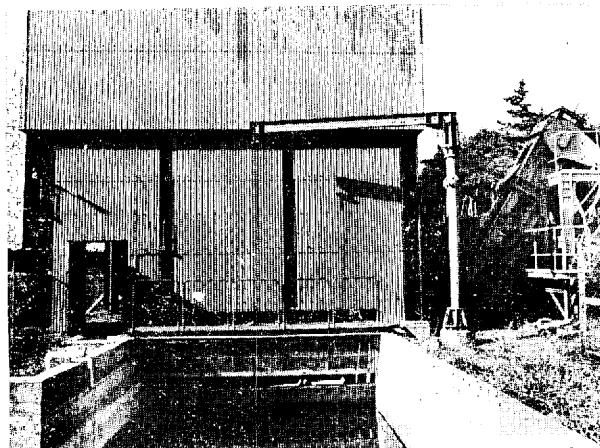
## 2) 砂礫搔揚げ装置

沈砂槽の底に沈んだ砂礫を搔揚げ、砂礫計量装置へと運ぶものである。水路上を運搬されてきた砂礫を確実に捕捉して、しかもこれを連続的に上流側へ送り返すために

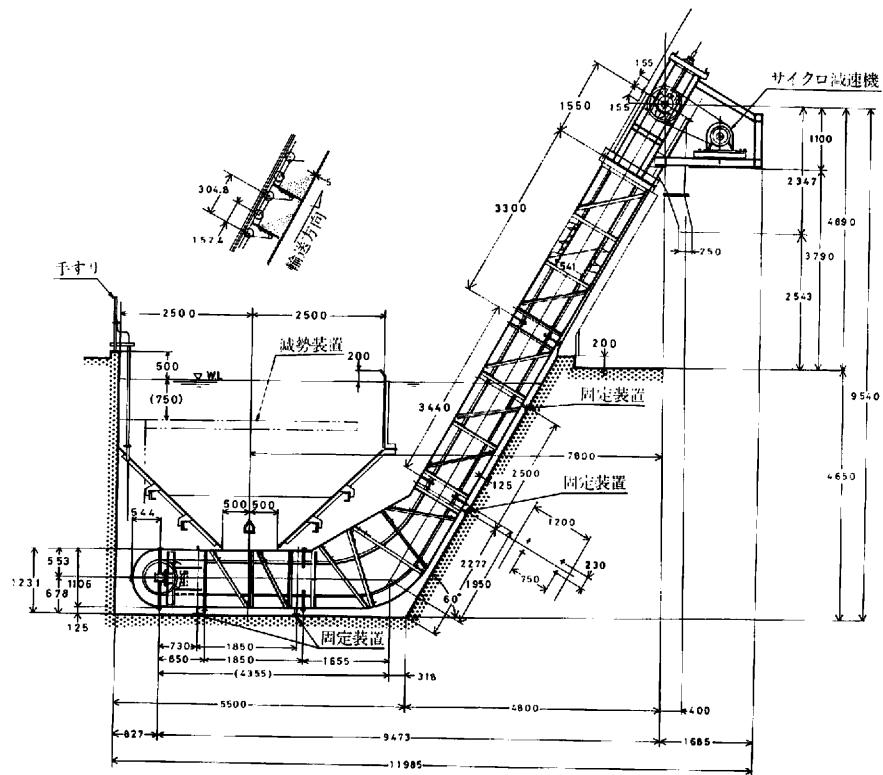
は、砂礫を當時搔揚げる方式が最も適している。本水路では、すでに述べたように沈砂槽の中央部に溝を切り、その下に幅 80cm、高さ 21cm のステンレス製のブレードを多数とり付けた一種のベルトコンベアを循環させる方式を採用した。装置全体の構成を第Ⅳ-5 図に、地上部分の写真を第Ⅳ-6 図に示す。敷地との関係上、搔揚げ部分の角度は 60° とかなり急勾配にせざるを得なかつた。第Ⅳ-7 図には沈砂槽の底に、ブレードをとり付けたコンベアが入っていくところを示す。



第Ⅳ-3 図 沈砂槽下流側の砂礫流失防止スクリーンとジブ・クレーン

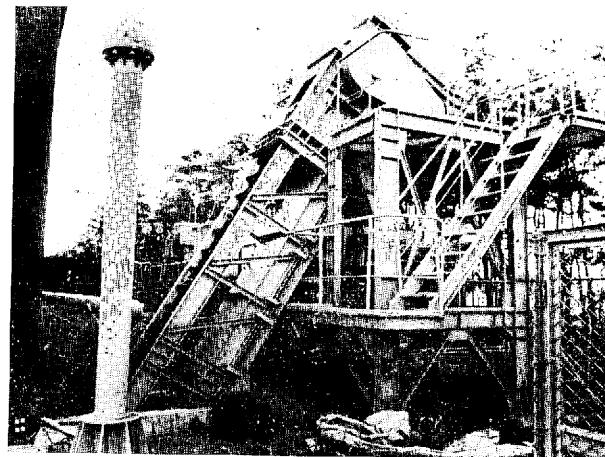


第Ⅳ-4 図 沈砂池側からジブ・クレーンに取付けられた砂礫流失防止スクリーンを見たところ



第IV-5図 砂礫揚げ装置の横断面図

沈砂槽から水とともに落下した砂礫は、各々のブレードによって仕切られた幅 80cm 長さ約 31cm の空間内に入り、第IV-5図に示されているように、コンベアーが回転するにつれて、今度はブレードによって支えられながら地上へと揚げられていく。砂礫中の水分は揚げ途中で、底面に張られたメッシュからぬけ落ち、砂礫揚げ装置の頂部（第IV-8図）では含水率が 5～10mm の礫で 5% 以下、細目砂でも 25% 以下になるよう工夫されている。水路下流端から沈砂槽内に投入された砂礫の揚げ率は、5～10mm の砂礫について 95% 以上、細目砂については 90% 以上であることが確かめられている。砂礫の揚げ能力や装置の細かい仕様については、第IV-1 表に示



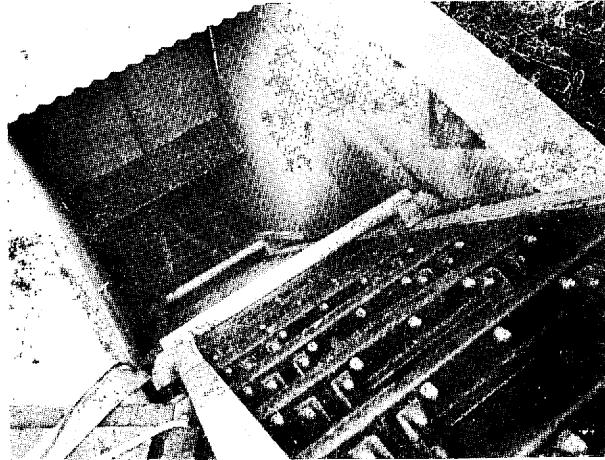
第IV-6図 砂礫揚げ装置の地上部分

第IV-1表 砂礫循環設備の仕様

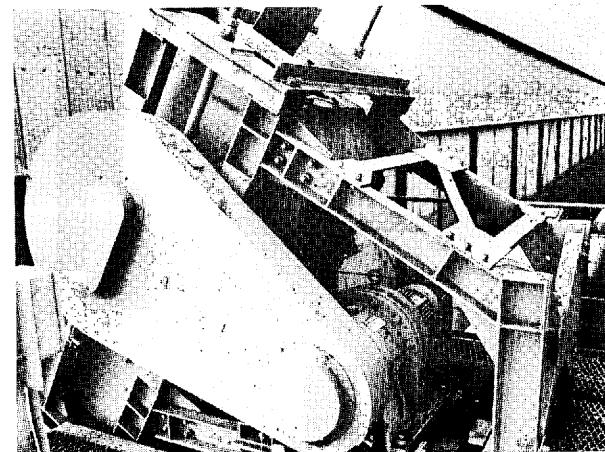
	砂礫揚げ装置	砂礫計量装置	砂礫返送装置	給砂装置
ベルト幅	(トラフ幅) 800mm	750mm	400mm	400mm
水平機長	9.4m	11.0m	155.69m	10.7m
揚程	8.8m	0m	7.05m	0m
運搬量	(max) 72t/h	(mean) 36t/h	(max) 75t/h	(mean) 36t/h
ベルト速度	(チェーン速度) 60m/min	30m/min・3m/min	75m/min	65m/min

した。揚げ速度は6m/分であり、実験開始後砂礫が初めて沈砂槽に落ちてから後述する計量装置にまで到達するのに要する時間は、約5分である。その後はほぼ連続的に砂礫が揚げられる。

このように、ブレード式の砂礫揚げ装置は、砂礫を連続的に揚げられる点で極めて有効であり、これは実験中に変動する流砂量を正確に測定する上で有利な点である。しかし、ブレード式の揚げ装置に問題点がないわけではない。その第一は、沈砂槽中を沈下した砂礫だけしか捕捉できないために、細粒物の揚げ率がどうしても落ちてしまう点である。細粒物を揚げるためには、水路からの落ち口にコンベア式の大きな捕砂装置を設けて、移動させながら流下した砂礫をすべてすくいとるバケット式の揚げ装置が有効なことは言うまでもない。しかし、バケット式には、大流量になったときに水勢が強くなるために充分に砂礫の捕捉ができないこと、バケットを移動させる時にどうしてもバケットからこぼれる砂礫が出るため捕捉率が落ちること、さらに揚げがブレード式の時ほど連続的でなくなるので、流砂量を算定する時間間隔があいてしまい、流砂量の時間的变化を測定しにくくなるなどの大きな欠点がある。このため、本水路ではバケット式を



第IV-7図 沈砂槽の下へ入っていくブレード



第IV-8図 砂礫揚げ装置の頂部（手前側はサイクロ減速機）

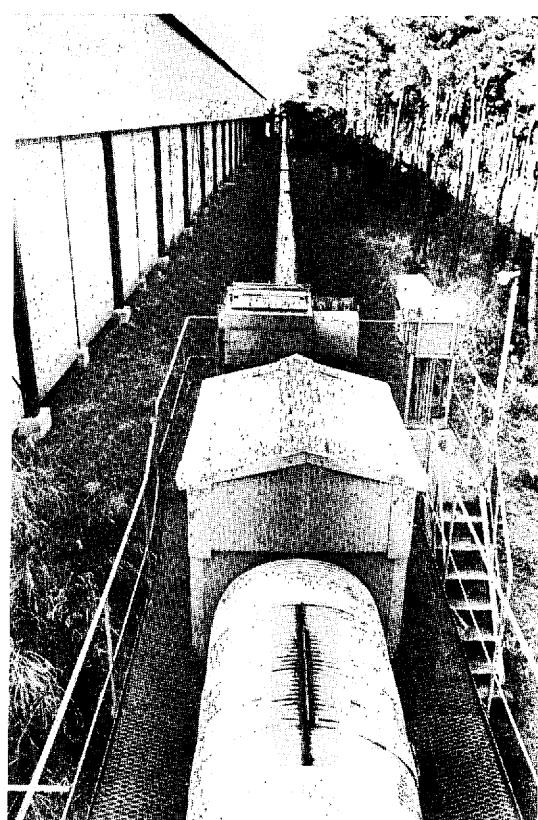
採用しなかった。したがって細礫以下の細粒物を多く含むような実験では、掻揚能力の限界から、正確な流砂量の算定が困難となる。この場合には、何らかの補助的手段を併用する必要がでてくるであろう。

次に予備実験によって問題となったのは、5mm程度の粒経をもつ砂礫がブレードとその下側の鋼板との間の隙間に(第IV-5図)に挟まり、掻揚時に摩耗するという点であった。これは設計時には全く予期していなかった点で、このために長時間の実験を行なうと礫が碎かれて次第に細粒化してしまい、同一条件での実験が行なえなくなるという状態を生じた。そこで昭和54年度にはステンレス製ブレードの上部を一部切りとり、その部分を硬質のゴム板に代えることによって、この問題を改善した。しかしブレードのゴム板部分は摩耗が激しいので、長時間の実験を行なうと交換しなければならない欠点がある。

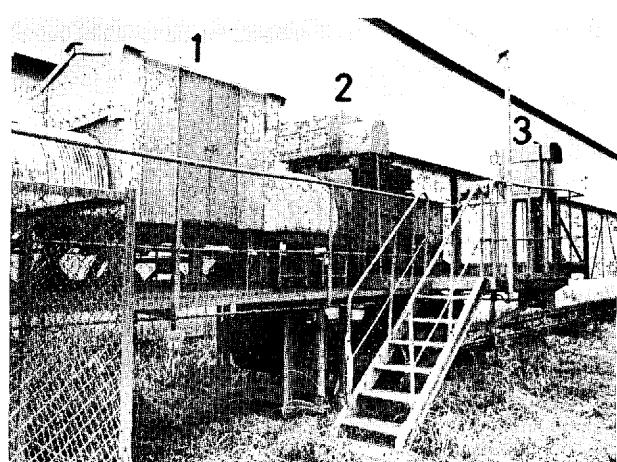
細粒物質の掻揚は、残された第2の問題である。特に、購入した砂礫が充分に水洗されていなかった場合など、砂礫の表面に不着した粘土、シルト分がそのまま水路内を循環するため水路に濁りを生じ、水路上での観察や計測に支障をきたすことがある。パケット式を用いても大流量の場合の粘土、シルト分の捕捉は極めて困難なので、沈砂槽を大型化して水勢を弱め、細粒物質の沈澱を促しながら適当な方法でこれらを除去することが必要となるであろう。しかし次章で述べる砂礫篩分・混合装置の完成により、購入砂礫の水洗はより完全に行なえるようになったので、この問題は従来よりは改善されている。

### 3) 砂礫計量装置

砂礫計量装置は、砂礫掻揚装置によって掻揚された砂礫の重量を計量したのち、砂礫返送装置へと送るもので、速度可変式ベルトコンベア、コンベア・ウェイア、および砂礫計量装置の三つの部分からなっている(第IV-9、10図)。砂礫



第IV-9図 砂礫計量装置(向こう側は砂礫返送装置)



第IV-10図 砂礫計量装置(1:コンベア・ウェイア、2:ホッパー、3:機側操作盤および計量装置)

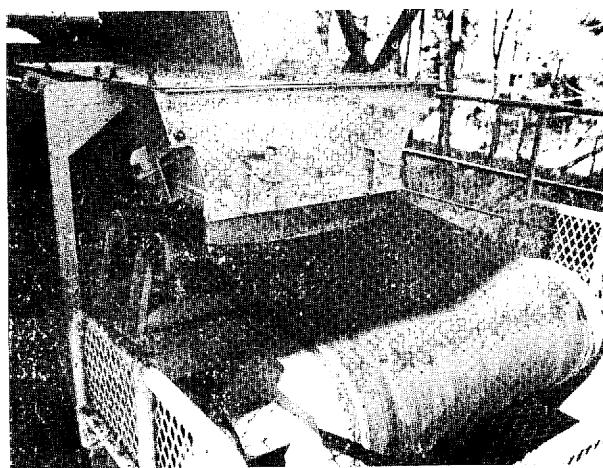
第IV-2表 砂礫計量装置の機能

計量範囲	ベルト速度	計量精度
20kg/s~2kg/s	30m/min	± 0.1kg/s
2kg/s~0.2kg/s	3 m/min	± 0.01kg/s

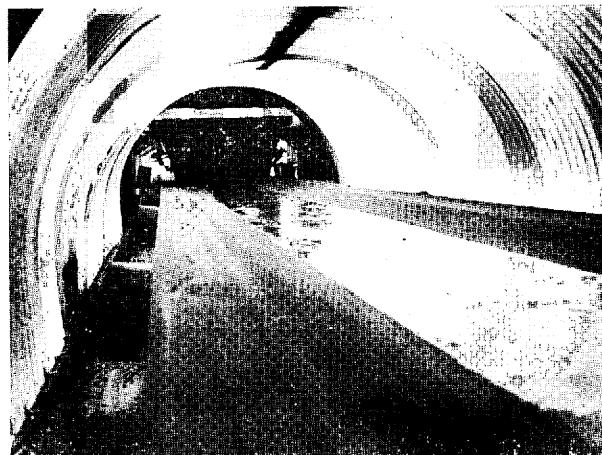
は、まず砂礫搔揚装置頂部からホッパーによって速度加変式ベルトコンベアの末端に落される(第IV-11図)。このベルトコンベアは、速度可変であることを除けば次に述べる砂礫返送装置のものと同一仕様で、第IV-12図に示すように塩化ビニール波板からなる雨蓋で覆われている。第IV-2表に示したように、ベルト速度はベルトの上にのってくる砂礫の重さによって自動的に二段階に切り換わる。

コンベア・ウェイア(第IV-13図)はベルトコンベアの上を移動する砂礫の重量を移動中でも測定し得る装置で、日新電子(株)製 NW-500型を用いた。その性能・仕様は第IV-2表に示されているように、ベルト上を通過する砂礫の量によって二段階に切り換えられる仕組みとなっている。計量精度についてはテスト・チェーンを用いて検定を行ない、満足すべき結果を得た。さらにテスト・チェーンのような連続的かつ均一な荷重ではなく、ベルトコンベア上に不連続かつ不均一にのってくる荷重に対する精度を調べるために、予めその重量を測定した種々の重さの砂袋を任意の間隔でベルトコンベア上にのせ、その計量試験を行なったが、その結果も第IV-2表に示した精度を満足するものであった。

これらの計量値は、コンベア・ウェイアの横におかれた砂礫計量装置の表示盤(第IV-14図)に表示される。瞬時値はディジタルおよびアナログ表示され、また5分間の積算値もディジタル表示される。ディジタル表示の場合、表示単位は、0.01kgで四桁表示である。監視室内では、後述する大型水路データ記録装置により、瞬時値、積算



第IV-11図 砂礫搔揚装置ホッパーと砂礫計量用ベルトコンベアの末端部。



第IV-12図 砂礫返送装置ベルトコンベアと雨蓋(左手奥は砂礫搔揚装置ホッパー)

値のプリント・アウトが行なわれている。

計量装置で問題となるのは、計量用コンベアの速度切換に伴なう計量ロスである。2kg/秒の荷重でベルト速度が切り換わるため、荷重が2kg/秒の近傍を上下するような場合には速度切換が頻繁になり、正確な計量がなされないこれがわかる。このため、同一レンジの荷重が少なくとも20秒はベルト上を運ばれた場合に限って速度が切り換わるよう改良を行なった。この場合、20秒以下の時間間隔で0~2kg/秒、2~20kg/秒のどちら

かのレンジを越える荷重がきた場合にはスケールアウトとなるが、実際には2kg/秒から大きく偏った荷重がくることは稀なので、ほとんど問題となるような誤差なしに連続的な計量が行なわれている。

#### 4) 砂礫返送装置

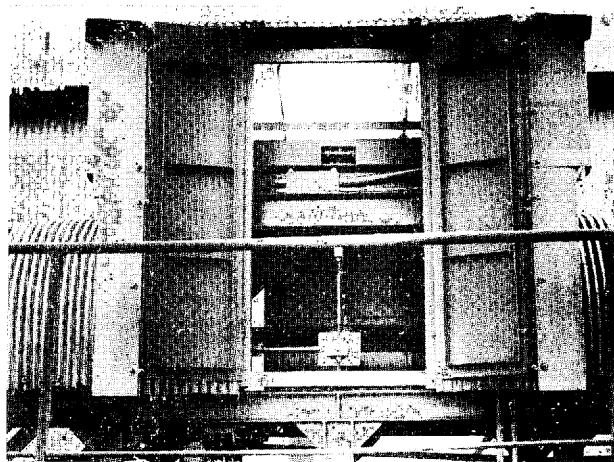
砂礫計量装置の末端部におかれたホッパー（第III-10図）によって、砂礫は一段低い位置におかれた砂礫返送装置のベルトコンベアー上に落される。砂礫返送装置は第IV-15図に示すように大型水路実験棟の北側に沿って上流端へのびており、次に述べる給砂装置へ砂礫を返送する。ベルト速度は75m/分である。

#### 5) 給砂装置

砂礫返送装置の上流側末端は7.2mの高さまで13°～16°の勾配で上がり、返送してきた砂礫はホッパーで給砂装置上のコンベアーに落される。給砂装置は次章第V-10図に示されているように、大型水路建屋北側の壁を貫いて設置され、整水槽の上に達している。第IV-16, 17図は給砂装置の建屋内の部分を示したもので、コンベアーの本体には整水槽への砂礫投入用ホッパーがあり、この全体がレール上を水路の全幅にわたって左右に移動を繰り返す仕組みとなっている。ベルト速度は65m/分、給砂装置全体の移動速度は前進、後退時ともに4m/秒である。すでに第III章で述べたように、返送してきた砂礫の量が多いときにはホッパーから落下する砂礫が整水槽内で山をつくる傾向があるため、不均一な水流を生じる原因となっている。今後ホッパーを改良したり、給砂装置の移動速度を増すなどの改善が必要であろう。

#### 6) 運転および制御

砂礫循環設備の運転と制御は計量装置のわきにおかれた機側操作盤（第IV-15図）で行なわれる。



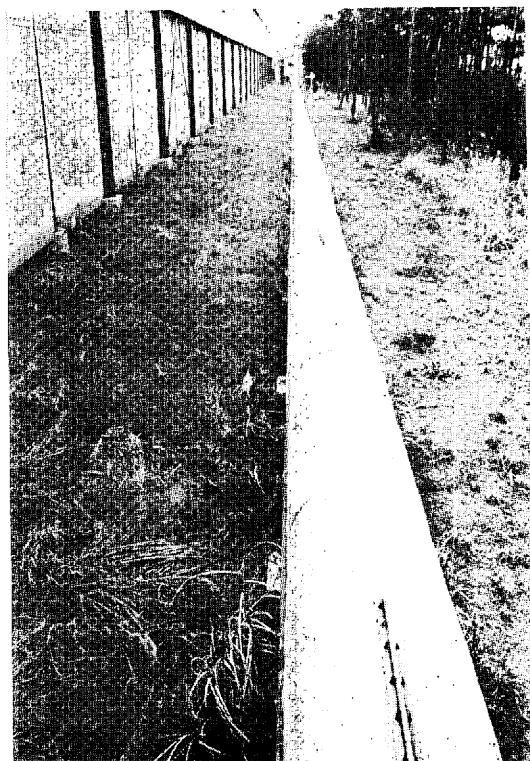
第IV-13図 コンベアー・ウェイア (覆いの扉を開いたところ)



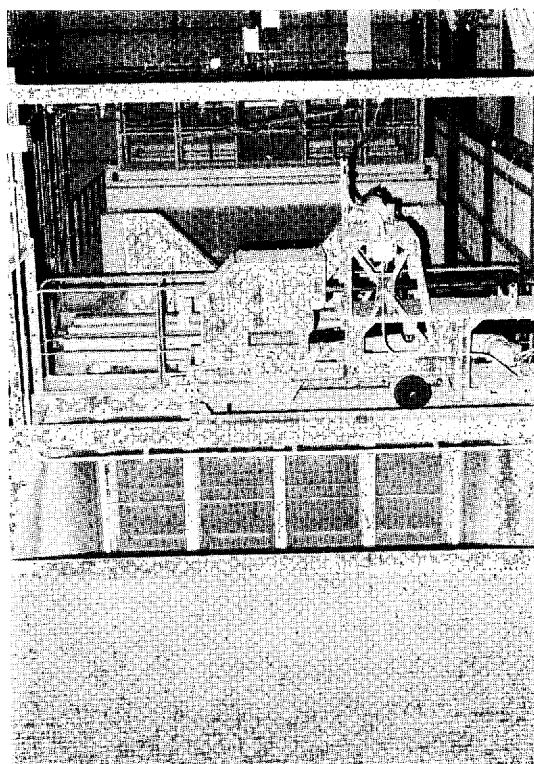
第IV-14図 砂礫循環設備機側操作盤および砂礫計量装置

各装置の連続運転および単独運転が可能である。各装置を点検する場合や、単に沈砂槽中の砂礫だけを搔揚げたい場合などには後者が用いられる。計量範囲の切り換えなど計量装置の操作は、計量装置内のスイッチで行なうことができる。

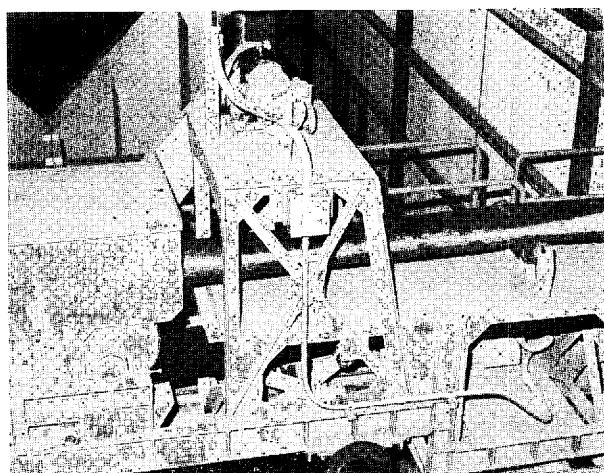
(小野有五)



第IV-15図 砂礫返送装置



第IV-16図 整流槽上の給砂装置



第IV-17図 給砂装置拡大写真（左端：ホッパー）

## V 砂礫篩分・混合設備

### V-1 概 要

水理実験センター大型水路実験施設の一環として、昭和53年度に大型水路実験における底質砂礫の条件制御および、水路への供給を目的として、砂礫篩分・混合設備が設置された（第V-1図）。

本設備は、0～20mm程度の砂礫を一定の粒径区分ごとに分類・貯蔵し、それを任意の構成比で混合・給砂するものであり、前記の砂礫循環設備と併用することにより、水路内底質砂礫の粒度粗成および給砂量の実験制御を行なうものである。本設備の特色は、貯蔵された砂礫を電子制御方式による定量切り出し機（C. F. W. : Constant Feed Weigher）を用いて任意の量だけ高い精度で供給できるようにしたことと、非定常な実験制御をも可能にした点にある。

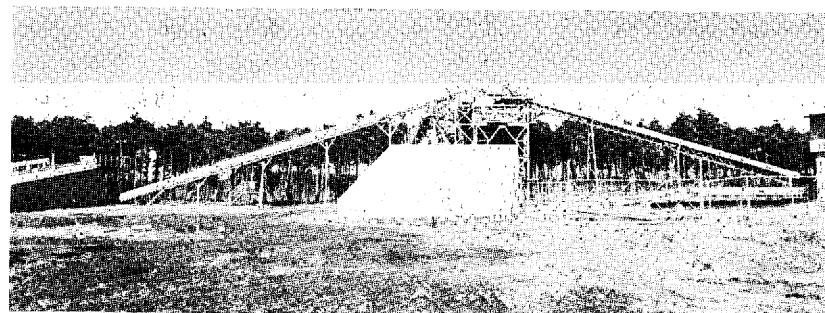
なお、本設備は株式会社 気工社により設計・施工された。

### V-2 構成および仕様

第V-2図に全体の流れ図を示す。本設備は砂礫の流れとして大きく4系統に分割され、また、洗浄水用の給水・処理設備が付設されている。各系統間の砂礫の運搬はベルトコンベアにより行なわれる。第V-1表にその仕様を示す。搬送量は各系統の装置の能力、および最大実用量に合わせて設定されている。以下に各系統ごとに装置の概要を示す。（ ）内の番号やB-1などの記号は、第V-2図の中の番号、記号に対応するものである。

#### 1) 原料系統

外部より搬入される0～20mm程度の原料砂礫を分け系統まで搬送するためのもので、搬入用



第V-1図 砂礫篩分・混合設備の全景

第V-1表 ベルトコンベアの仕様

記 号	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7
名 称	原 料 コンベア	+5.0mm コンベア	-2.5mm コンベア	2.5～5.0mm コンベア	混 合 砂 コンベア(1)	混 合 砂 コンベア(2)	返 送 コンベア
礫 径 (mm)	0～20.0	5～20.0	0.15～2.5	2.5～5.0	0.15～20.0	0.15～20.0	0.15～20.0
搬送量* (kg/sec)	10	7.0	6.0	6.0	20	20	15
水 平 機 長 (m)	40.4	5.5	13.2	18.6	17.0	67.8	63.0
動 力 (kw)	5.5	1.5	2.2	2.2	2.2	5.5	3.7

\* : 見掛比重 1.6とした場合。

斜路(①)と受入れ用の原料ホッパー(②), 切り出し用の電磁フィーダー(③)および, B-1ベルトコンベアーよりなる(第V-3図)。

a. 搬入用斜路: 傾斜角15°, 水平長22.5m, 鉄筋コンクリート製で, ダンプカーなどの運搬車両により原料ホッパーに投入できる。

b. 原料ホッパー: 幅・長さ3.5m, 深さ2.5m, 鉄骨・鋼板製で搬入用斜路の最上部に設置されている。有効容量は約10m<sup>3</sup>でダンプカー1台分に相当する。

c. 電磁フィーダー(株式会社 日東電機製作所製 FB-150A): 原料ホッパーから砂礫を切り出すためのもので, 電磁振動式である。振動数は約3,000rpm, 全振幅最大2mm, 処理能力は5.5~14kg/secとなっており, 原料の粒度組成と篩の能力に応じて任意に変化させることができる。

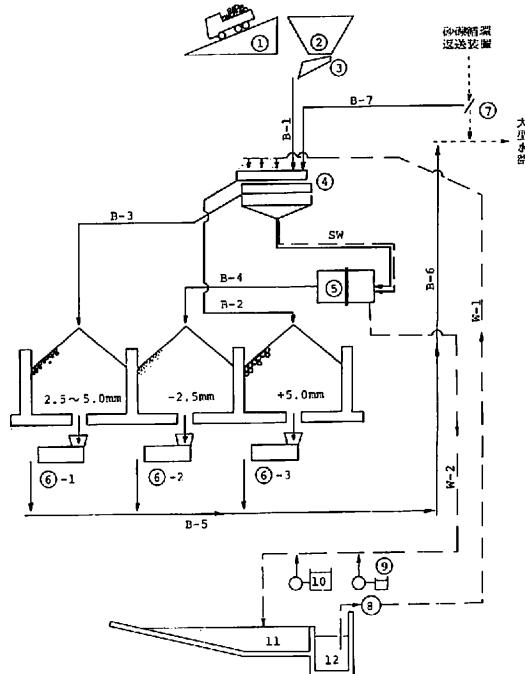
## 2). 返送系統

砂礫循環設備によって返送されてきた水路流出砂礫を, 同設備返送装置末端において, ダンバー(⑦)の切換によりB-7ベルトコンベアーに搬出し, 篩まで搬送させるものである(第V-4図)。これによって, 水路内よりの砂礫の搬出, および流出砂礫を再循環させずに行なう任意の粒度組成の砂礫の定量供給による実験が可能となる。

## 3). 篩分け系統

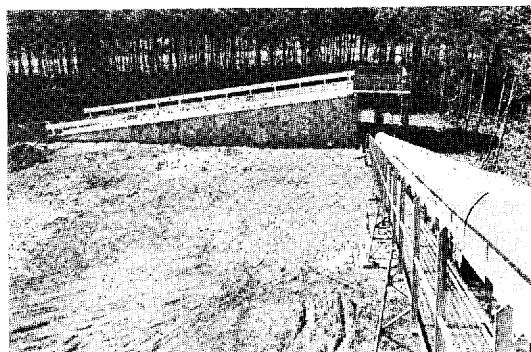
原料返送系統より搬送された砂礫を3種類の粒径区分に篩分け, 貯蔵するもので, 振動篩(④), 分級機(⑤), 区分された砂礫を搬送するB-2~4コンベア, および貯蔵場より成る(第V-5図)。

a. 振動篩(株式会社 気工社製, VSK-516): 主な仕様を第V-2表に上げる。篩分け方式は, 返送砂礫が水路からの流出砂礫であるため, ある程度の水分を含むことから水洗式とした。また最大能力は, 原料ホッパー内の砂礫を約20分で処理可能なものとしている。現在, 篩目は5mmと2.5mmのものが取付けられており, 2.5mm以下, 2.5~5mm, 5mm以上の3種に分類することができる。なおこの篩は交換可能であり, 他の粒径区分による分級が可能である(第V-6図)。



第V-2図 フロー・シート

- ①: 搬入用斜路 ②: 原料ホッパー ③: 電磁フィーダー ④: 振動篩 ⑤: 分級機 ⑥: 定量切り出し機(C.F.W.) ⑦: 切換ダンバー ⑧: 散水ポンプ ⑨: 一次凝集剤 ⑩: 二次凝集剤 ⑪: 沈澱池 ⑫: 清水池, B-1~7: ベルトコンベア, W-1~2: 散水管, 排水管 SW: 水槽

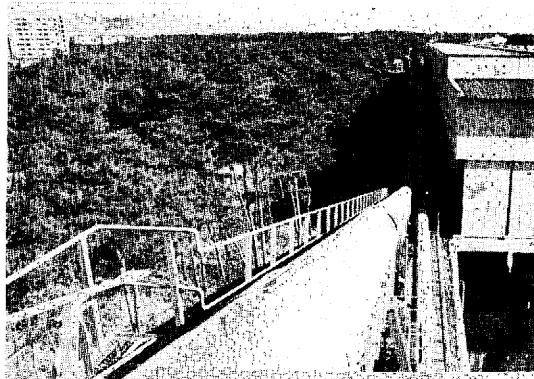


第V-3図 原料系統全景

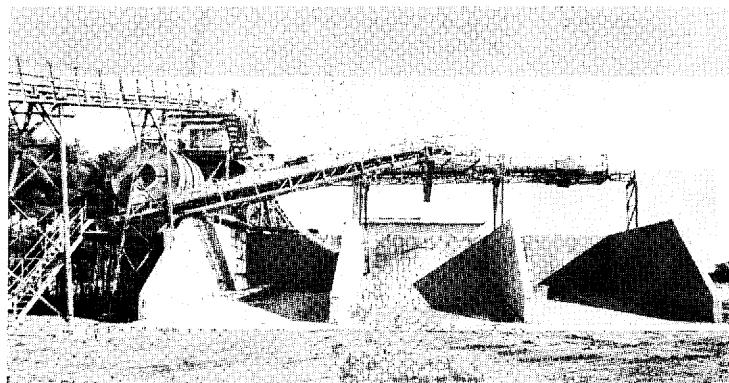
b. 分級機(赤江機械工業株式会社製 A50): 振動篩の下段網目を洗浄水とともに通過した細粒砂を, 水と分離するための装置である(第V-7図)

第V—2表 振動篩の仕様

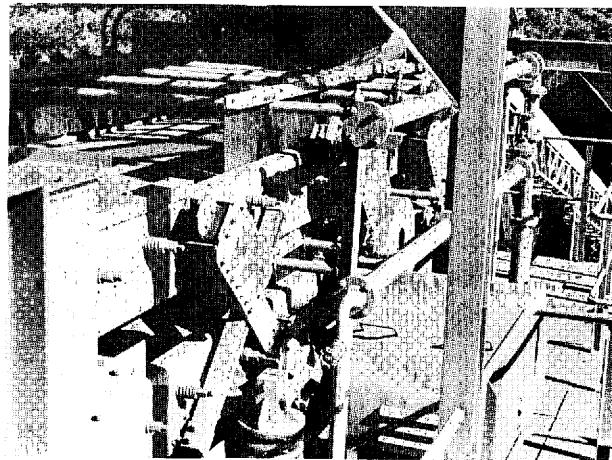
型 式	VSK-516
寸 法	幅 1,560mm × 長さ 4,800mm
篩分方式	水洗式
所要水量	1.2m <sup>3</sup> /min
砂礫粒径	0~20mm
処理能力	約 15kg/sec
振 動 数	約 830rpm
全 振 幅	約 13~15mm
篩 網	上段 5 mm, 下段 2.5mm
動 力	11kw



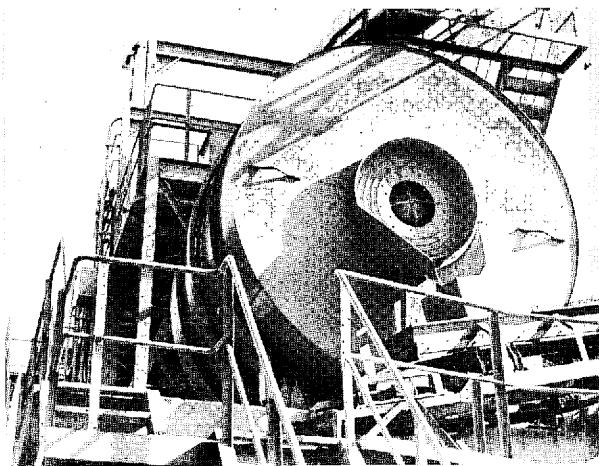
第V—4図 収送系統全景



第V—5図 篩分け系統全景



第V—6図 振 動 篩



第V-7図 分級機

第V-3表 分級機の仕様

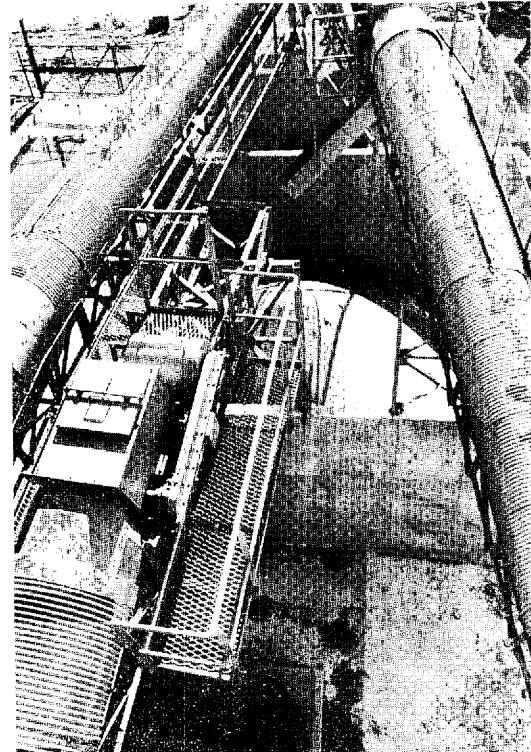
型 式	A 50
寸 法	ドラム径3,000mm×長2,500mm
最大砂礫径	2.5mm
ド ラ ム	約 0.6rpm (可変)
回 転 数	
水 量	最大 1.61m <sup>3</sup> /min
処理能力	最大 8.0kg/sec
動 力	2.2KW (変速式)

図)。水とともに流入した砂は、ゆっくり回転するドラム内で沈降し、上水が排出される。沈降した砂はドラム内のスパイラルによって、徐々に外部に押出され、コンベアによって搬送される。第V-3表に主な仕様を示す。なお、分級点は現在0.15mm程度であるが、ドラムの回転数を変えることによって0.1mm程度までの分級ができる。

c. 砂礫貯蔵場：篩と分級機によって分類されたそれぞれの砂礫は、B-2～4コンベアによって貯蔵場に運ばれる(第V-8図)。貯蔵場は鉄筋コンクリート製で1カ所に付き100m<sup>3</sup>の容量を持つ。床の中央部には定量切り出し機に通じる吐出口が設置されている。

#### 4). 細砂系統

砂礫貯蔵場より吐出口を通して定量切り出し機(C.F.W.) (⑥-1～3、第V-9図)によって



第V-8図 砂礫貯蔵場とベルト・コンベア  
(写真下に見える穴が吐出口)

各粒径区分ごとに任意の量で切り出し、B-5、6コンベアによって砂礫循環設備の給砂装置(第V-10図)に搬送され、水路内に投入される。

a. 定量切り出し機 (C.F.W., 久保田鉄工株式会社製, ポイドメータ LS-75A1) : 作動原理および仕様を第V-11図, 第V-4表にそれぞれ示す。図に示すように、ストレインゲージ式ロードセルによって検出されたベルトフィーダー上の砂礫の重量、およびフィーダーのドラムシャフトに連結されたパルス発信器よりのベルト速度に比例したパルス信号は、それぞれKD-B-75 積算計に入力され、ベルトの単位長さ当たりの砂礫重量とベルト速度を乗算することにより瞬間輸送量が算出される。積算計よりパルス出力された瞬間輸送量はF/I変換器によって電流信号に変えられ、PI調節計に入力される。一方、輸送量設定器により設定された重量に比例した電流信号もPI調節計に入力され、瞬間輸送量との比較からその偏差がゼロになるよう可変速モータ制御盤に対し出力指示が行なわれて、ベルト速度が自動的に制御される。したがって単位時間当たりの輸送量を一定に保つことができる。

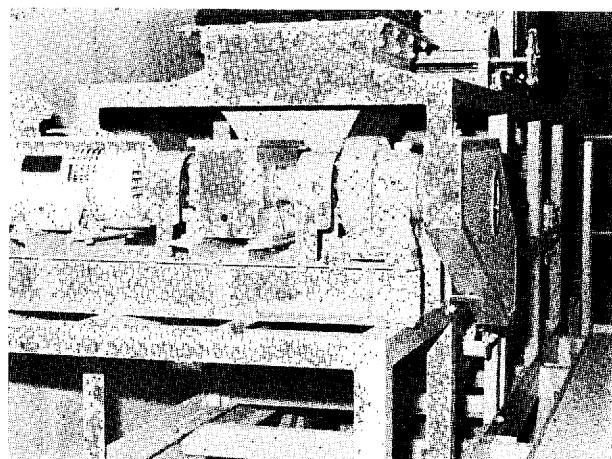
切り出し量の設定範囲は、大能力10~1.0 kg/sec, 小能力1.0~0.1kg/sec の2段階に分けて調節でき、精度はそれぞれの定格(フルスケール)に対し、±1.0%以内である。また応答速度は定格に対し約10sec程度であり、時間的に非定常な実験条件に対しても十分適用できるものと考えられる。

#### 5). 給水・処理設備 (第V-12図)

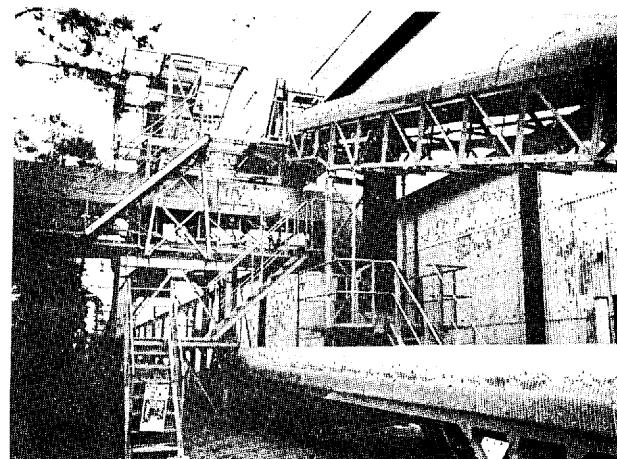
振動篩用の洗浄の給水および、排水処理のための設備である。洗浄用の散水管 (W-1) により清水池 (E) から揚水された水は散水管 (W-1) によって振動篩上で散水され、砂を含んだ水は水槽 (SW) により分級機 (⑤) に流入して、そこで分離される。分級機より排出されたシルトを含む水は排水管 (W-2) によりさらに沈澱池 (H) に流入するが、その過程で一次凝集剤 (⑨), 二次凝集剤 (⑩) がそれぞれ添加され、シルトなどの細粒物を沈澱させる。上水は清水池に流入して再び使用に供

第V-4表 定量切り出し機の仕様

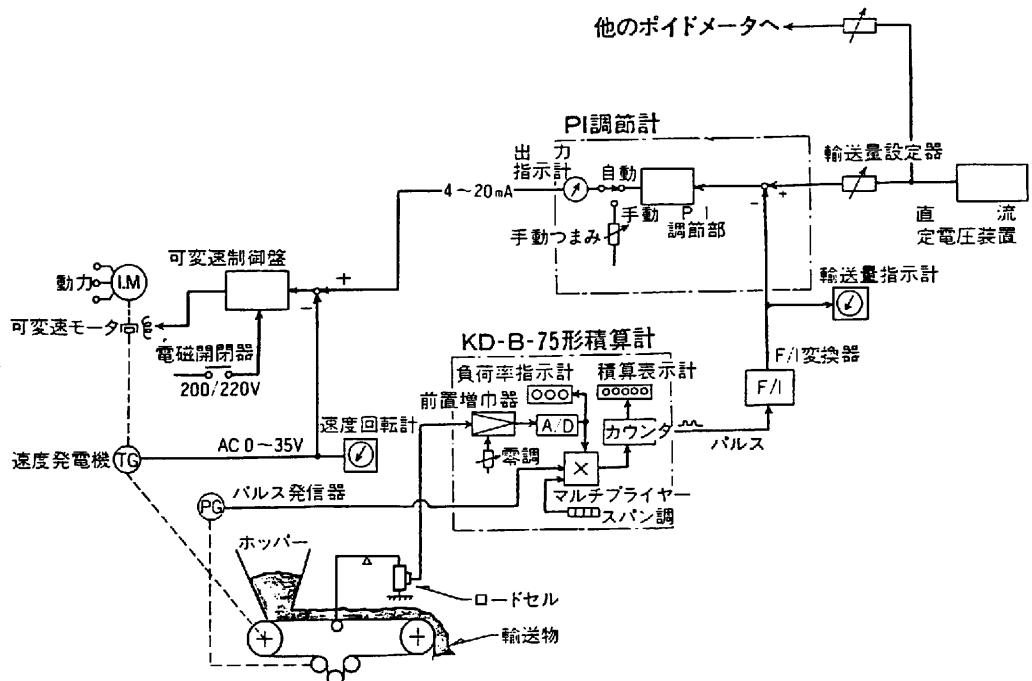
型 式	LS-75A1
ベルト幅×機長	750mm × 2,300mm
ベルト速度	0.2~2m, 2~20m/min (2段切替)
輸送量設定範囲	大能力: 10~1.0kg/sec. 小能力: 1~0.1kg/sec
輸送量設定単位	大能力: 100g/sec, 小能力: 10g/sec
計 量 精 度	計量全範囲で通過量に対し ±0.5%
制 御 精 度	各能力で定格に対し±1.0%



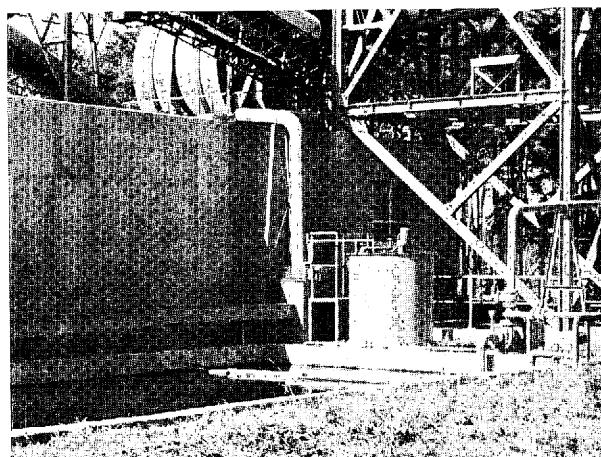
第V-9図 定量切り出し機



第V-10図 給砂装置 (右上がB-6ベルトコンベアー、右下がB-7ベルトコンベアー)



第V-11図 定量切り出し機フローシート



第V-12図 給水・処理設備

される。

#### 6). 運転および制御

本設備の運転は、機側および大型水路監視室内的2つの操作盤のいずれか一方において行なわれる。機側盤では各機器を単独に作動させる単動運転と、各系統ごとに区分された連動運転が行なえ

る。単動運転は主に機器の点検用として用い、実験は連動で行なう。監視室内では連動運転のみを行ない、実験条件に合わせて4系統のうち必要なものの運転ができ、C. F. W. の輸送量設定器、瞬間輸送量の表示盤等が設置され、運転状況が確認できるようになっている。  
(川又良一)

## VI 大型水路データ計測設備

### VI-1 概要

大型水路実験は前記の各設備を用いて行なわれるが、実験の目的や方法はこれを使用する研究者により様々であろう。したがって、水理実験センターの大型水路においてどのような測定項目を選び、どのような実験値を得るかは、本来、各研究者に一任せべきことがらである。したがって水路施設は、これを実験に用いるあらゆる研究者の要請に応え得るようなデータ計測システムを備えていることが望ましいことは言うまでもない。しかし実際問題としてそれは不可能であり、本水路においては、河川における流砂現象と河床形態に関する実験的研究を行なう上で、最低限必要な測定項目が充分に測定し得るようなデータ計測システムを備えることをその目的とした。

実験条件としては、流量、水面勾配といった水理条件、および底質砂礫の粒径、粒度分布があげられる。測定項目としては、水面、砂床面の絶対高、水深、流速などのほか、流砂量、流路形態などがある。これらを総合的に計測するために、水位観測筒・水位計、水路建屋内の監視室、水路上の測定台車、撮像用の天井走行電車が設置された。以下に各装置、および測定機器の主なものについて述べる。

### VI-2 観測装置および計測機器

#### 1) 水位観測筒・水位計

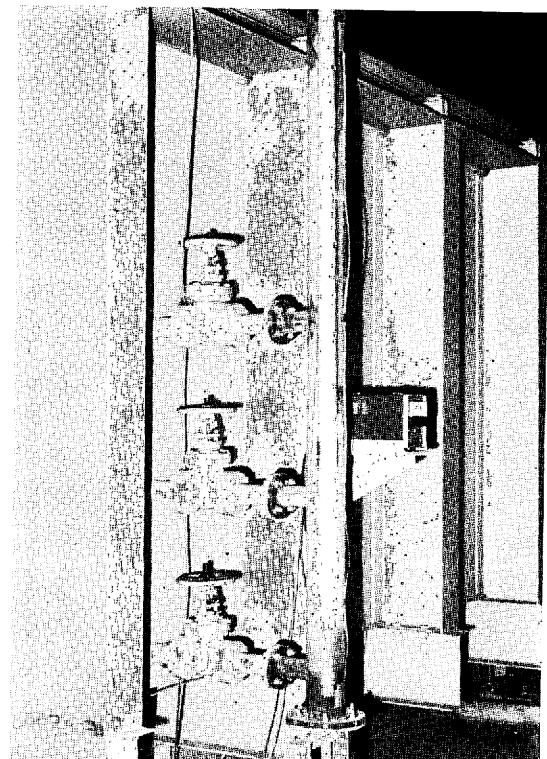
水面勾配を得るために、上流端から下流端まで、6カ所で大型水路側壁に穴を開け、水路外側に設けた水位観測筒にバルブ付の鉄管でつなぐ（第VI-1図）。水位観測筒には水位計（計測技研株式会社製、ワイヤー式水位計SW-901）を取り付け、水位を電気的に読みとる仕組みとした。水位観測筒は流量測定用として高水槽にも一本設け、水路では30mおきに設置した。水位を読み取れる最小目盛は1mmである。

水面勾配は、5区間それぞれの値と、全体の平均値が監視室内の大型水路用データ記録装置で自動的に算出される。

#### 2) 大型水路監視室

大型水路のほぼ中央部（上流端より75~85m）に水路に接して水路を見下すような位置に監視室がつくられている。監視室は水路に面する長さが10m、幅4mの長方形の部屋で、水路側および上流・下流側は監視用の窓となっている。水路側には給水設備・砂礫循環設備・砂礫篩分・混合設備および次のべる測定台車、撮像用天井走行電車の遠隔操作盤およびモニター・テレビが並べられている（第VI-2図）。

また、これと並んで大型水路用データ記録装置（第VI-3図）がある。本装置は、大型水路の諸設備で計測されたデータを集録するもので、第VI-1表にあげた諸項目について、任意または一定の時間間隔でデータを記録し、デジタル化してプリント・アウトする仕組みとなっている。昭和55年度にはこの記録装置でデジタル化された

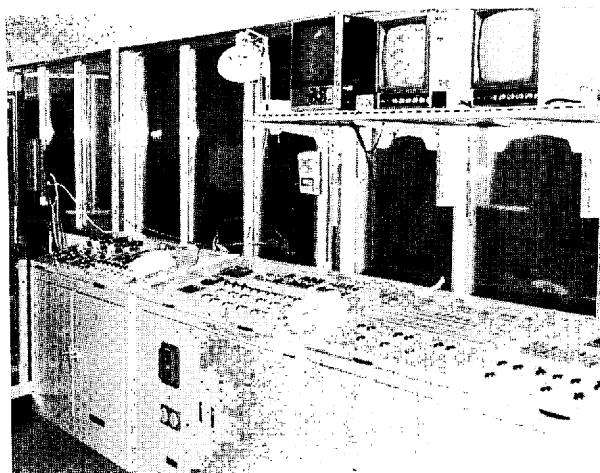


第VI-1図 水位観測筒および水位計

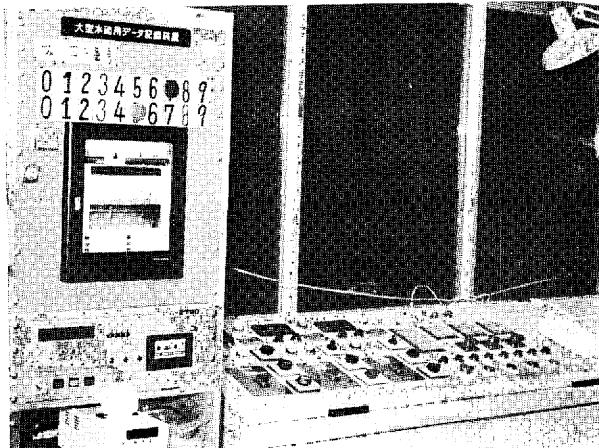
データはさらにデジタル・カセットテープに集録され、コンピューター処理が行なわれる予定になっている。この大型水路データ集録・処理システムについては、全体のシステムが完成した後にその内容を報告する予定である。

### 3) 測定台車（第VI-4図）

測定台車は、水路内の流れや砂床の形状を測定するために設けられ、水路上を自走する。台車上には操作盤（第VI-5図）のある制御室、トラバース装置、撮像装置等が設置されており、水路内の任意の位置での測定、観察が可能である。また台



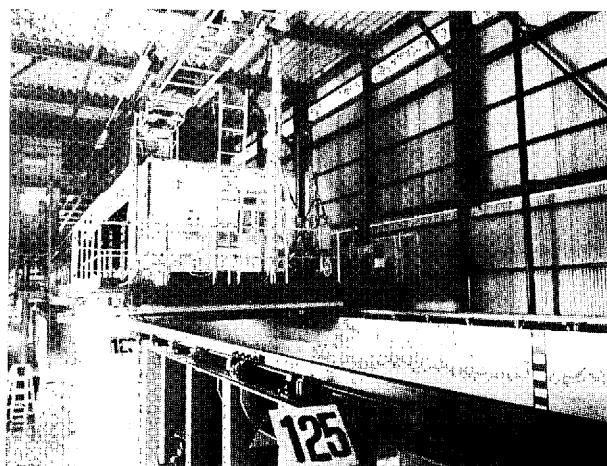
第VI-2図 監視室（窓側が水路に面する。遠隔操作盤およびモニターテレビが並ぶ。）



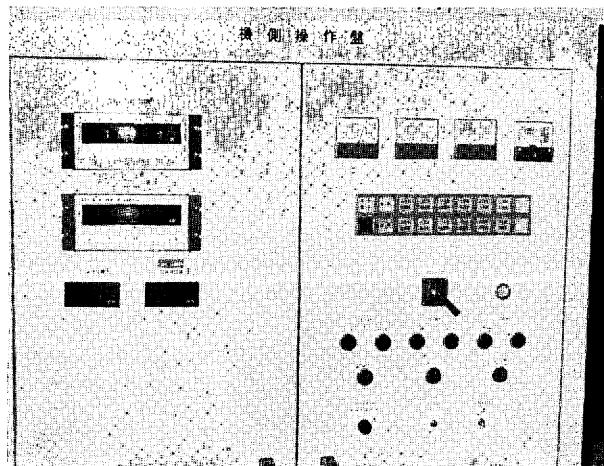
第VI-3図 大型水路用データ記録装置

第VI-1表 大型水路用記録装置での記録項目

測定時間	○○時○○分○○秒
水位計(0)	高水槽水位計(mm)
流 量	cm <sup>3</sup> /sec
水位計(1~6)	水路水位計(mm)
水面勾配(1~5)	$\tan\beta_1 \sim \tan\beta_5$
水面勾配(平均)	$\tan\bar{\beta}$
流 砂 量	砂礫循環計量装置(kg/sec)
給 砂 量 (1~3)	砂礫筛分混合設備 C.F.W.(kg/sec)
ゲート高 (1~3)	水位調節ゲート、下流端上下ゲート(mm)



第VI-4図 測定台車（前面にトラバース装置がみえる）



第VI-5図 測定台車内の機側操作盤

第VI-2表 測定台車のトラバース機能

運動	移動速度 (m/s)	計測範囲 (m)	位置検出精度 (cm)
X方向 連続可変	0.05~1	150	1.0
Y方向 定速度	0.05	3.8	0.1
Z方向 定速度	0.02	2.0	0.01

車下には、スクレーパー、ブレードが据え付けられており、砂床面を全区間にわたって敷きならすこともできる。測定項目については後述するが、ここでは台車のトラバース機能について第VI-2表に示す。座標系は、水路の流れ方向をX、幅方向をY、深さ方向をZとした。深さについては、X方向 160m にわたって水路外にトレイを設け、その水面を基準面とした。なおXY方向の位置検出の計測精度を高めるために、X方向とY方向

(4 m) に水をはったトレイを設け、水位計とロータリーエンコーダーを用いて、計測値の補正が行なえる構造にした。測定台車の運転および位置表示用の操作盤は、台車上だけでなく監視室（大型水路建屋中央部）にも設置されている。

測定台車上に取り付けられたトラバース上には、砂面計（計測技研 L-600 S）、水位計（計測技研、サーボ式水位計 SW-901）、流速計（電子工業、プロペラ式流速計 HC-502）がそれぞれ設置され、第VI-3表に示すような各項目が測定される。

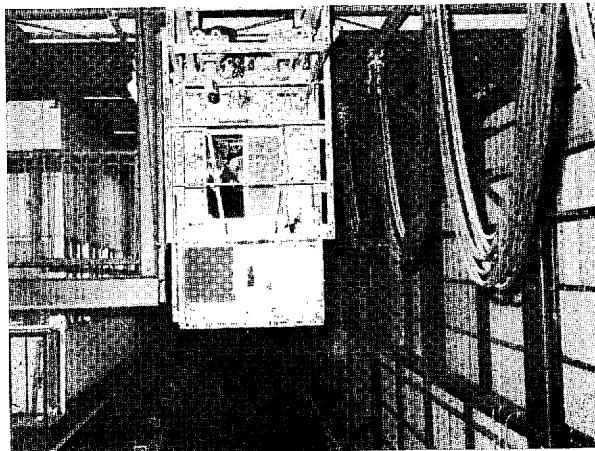
これらの測定値は、測定台車データ集録装置によって任意の時間間隔で集録が行なわれる。

#### 4) 撮像用天井走行電車（第VI-6図）

本装置は大型水路内の流れおよび砂床の形状の撮影を目的として設けられ、大型水路上屋の梁下

第VI-3表 測定台車上の測定項目

X 座 標	測定台車トラバース装置	(cm)
Y 座 標	測定台車トラバース装置	(mm)
Z 座 標	測定台車トラバース装置	(mm)
水 面 絶 対 高	Z座標と水位計	(mm)
砂 面 絶 対 高	Z座標と砂面計	(mm)
水 深	上記 2つの差による	(mm)
流 速	流速計	(cm/s:c)
流速計の底面高	水深と流速計取付位置による	(mm)



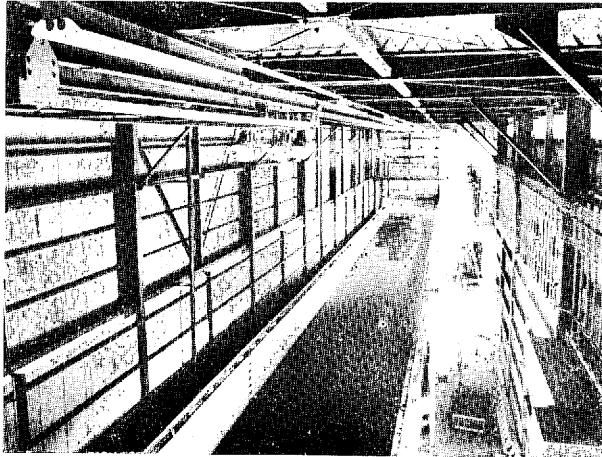
第VI-6図 撮像用天井走行電車（左手に天井走行電車のための昇降路、その後に監視室がみえる）

面に取付けられたレールに懸垂して自走する。電車にはモニターテレビカメラ、35mmカメラ2台（ステレオ写真撮影用）、照明装置（第VI-7図）が設置されており、水路上160mにわたって任意の場所で撮影ができる。第VI-8図に撮像用天井走行電車から撮影した水路上の河床形状を示す。電車の走行速度は0~1m/secと連続可変である。運転操作は、電車内運転室でもまた監視室からでも行なうことができ、遠隔操作をやりやすくするために

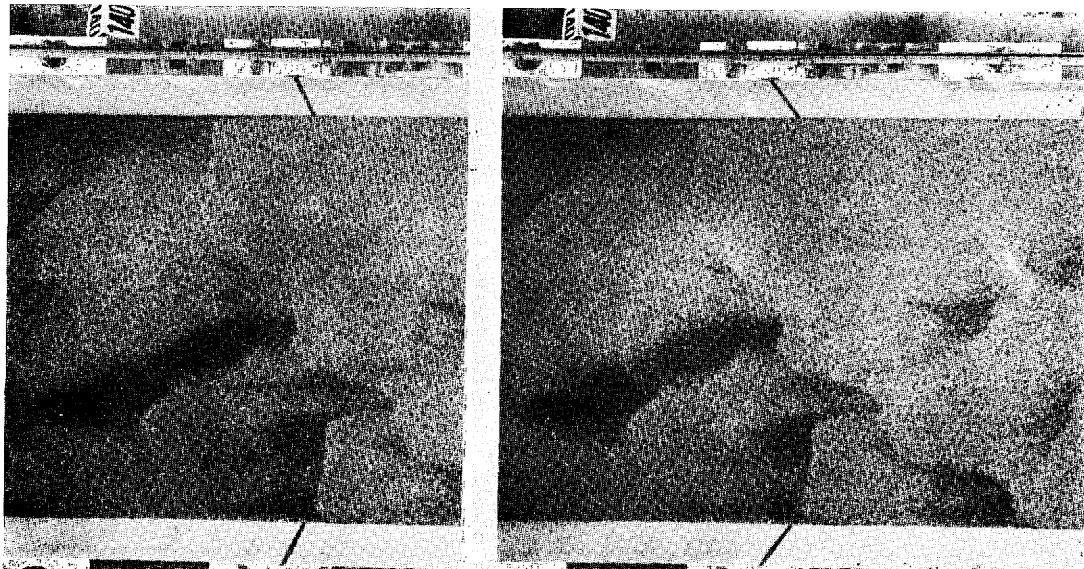
監視室内にはモニターテレビが設置されている。またVTRにより流れ方向の砂床の変化や、時系列的な変化を収録することができる。

##### 5) モニターテレビ・システム

実験中に水路施設全体の状況を把握することは困難になる。そこで各々の場所にテレビカメラを設け、監視室内におかれたモニターテレビ（第VI-2図参照）により実験状況を把握する。テレビ



第VI-7図 撮像用天井走行電車のための照明装置（同じものが電車をはさんで反対側にもつけられている）



第VI-8図 撮像用天井走行電車から撮影した水路上の河床形状（ステレオ写真、右側が上流方向）

カメラの設置場所は、整流槽、撮像用天井走行電車、下流端堰（沈砂槽）、砂礫循環計量用ベルトコンベアーである。

#### 6) 問題点として

すでに述べたように、大型水路のデータ計測設備は、あくまでも河川における流砂現象と河床形態に関する実験的研究を行なう上で必要最低限のデータを得られるよう設計されているので、この施設を利用するすべての研究者にとって十分に満足のいく計測システムであるとは言い難い。施設の汎用性を高める工夫はできる限りこらされているが、研究用の実験施設である以上、すべての研究者を満足させる施設や計測システムをつくり上げることができるのは止むを得ないことであろう。

（川又良一・泉 耕二）

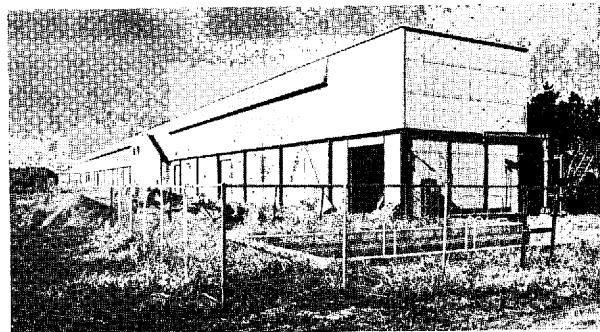
### VII 大型水路実験棟（水路建屋）

大型水路およびポンプ設備全体を覆う建屋で、大型水路を覆う部分は幅 8.2m × 長さ 188m × 高さ 9.5m（建築面積 1,541.6m<sup>2</sup>），ポンプ室は幅 16

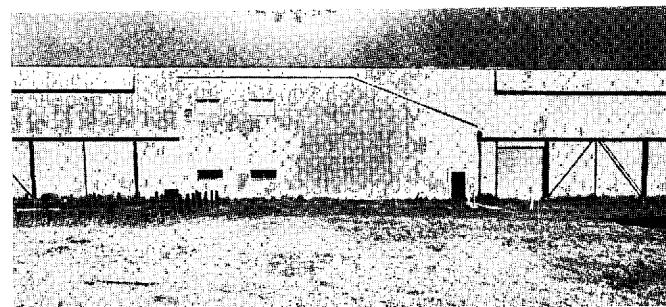
m × 高さ 10m × 高さ 8.4m（建築面積 160m<sup>2</sup>）である。監視室が入っている部分は幅がやや広く、10.1m になっている（第VII-1、2 図）。

外壁は波型スレート張り（明りとりの窓のみボリエステル系合成樹脂波板張り）で、屋根は長尺カラーフィルムである。内部は、ポンプ室および上流側から下流側へ 1/100 の勾配をもつ水路本体基礎の床がコンクリートで仕上げて、監視室内はフリーアクセスフロア（静電防止タイル張り）となっている。内壁、天井はそれぞれ外壁材、屋根材表わしとなっており、南側の内壁は電気配線を利用している。天井には測定台車用の電送ケーブルと撮像用天井走行電車のためのレールがとりつけられている（第VII-3 図）。

水路建屋内の照明は天井および南側内壁に 5 m 間隔でつけられた 500W の水銀螢光灯で行なわれる。天井照明のスイッチは監視室内にあり、壁面照明のスイッチは各出入口に設けられている。出入口は砂礫搬入搬出用の電動シャッター（幅 3.6m × 高さ 4.0m）が南側に 6 カ所（通常の出入口



第VII-1図 大型水路実験棟（南東側、最下流端の電動シャッター開けられている）



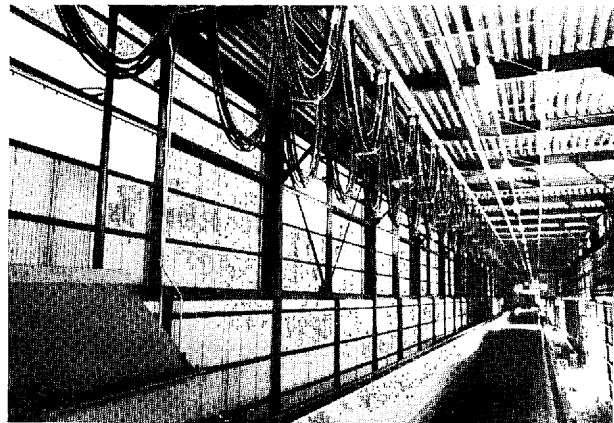
第VII-2図 大型水路実験棟（南側、監視室のある張り出し部分）

(幅0.85m×高さ2m)が南側に3カ所、西側に1カ所と北側に4カ所、それぞれ設けられている。

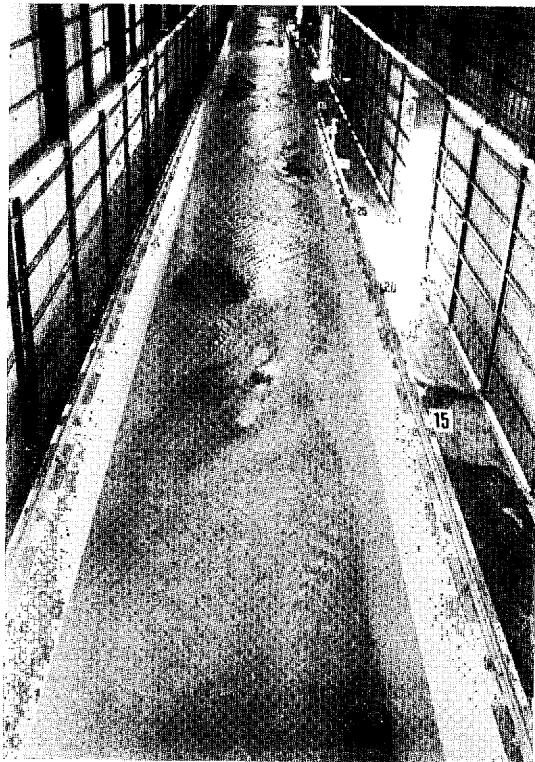
(小野有五)

### VII 大型水路による細礫の流送 予備実験結果

昭和52年度に給水設備と砂礫循環設備が建設され、水と砂礫とを大型水路内で循環させることができるようになったため、昭和53年6月14日～22日の8日間、径5～10mmの陸砂利について、また7月10日～7月13日の4日間、径13～20mmの碎石について、さらに昭和54年1月12日～1月23日の12日間には荒日砂(川砂)について、



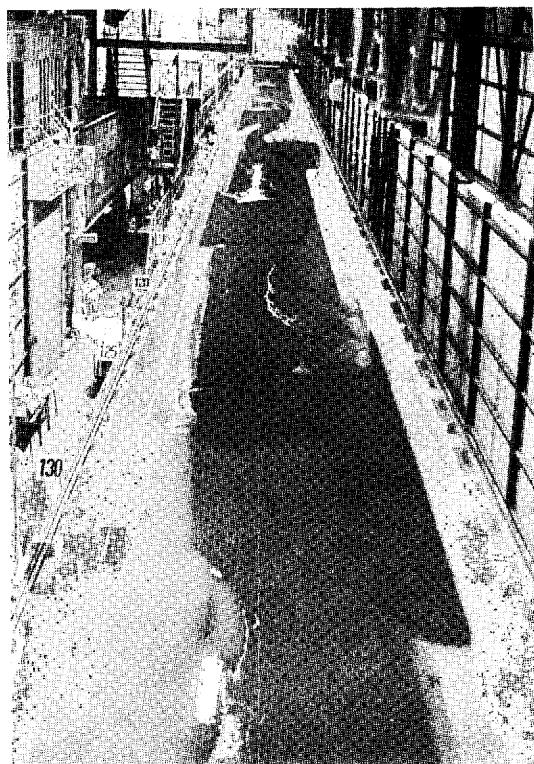
第VII-3図 大型水路実験棟天井(手前が測定台車用電送ケーブル)



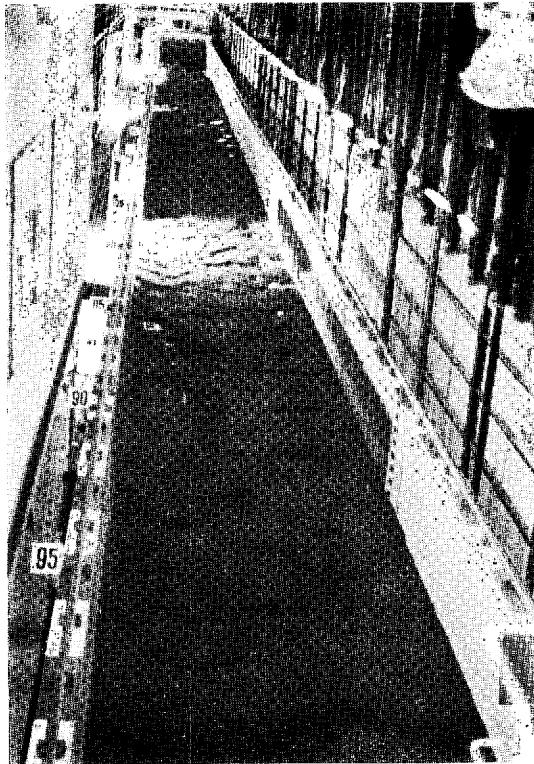
第VII-1図 5～10mm礫、勾配1/100、給水量 $0.175\text{m}^3/\text{sec}$ の条件で通水中の状態。大局的には交互砂礫堆を呈する。上流から下流を見る。



第VII-2図 5～10mm礫、勾配1/100、給水量 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ 水面には帶状跳水が強く発生し、河床は波長1m、波高0.12mの砂堆をなす。停水後上流を見る。



第VII-3図 5~10mm礫、勾配1/200、給水量 $0.5\text{m}^3/\text{sec}$ 、停水後上流を見る。  
河床は交互砂礫堆をなす。



第VII-4図 5~10mm礫、勾配1/200、給水量 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ 、停水後上流を見る。  
砂礫堆の形成はきわめて不明瞭で、  
低起伏の砂堆が水路全面に生ずる。

それぞれ水路施設内での循環テストを実施した。これらのテストは、いずれも固定床上でなされたもので、砂礫揚げ装置を中心とした砂礫循環装置のテストに主眼がおかれた。その結果から、砂礫揚げ部での砂礫の摩耗防止のため、砂礫揚げ装置のステンレス製ブレードの一部をゴム板とする改良が施された。

固定床上での砂礫の流送テストを実施中に、予想に反して大粒子ほど移動速度が大きいことに気付いたことから、昭和53年7月には、球形粒子の転動速度に関する実験を行なった(池田 宏・小野有五・泉 耕二・川又良一、1979:水路床上を転動する固体粒子の移動速度、筑波大学水理実験センター報告、3、7-15)。

このようなテストと改良とを重ねた後、昭和54

年3月に、5~10mm礫を50cmの厚さに水路床上に平滑に敷きならし、1/100の勾配をもつた移動床として細礫の流送テストを実施し、とくに平滑床の場合の移動限界条件を調べた。昭和54年5月からは、5~10mm礫の本格的な流送実験を開始し、小流量から最大 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ までの給水量下で、水と砂礫の循環テストと、各種計測器のテストとを行なった。

さらに6月には、勾配を1/100から1/200へ変化させる実験を行ない、給水量 $1\text{m}^3/\text{sec}$ で、18時間後には定常状態が得られた。勾配を1/200から1/400へ変える実験も7月に行ない、定常状態が達成されるまでに、 $1\text{m}^3/\text{sec}$ の給水量で42時間を要したが、勾配固定水路でありながらも、砂礫循環装置によって砂礫を循環させつつ、下流端

の砂止め幅高を変化させることによって、縦断勾配を制御しうることが確かめられた。

このようにして、昭和54年7月末までに、勾配 $1/100$ に加えて、 $1/200$ および $1/400$ のそれぞれについて、小流量から最大 $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ までの流量について、計38 Runの流送テストを行なった。

第VII-1図～第VII-4図は、その結果の一部である。これら細礫による流送実験の結果は、文部省科学研費報告書「大型水路による細礫の流送実験」（研究代表者 井口正男、昭和55年3月）にとりまとめられている。（池田 宏）