

デ ィ ジ タ ル 水 位 テ レ メ ー タ

Digital Water-Level Telemeter

中 野 修 一* 鈴 木 一 夫**
Shūichi Nakano Kazuo Suzuki

内 容 梗 概

デジタル水位テレメータは水位変化を高精度で検出し符号の形で伝送して数字表示を行うものである。本方式は水位伝送にかぎらず雨量、電力量などの数値伝送にも広く応用できる。水位の検出方式としては水位記憶表示器を使用するセルシン検出方式とコーダプレート装置を使用する方式が開発されている。本文では検出部およびデジタルテレメータ方式について説明する。

1. 緒 言

最近の傾向として小容量で洪水調節を行うダムや大容量で高精度の水位測定を必要とするダムが多くなってきている。これらのダムの水位測定を行う場合には、これまでのように水位に比例するアナログ電圧を伝送して計器に指示する方法では数十メートルに及ぶ高水位を 1 cm 程度の精度で測定することは困難である。

本装置はこれらの問題を解決したもので検出精度 1 cm の高性能のものである。水位測定に必要なさざ波に対する制動動作、水位読取中の数値変化ロック、上下限可調整リミットなどの機能をそなえ、水位連続変化時これを符号化して数字表示を行う。水位伝送には有線のときは連絡線 2 本を、搬送のときは 1 チャンネルを使用する。

2. デジタルテレメータ方式

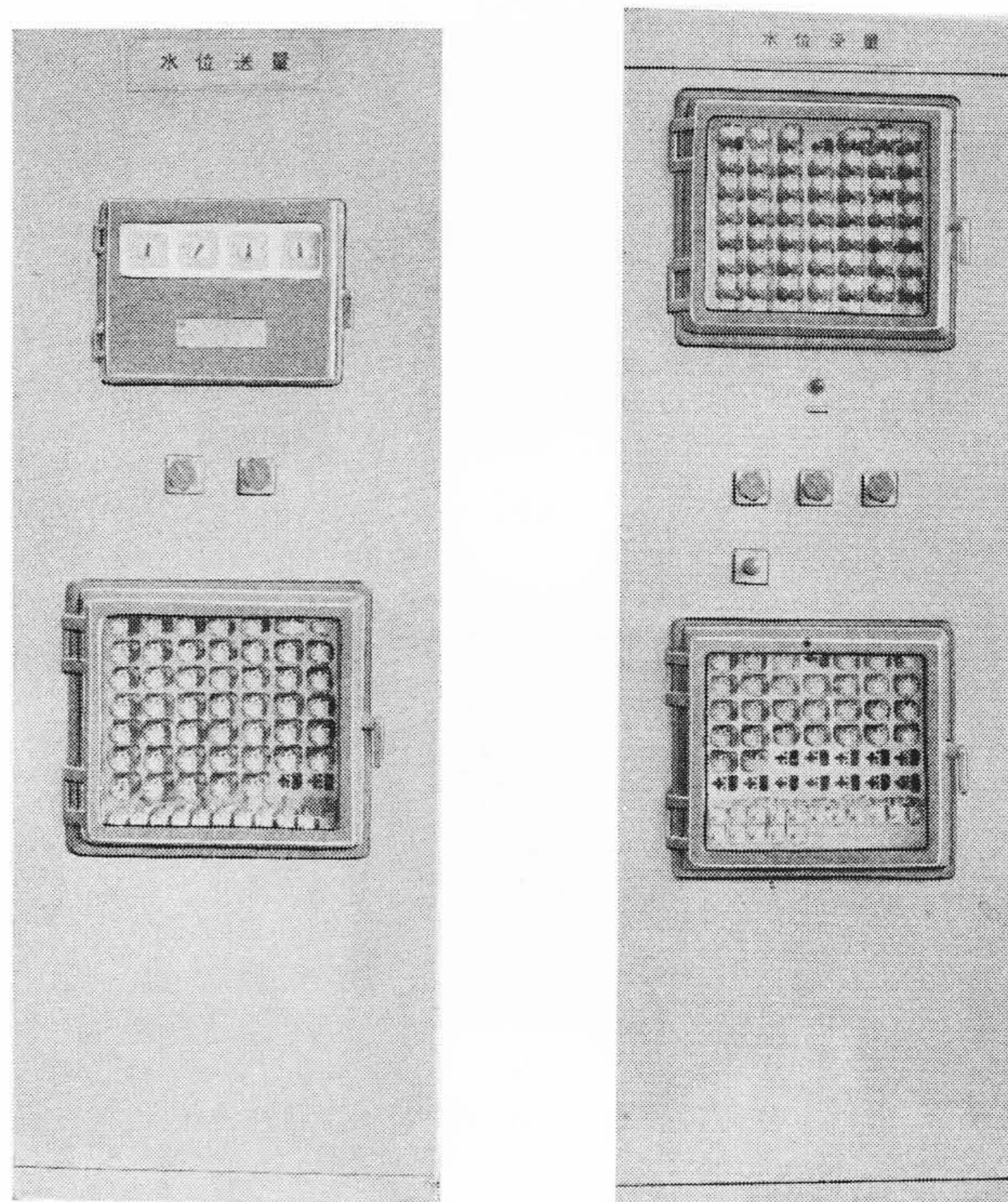
2.1 方式の概要

本方式のブロックダイアグラムは第 1 図に示すとおりである。水位検出部はフロートを利用して水位を検出しこれを符号化する部分である、水位送量装置はこの符号を下位のけたから順次上のけたへと読取って直列に送信する。水位受量装置はこの直列信号を受信、記憶表示する部分であってタイプと連動させ直接記録することもできる。第 2 図に水位送量盤および受量盤を示す。第 3 図は水位表示器で、これは主盤に取付ける。

雨量、電力量などを数値伝送する場合にはこれを符号化する検出部を水位検出部の代りに使用すればよい。

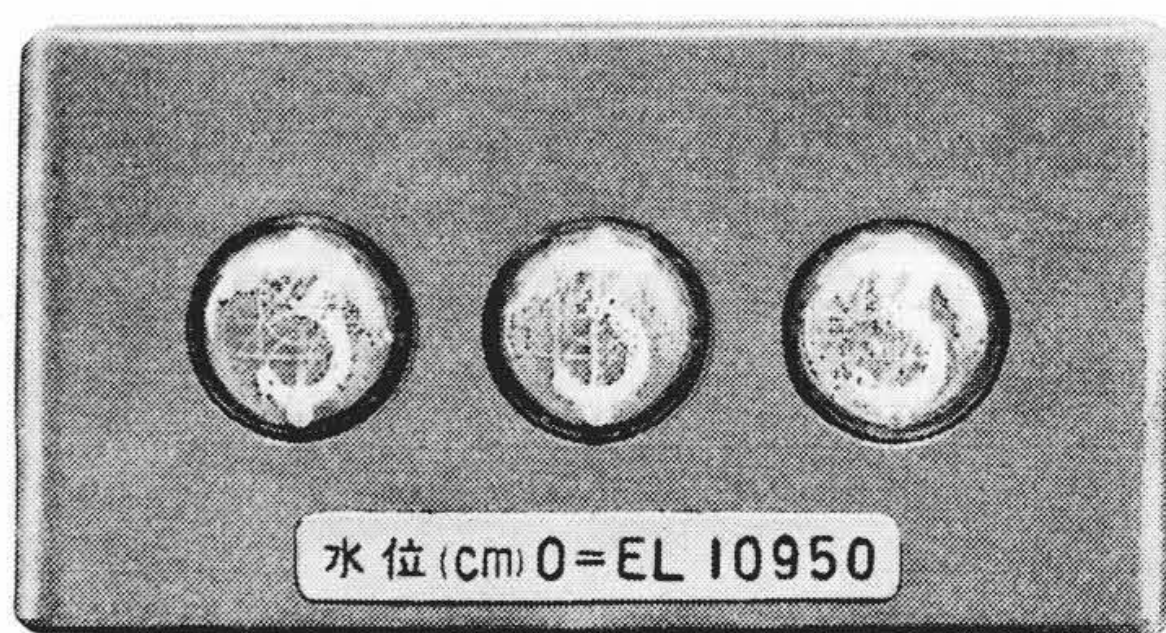
2.2 符号の構成

デジタル水位テレメータでは伝送に適した符号を選ぶ必要がある。本装置は以下に述べるように符号誤りを検定できるように符号を選んでいく。この符号は 10 進法の 1 数字を 2 個のチェックビット



(表示器は主盤にとりつける)

第 2 図 水位送量盤 (左) および水位受量盤 (右)

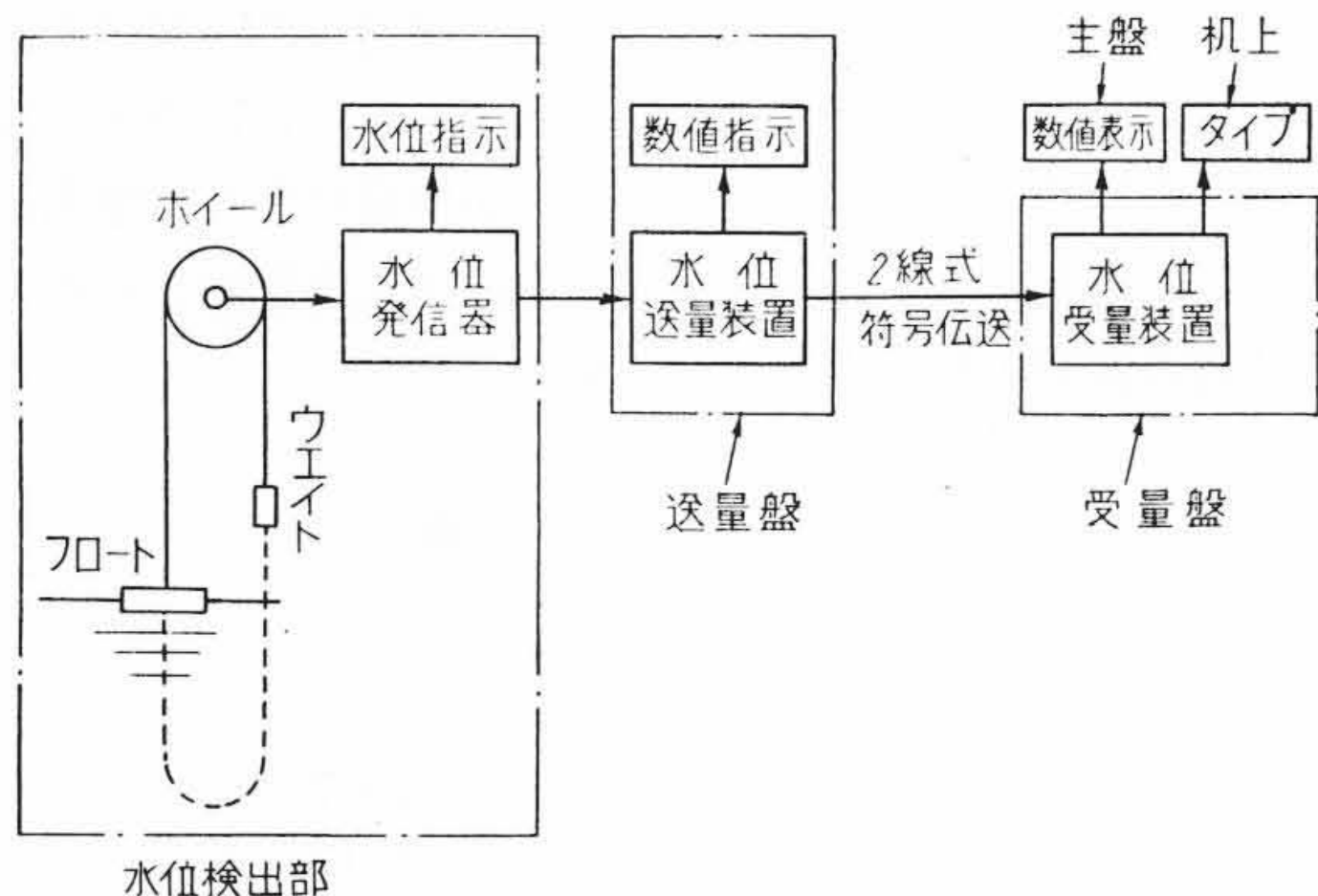


第 3 図 水 位 表 示 器

入り 5 符号で表すものである。5 符号は 5 個のビット (1 ビットは 1 あるいは 0) の組合せによってつくられる。どの数字も 5 ビット中、1 というビットは必ず 2 個ある。5 ビットを検定して 1 が 2 個なければ符号誤りと判定する。有線伝送のときはビット 1 は直流電圧パルスの短符号で送り、0 は長符号を用いる。搬送の場合も同様に長短符号により送信する。第 1 表は符号の構成を示し、また第 4 図は 10 進法 2 のパルス伝送例を示す。

3. 水位検出方式

水位検出部は水位記憶表示器を使用するセルシン検出方式とコーダプレートを使用する方式の二つがある。



第 1 図 デジタル水位テレメータ系統図

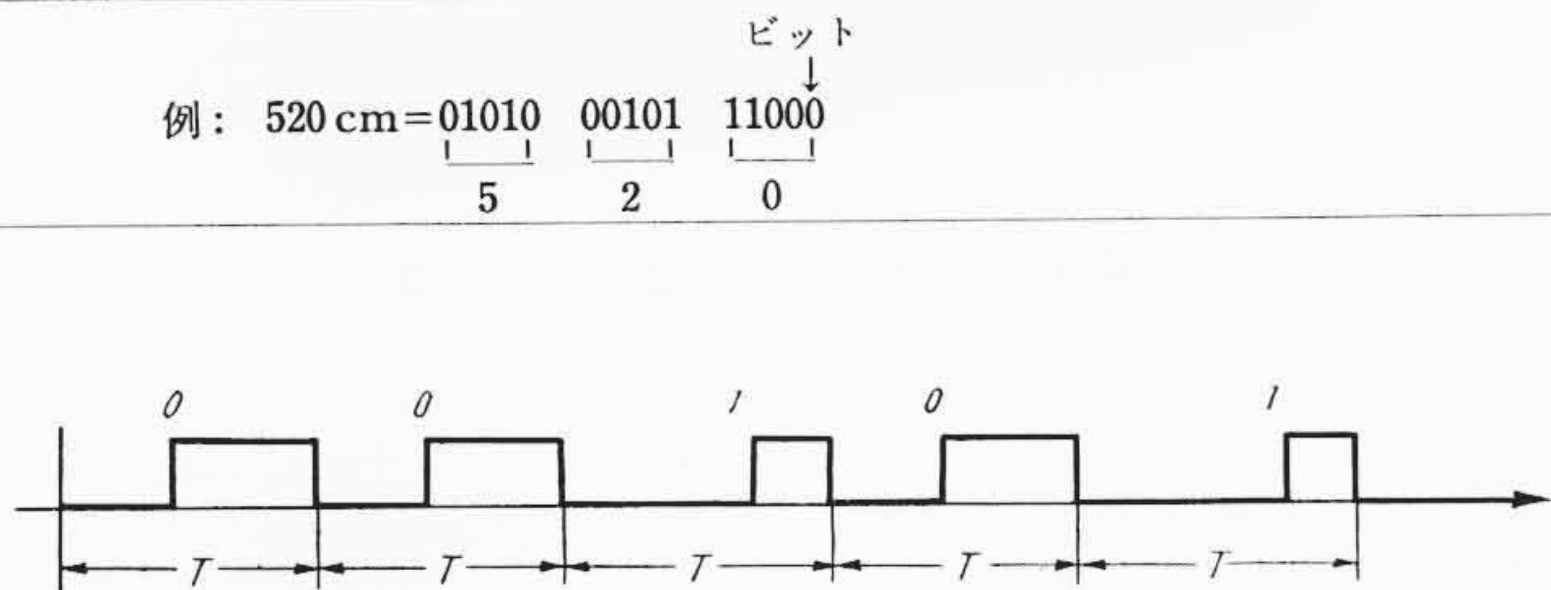
* 日立製作所国分工場

** 日立製作所多賀工場

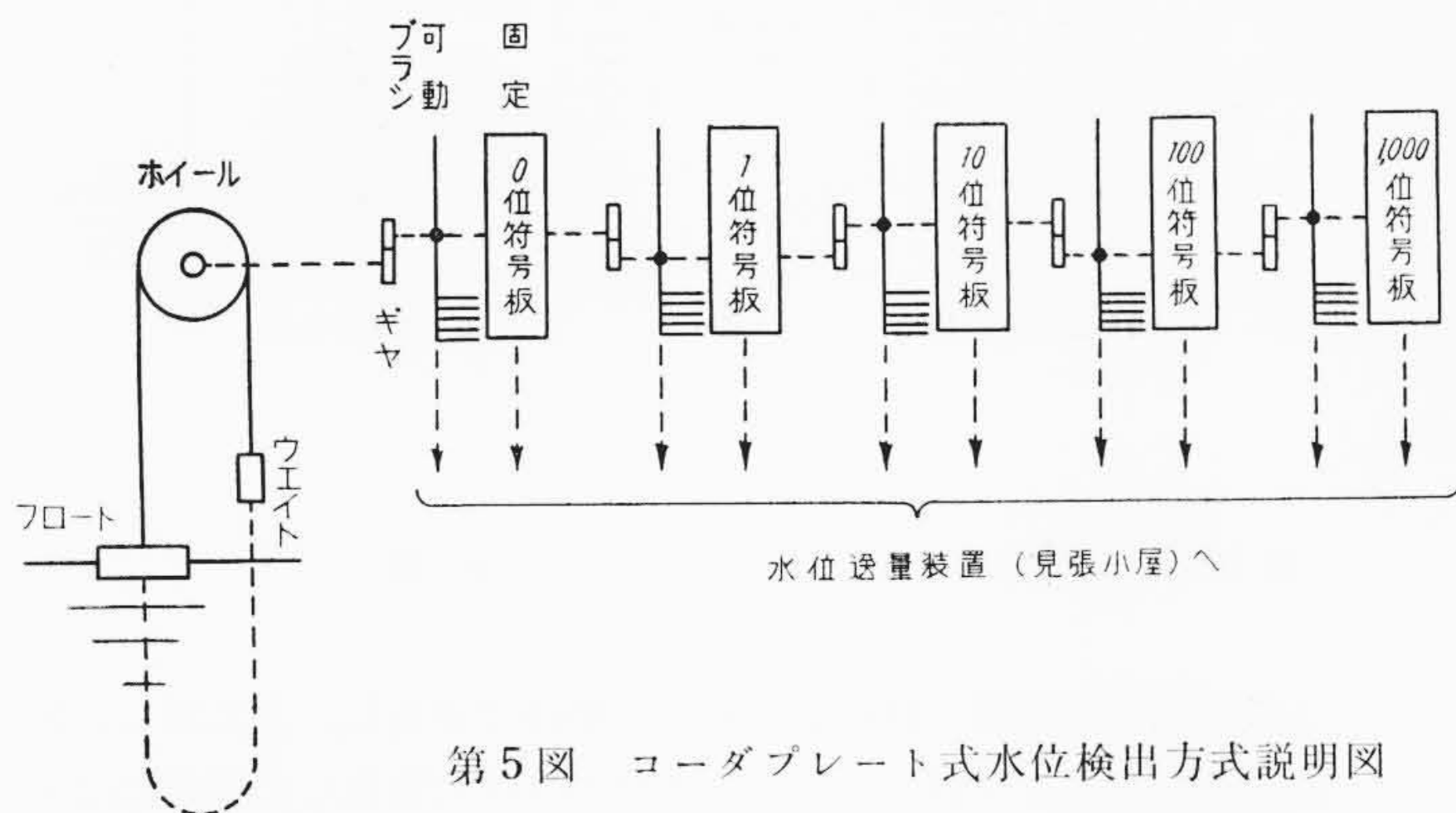
第1表 デジタル符号の構成

10進法数字	符号 (5ビットよりなる)
0	1 1 0 0 0
1	0 0 0 1 1
2	0 0 1 0 1
3	0 0 1 1 0
4	0 1 0 0 1
5	0 1 0 1 0
6	0 1 1 0 0
7	1 0 0 0 1
8	1 0 0 1 0
9	1 0 1 0 0

例: 520 cm = $\underbrace{01010}_5 \underbrace{00101}_2 \underbrace{11000}_0$



第4図 パルス伝送例



第5図 コードプレート式水位検出方式説明図

3.1 コードプレート方式

水位の変化をフロートおよびホイールによって回転角に変換し、さらにコードプレート(符号板)によってこの回転角を符号に変換する方式である。

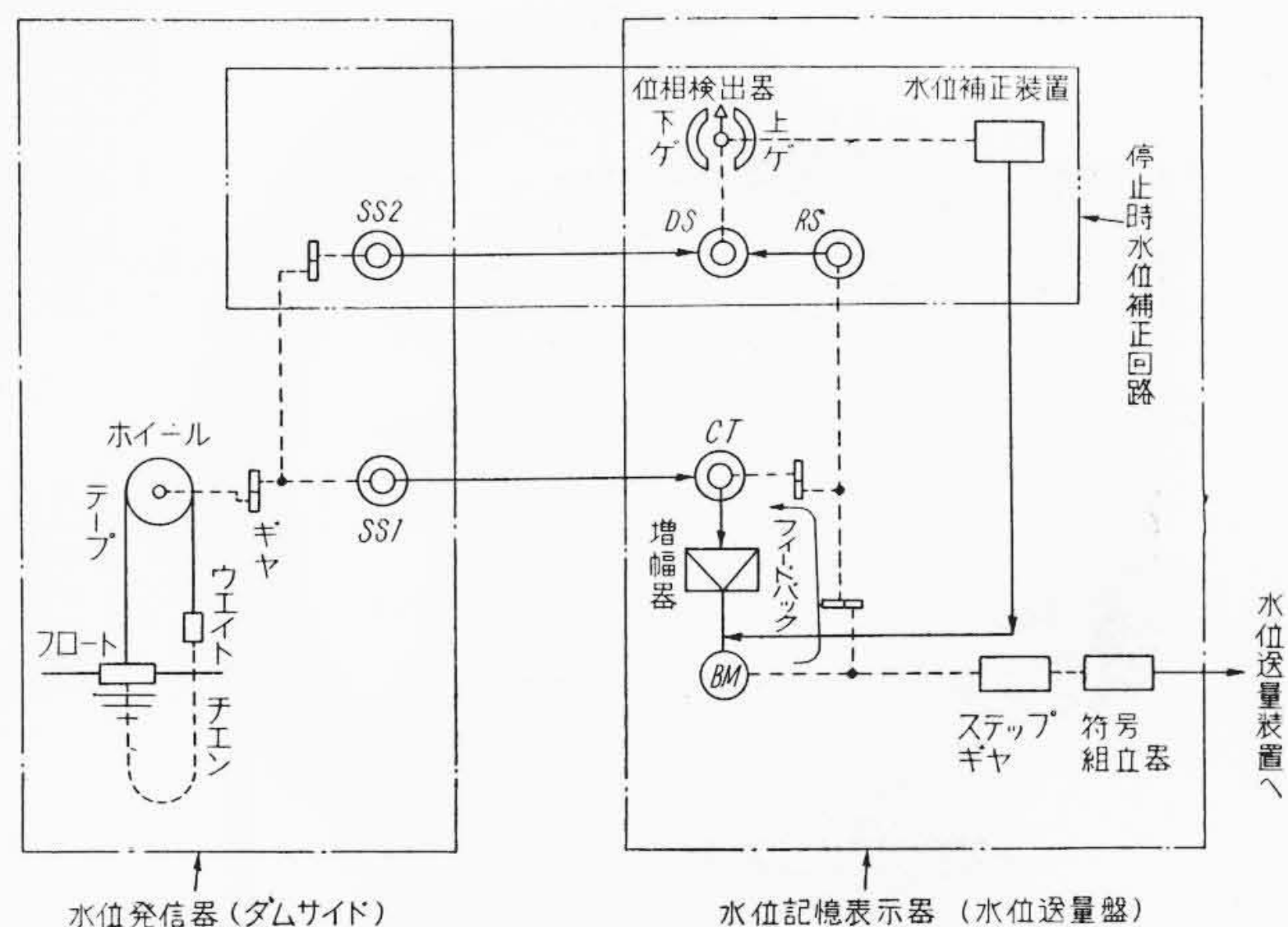
第5図はコードプレート方式の説明図である。

ホイールの回転はブラシに伝えられ、ブラシは0.5 cm, 1 cm (1位), 10 cm (10位), 1 m (100位), 10 m (1,000位) の各けた検出用にわかれている。おのおののブラシ間には1/10のステップダウンギヤがあって、これを介してその上のけたのブラシが連動する。

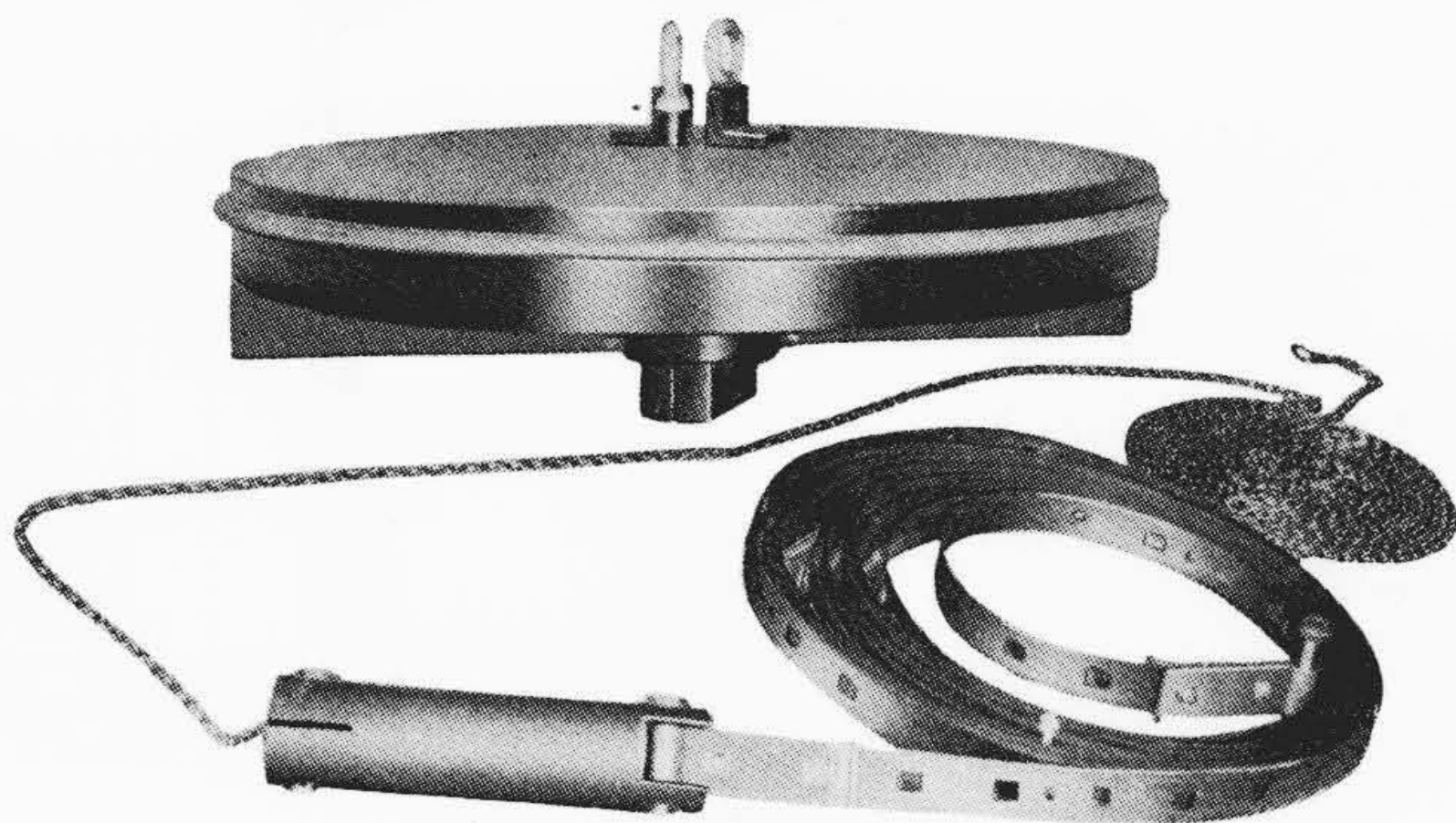
一方固定された1位, 10位, 100位, 1,000位の各符号板は円周方向に10等分されている。その位置はそれぞれ10進法の0~9に相当する。ブラシは回転しつつこの符号板を走査し、とまった位置の符号板回路と外部に付加した論理回路の組み合わせにより10進法0~9に相当する符号を構成する、この符号は水位送量装置に送られる。なお符号板による数値化の際、2数字の境界における符号化の誤りをさけるため、1位, 10位, 100位, 1,000位の各けたには、2ブラシを使用する。このため0.5 cmの変化ごとに二つのブラシは切換使用されて不確実な符号の読取りをしない。この切換は各けたとも同時に行われるため変換速度が早い。また数の転位、けたの繰上げ、繰下げも同期して行われるため2数字のラップなどを生じない。コードプレート方式による水位検出の場合には起動検出回路に適当な時定数をもたせて、さざ波による応動を避けている。また起動検出して送信する場合、その瞬時水位を伝送中保持させるロック機構も備えている。

3.2 セルシン検出方式

第6図はセルシン検出方式による水位検出部のブロック図であ



第6図 セルシン検出方式説明図

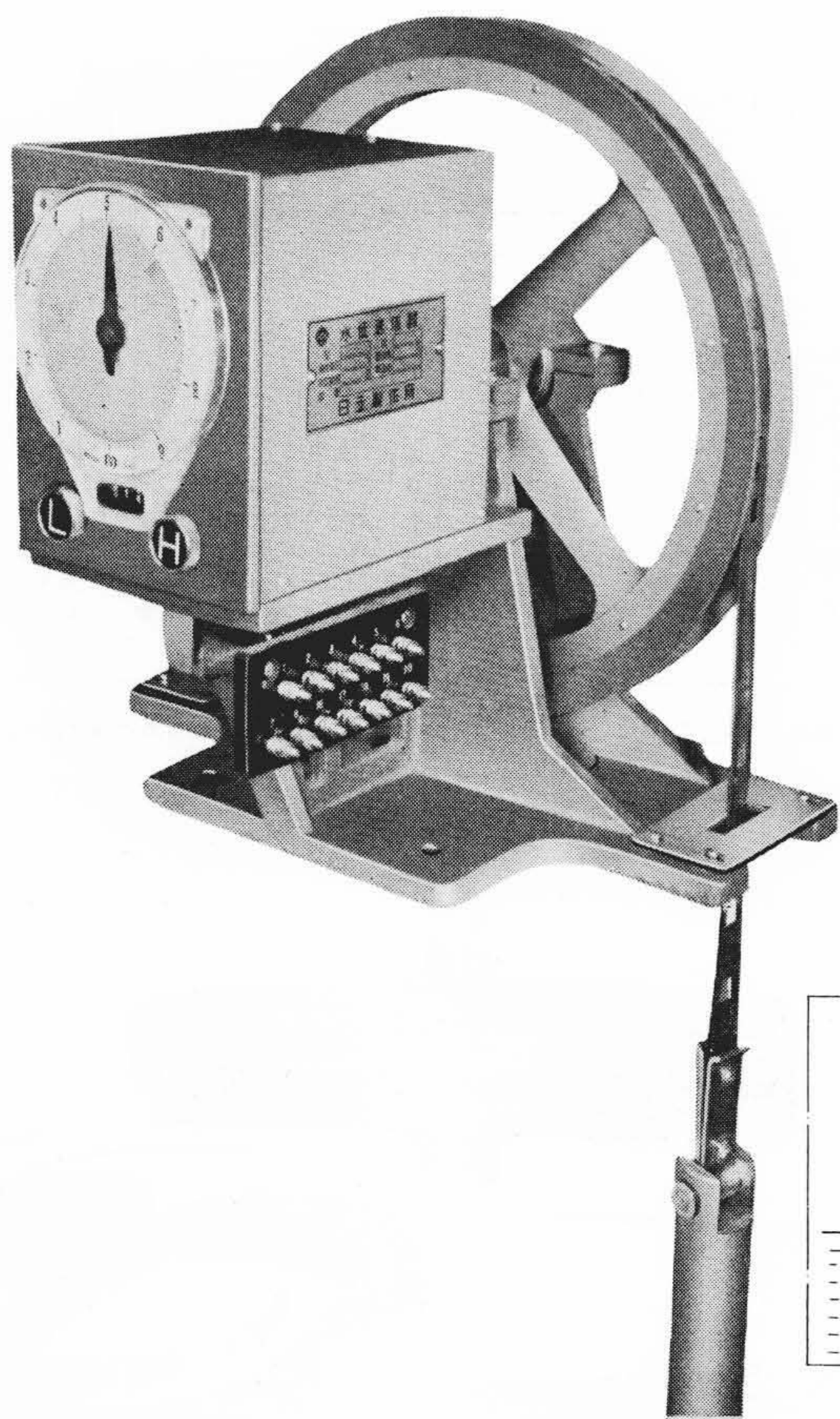


第7図 フロートおよびテープ

る。水位が変われば、フロートの動きはテープおよびホイールを介して水位発信器に伝えられる。水位発信器に内蔵されたセルシン SS₁ は1 m 1回転を検出するもので、水位変化に相当した角度だけ回転する。

セルシン SS₁ の回転子巻線は水位記憶表示器内(第6図参照)のコントロールトランスセルシン (CT) に接続され、両者の回転角はまったく同一となるよう制御される。すなわち SS₁ の回転により生ずる電圧は CT 固定子に加えられ、CT は回転力が小さいため十分に応動し切れない。このため SS₁ と CT 間に角度差を生じ CT 回転子に不平衡電圧を発生する。この電圧を増幅して平衡モータ (BM) を駆動し、CT 回転子の不平衡電圧が0になるようフィードバック回路により制御する。このように BM は水位変化に比例した位置まで回転して停止する。一方 BM 出力軸にはステップギヤが連結されている。ステップギヤは BM の回転変位によって生ずる勢力をバネに蓄積し、1 cm 相当の勢力となれば、瞬時にこの力を開放してステップ回転するギヤで、連続的な回転変位をデジタル化するものである。すなわちステップ回転する際符号組立器を動かして水位に相当する符号を構成する。

次にセルシン SS₁ は1 m 1回転であるため、停電の間に水位が50 cm以上変化しても、この動きが符号組立部にまで伝えられないため表示が不連続となってしまう。このため第6図に示すように20 m 1回転のセルシン SS₂ とセルシン RS の両者の差で働く差動セルシン (DS) によりこの偏位を検出し、さらに位相検出器により位相も同時に検出して補正を行い、相互の位相ずれを直す。すなわち RS は、BM 出力軸により20 m 1回転に減速された歯車と連動しており、正常の場合 SS₂, RS はまったく同一角度を保っていて DS の回転角は0である。停電中に SS₂ のみが回転し50 cmをこえる場合は停電回復後直ちに DS が回転して位相検出器⁽¹⁾の上げまたは下げ



第8図 水位発信器

接点を閉成する。この接点が閉路すれば水位補正装置の動作により増幅器とBM回路は切り離されBM回路は直接交流電源に接続されて正転あるいは逆転する。この動作はSS₂、RSの差が50cm以内になるまで行われる。

50cm内にはいれば正常の回路となりSS₁とCTとの平衡動作にはいり平衡状態になって停止する。以上の動作により停電中に水位変動があっても表示の誤りを生じない。さざ波による水位の変動はフィードバック回路の時定数を適当に選んで防止している。第7図にフロートテープ、第8図に水位発信器、第9図に水位記憶表示器を示す。

4. 信号伝送方式

第10図は信号伝送方式のブロック図である。本装置の動作は送量所側からの自動送信と受量所側からの試験の二つに大別できる。

4.1 自動送信

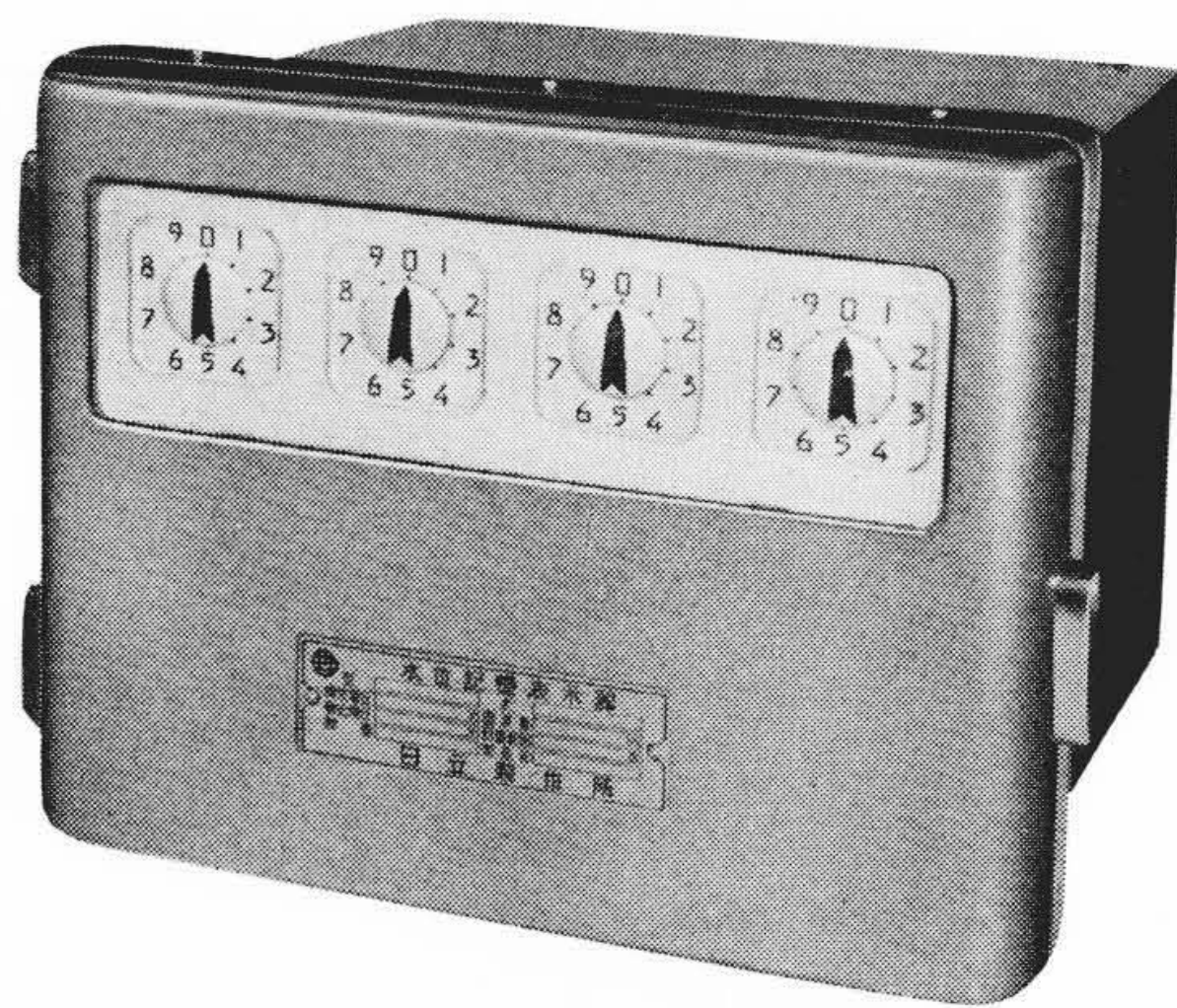
4.1.1 水位の自動表示

水位が1cm変化すれば水位送量所側から自動的に水位送信を行う。

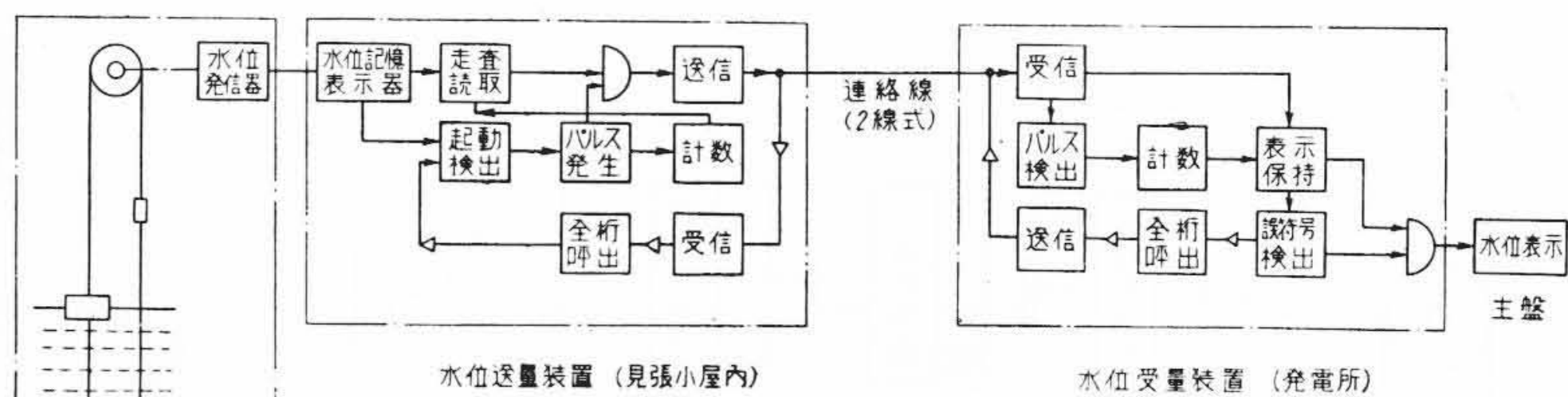
水位は常時水位検出部の動作によって符号化されているが水位変化があれば変化しただけでは符号が変化する。

この符号の変化は水位送量装置の起動検出回路により検出される。

次に起動検出回路の指令によって、パルス発生回路は一定周期T(第4図参照)のパルスを連続発生する。このパルスは計数回路および送信回路に送られる。計数回路では1パルスずつ計数してステップを進め、これと同期して走査読取回路によって水位の各けたを走査する。この結果符号のうちビット1の場合はパルス発生回路から送信回路にゆくパルスの一部をきりとり短パルスとしビット0の場合には、そのまま長パルスとして送信回路に送る。



第9図 水位記憶表示器



第10図 信号伝送方式ブロック図

この動作は計数回路により正しい順序で走査し、また正しい間隔で行われるよう指令される。水位が3けた変化した場合には上記動作によって長短パルスが15個送信される(水位が1けたのみ変化したときは5パルス、2けた変化したときは10パルスが送信される)。

計数回路は所定のパルスが送信終了したことを判断して自動的に水位送量装置を動作状態から復帰せしめる。このようにして一回の起動により15個(ただし3けた変化した場合)の一定周期の長短パルスが直列に水位受量装置に送られる。水位受量装置はこのパルスを1パルスずつ受信し、受信したパルスをパルスの長短に関係なくパルス検出回路で検出し計数回路で計数する。

この計数回路の動作によって、パルスの順序が正しくはあくされ、到来パルスがどのけたの第何ビットであるかが確実に判断される。一方受信パルスは計数回路で計数されるのと同期して表示保持回路により長符号か短符号かを判別されたのち、ビット1は1として、0は0として表示信号保持回路に記憶される。この場合計数回路と表示保持回路の両者の動作によって各けたのビットが正しく記憶される。この際、前から記憶している古い数値は自動的に消される。以上の動作は第10図→印の経路で行われる。

上記動作により所定のパルスの受信が終了すれば、受信した数値について符号検定を行い、誤りがなければそのまま表示し、誤りがあれば誤符号検出として扱う。なお1けたの送信時間は約2.4秒であり3けたの場合は7.2秒程度となる。

4.1.2 誤符号による再呼出

上述の水位の自動表示の結果、符号誤りが検出されるとその数値は表示しないで、誤符号検出回路が動作し、水位受量装置の全けた呼出回路によって全けた呼出信号を送量所に送信する。送量所の受信回路はこの信号を受けて全けた呼出回路によって起動検出回路を動作せしめる。この結果あたかも水位の全けたが変化し

たのと同様の状態となり、改めて全けたの送信が行われる。以上の動作はまったく自動的に行われ、この場合の動作経路を第10図→印で示す。

4.2 試験および付属装置

4.2.1 表示更新試験

表示の確認、あるいは装置の試験をする場合のように、表示を更新したい場合には受量側からこれを行うことができる。すなわち、全けた呼出スイッチを操作すれば水位全けたの送信が行われ表示更新が行われる。

4.2.2 リミット表示およびそのほかの動作

以上は主として水位数値伝送のみについて述べたが発電所運転には、このほかに以下にのべるリミット表示、停電警報などが運営上必要で、水位テレメータに付加して装備される場合が多い。本装置はこれらの機能をも十分果すことが可能であるが、この場合には連絡線数は合計3本を使用する。

4.2.3 停電警報

水位送量装置あるいは水位検出部の電源が停電した場合、水位受量装置に表示警報する。電源が復帰すれば送受量装置とも、もとの状態に復帰し、停電中に生じた水位変化の補正を行う。

4.2.4 停電時の水位リミット

送量所装置あるいは水位検出部の電源停電の場合でも水位が上限あるいは下限になれば、ただちに水位受量所で警報表示し、平常状態でも水位のほかに水位上下限リミット信号を送信する。

4.2.5 送信ロック

本装置は水位が1cm変化するごとに变化したけたを送信して表示更新するものであるが、いたずらな機器の消耗をさけるため受量所装置に制御スイッチをもうけ、この操作によって送信動作をロックすることができる。

この状態では、水位が変化しても信号は送信されず装置はいつまでも動作しない。このときでも水位がリミットに達すれば、ただちに常時送信状態に自動的に復帰し以後水位変化するごとに表示の更新を行う。

5. デジタル水位テレメータの適用

デジタル水位テレメータは以上述べたように高精度の水位測定を必要とする箇所に用いられるが、実際に応用する場合には以下に記すような点に留意する必要がある。

5.1 水位変動

高精度検出を行うため測水坑の水位変動を少なくする必要がある。測水坑内の水位がはげしく変動すると、テープのよじれや測水坑内のさざ波を生ずるものとなり、検出部の摩擦をきたし、ひん繁に装置が起動して好ましくない。このため、測水坑はできるだけ丸孔を避けて、制動のよい1,000mm角程度の角孔とし、取水口も200mm角程度に絞ってダム水位の脈動をできるだけ減衰させるようにする。

5.2 連絡線

送量所および受量所間のデジタル符号伝送回線は線径0.9φ、絶縁耐圧2kV、静電しゃへいしたPVC線を使用し、伝送距離は50kmまで可能である。

5.3 水位検出部の仕様

水位検出部の仕様は下記のとおりである。

水位測定範囲	0~9,999 cm
検出精度	1 cm ただし 0.5 cm の検出が可能である
上下限調整範囲	上限 50~100%
	下限 0~50%

5.4 コーダプレート式とセルシン検出方式

検出部にはコーダプレート式とセルシン検出方式の二方式があるが、これらの適用上の区分は次のとおりである。

すなわちコーダプレート式では各けたとも切替えが同時に行われるため変換速度がはやく、したがって水位のデジタル制御を併用する場合に好適で、さらに1cm以下の精度を必要とする場合にも容易にこれを実現できる。一方セルシン方式では各けたの変換が直列に行われるためテレメータのみの応用に適し、また特にダムサイトと送量装置を設置する見張小屋との間の連絡線がコーダプレート方式の $\frac{1}{2}$ ですみ、この間の距離が数百メートルに及ぶような時には経済的に有利である。

5.5 応用例

本デジタル水位テレメータは昭和34年12月に中国電力株式会社新聞野平発電所に納入された。これはセルシン検出方式を用いたもので、宇賀谷堰堤の水位変動(0~6m)を1cmの精度で測定し、約3kmはなれた新聞野平発電所にネオン表示管(第3図参照)で数値表示(表示範囲999cm)するものである。

連絡線は静電しゃへいつき0.9φのポリエチレンビニール被覆ケーブルを使用している。設置後の運転状況は検出精度、さざ波に対する制動動作、符号検定などきわめて良好で満足すべき結果を得ている。

コーダプレート方式としては、九州地方建設局市房ダムの水位デジタル制御装置を製作中で、検出精度0.5cmを目標としている。

6. 結 言

以上デジタルテレメータの一分野である水位テレメータについてのべたが、近時急速に要求の高まりつつある高精度テレメータリングには本方式は不可欠のものであり、今後広範囲の応用が期待される。また、最近各方面においてデジタルコンピュータを使用した計算制御方式が採用されつつあり、デジタルテレメータ方式はかかる制御方式にも不可欠の一部分をなすものである。一方このためにはさらに高速度の指示が要求されており本方式についても今後この方面の研究を進めてゆきたい。

日 立 造 船 技 報

Vol. 21

No. 3

目 次

- ◎デリックポストの固有振動数について
— 局 部 振 動 の 計 測 —
- ◎ステンレス鋼ユニオンメルト溶接の基礎的研究
- ◎18-8 ステンレス鋼の被削性に関する研究
— 超硬工具の摩擦挙動と切削条件の影響について —
- ◎壁付通風筒の形状について
- ◎分流・合流管路の流量解析について (第1報)
— 部分管路のHQ特性と樹枝状管路系の解析 —
- ◎縮・尺現図法による標準作業法の研究
- ◎小形高速艇のプロペラ軸系の危険回転数
- ◎ミーンナイトメタルの溶接性について (第1報)
特 許 ・ 新 案 紹 介 ・ 製 品 紹 介

本誌につきましてのご照会は下記発行所へ
お願いいたします。

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町