

## 5. むすび

以上を総合すると、

- 1) 外焦式では、関氏法がよく、しかし普通の狂い  
のときは、新郷氏応用法も有利のようであり、
- 2) 内焦式（ウィルトツァイス式）も新郷氏応用法  
がよく、
- 3) 内焦式（アナラチック系）では、調整の必要は  
なく、ただチェックを行えばよいと思われる。

さらに簡単化すれば、外焦式及びウィルトツァイス  
式いずれにも共通して使用しうるものは、新郷氏応用  
法がよく、これさえ承知していれば、十字横線の調整  
には不自由はなく、ただアナラチック系に対しては、

遠近2点でチェックを行えばよいと思われる。

最後に本実験において、当土木教室の吉岡正夫君に  
多大の援助を受けたので、ここに厚く感謝する次第で  
ある。

## 参 考 文 献

- 1) 著者：トランシットの外焦式望遠鏡における水  
平又線（十字横線）の種々の調整法に対する理  
論的研究，土木学会誌 38-8, 昭 28-8, p.342
- 2) 著者：トランシットの外焦式望遠鏡における水  
平又線の調整について，土木学会誌 37-7, 昭  
27-7, p.288

(昭.29.11.17)

## 最初の湛水におけるアースダムの 変形について

正 員 宮 下 和 夫\*  
正 員 高 橋 彦 治\*\*

### ON THE DEFORMATION OF THE EARTH DAM BY INITIAL WATERING

(JSCE June 1955)

*Kazuo Miyashita, C.E. Member, Hikoji Takahashi, C.E. Member*

**Synopsis** Many earth dams have so far been constructed in this country. But we have not heard of an instance of measuring for any deformation of the earth dam by initial watering. This time, we had a good opportunity for such test. We kept installed measuring devices for 15 days, some buried in the dam, others placed on the dam, in order to measure the vibration, the leakage, the movement of the dam, the internal earth pressure, and the process in the seepage line, etc.

The outline of the data obtained in this test will be given for further study.

**要旨** 従来数多くのアースダムが作られたが、一番最初の湛水の際にアースダムがいかなる変形をするか、測定した例をあまり聞かないので、今回ちょうど機会を得て震動、漏水、堤体の運動、内部の土圧、浸潤線の変化等、あらかじめ堤体内に埋込まれた測定用機器、及び堤体表面に装置された測定用機器により、

約 15 日間にわたり測定した大略を述べて今後の参考に供する。

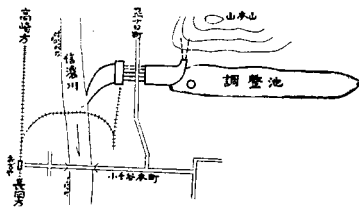
## 1. 緒 言

本アースダムは、国鉄信濃川小千谷発電所の調整池のアースダムで、関東地区国電の朝夕のラッシュアワ

## 写真-1



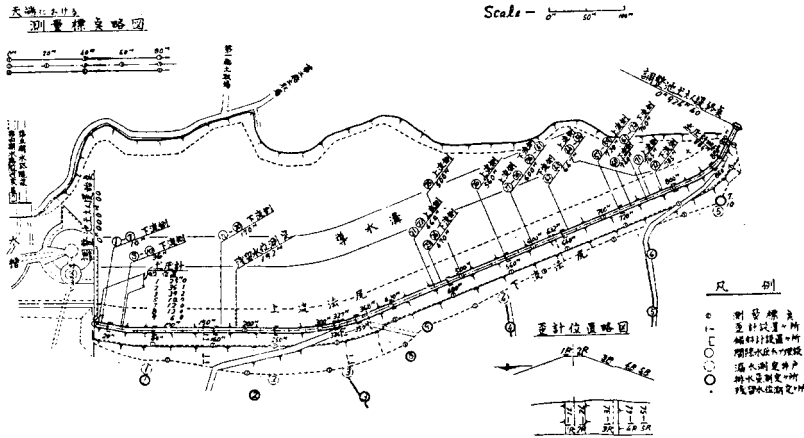
図-1 位置図



\* 国鉄信濃川工事事務所 水路課長

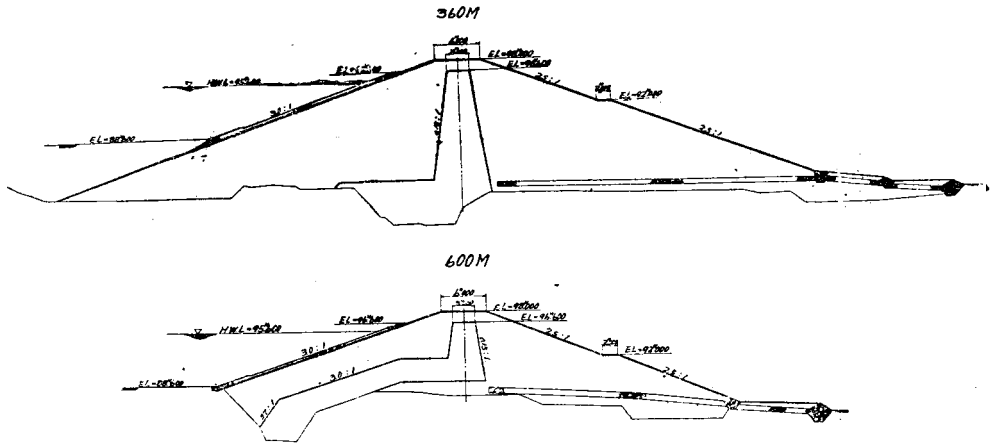
\*\* 同 同 技 師

図-2 調整池平面図 (堤体測定機器及び測点埋設位置図)



削, 及び付帯の法面防護工等は, 大体請負工事によつたが, 土工の大部分は国鉄の純直轄工事である。このため仕方書に対する忠実性並びに施工データの信用度が高く, 乾燥密度の測定 (これは全部乾燥砂注入法によつた) の測点数も 2000 点の多きに達している。心壁部分の材料は粘度と切込砂利を 1:1 の比で混合し, 含水比を 25~31%

図-3 標準断面図



一と平常時との負荷の変動に応ずるために作られたものである。

2. 施工の概要

本アースダムは, 中央部に混合土 (粘土及び切込砂利) 心壁を有し, 延長 927 m, 在来地盤上最高高さ 18m, 平均高さ 12 m, 天端巾 6 m, 有効水深 7 m, 上流勾配 1:3, 下流勾配 1:2.5, H.W.L 湛水面積 166 000 m<sup>2</sup>, 総湛水量 107 万 t で主要土工量は表-1 のごとく, 約 2 000 000 m<sup>3</sup> である。

表-1 土工数量表

着工昭和 26 年 5 月, 竣功昭和 29 年 9 月末で, 約 3 年半の日時を要している。施工はダム本体工事を国鉄東京操機工事事務所委託による機械化施工を採用し, 始点及び終点の取付部は, 信濃川工事事務所の直轄工事にて施工した。池内頁岩の掘

項目	数量
表土切取	229,100 <sup>m<sup>3</sup></sup>
蒸硬根掘	99,700 <sup>m<sup>3</sup></sup>
池内掘り	163,300 <sup>m<sup>3</sup></sup>
心壁盛土	129,100 <sup>m<sup>3</sup></sup>
内外面盛土	539,400 <sup>m<sup>3</sup></sup>
粘土採取切取	73,800 <sup>m<sup>3</sup></sup>
粘土採取運搬	82,000 <sup>m<sup>3</sup></sup>
切込砂利	215,500 <sup>m<sup>3</sup></sup>
その他土工	50,900 <sup>m<sup>3</sup></sup>
合 計	1,217,700 <sup>m<sup>3</sup></sup>

に低下せしめて施工した。このほか含水比を低下せしめるため, 乾燥粘土約 3 000 t を製造使用し, 施工時間短縮に好結果をおさめた。透水係数は 1~10×10<sup>-7</sup> cm/sec に取り, 最適含水比 25~31% のもとに 6 t シープスフートローラーで 12 回転圧を行つた。一層敷均厚 15~18 cm としブルドーザーにて敷均しを行い, さらにモーターグレーダーにて均し, タンピングを行つた。転圧後の仕上り厚さは 10 cm 以内とした。これにより 細粒部の乾燥密度 1.4 t/m<sup>3</sup> を確保した。

内外面盛土部分は池内の掘削土砂のうち良質のものを用い, 透水性を保持しめるよう努めた。透水係数は 1×10<sup>-4</sup> cm/sec 以下に押えたが, このため内部摩擦角 35° 以上, 最大粒径 15 cm, 含水比 9% 以下とし, 締め乾燥密度 (全体) 2.0 以上とした。

1 回の敷均し厚さを 30 cm 以内とし, ブルドーザーで均したのち, 6 t のシープスフートローラーで 4 回転圧を行つた。



No. 1 と 8 はかんがい用水の漏水地点と考えられる。

ハ) 調整池水位の減水低下量：満水位または他の水位に対して、ある時間後の水位の低下量を決定して漏水量を求めようとするものである。そのためにはその間における既存流入水量と、余水吐ゲート量の漏水及び蒸発または降雨量をあわせて測定した。

シ) 水位低下にともなう残留水圧

180 m の上流測法面付近の堤体に長さ 6 m の 1.5 in 鉄管を水平に 5 段に埋設した。堤体内の終端部は閉塞されぬように、スクリーンと砂を用い、法面に現われた一端には長さ 1.7 m のゲージガラスを立てた。池の水位を下げゆくと、ゲージガラスの中の水位は、それに応じて下がるが、次第に時間差がついておくれゆく。そのおくれの水位を池の水位と時間に関連させて測定した。

エ) 土 圧

アースダムの始終点に入っている止水壁コンクリートの面に、垂直な方向の土圧を測定するために、直径 126 mm、厚さ 50 mm の円形のエラスティック・ワイヤー・ストレインゲージ式土圧計を 8 個とりつけた。そのうち 2 個は湛水前に 0 点が移動したので、絶対値の決定はできなくなったが、その傾向を知ることができた（埋設時期は昭.28.8~29.7）。

カ) 間隙水圧

装置はガラスフィルターを有するピézメーターチップに流入する水を、銅管によつて水銀マンオメーターに導き、チップに作用している水圧を、水銀柱の読みとの差によつて求めるものである。チップは基礎地質及び堤体の構造に応じて集中的に埋設した。総数 72 点、18 断面だが、集中的に埋設した箇所は上流側 600 m (15 点)、647 m (15 点)、下流側 170 m (10 点)、760 m (10 点) の 4 断面と、始点側止水壁コンクリート部 (10 点) である。

キ) 浸潤線の電気探査

L-10 型電気抵抗測定機により、4 点法により堤体の 3 断面 (120, 430, 610 m) における浸潤線の成生段階を見ようとするものである。

ク) 固有振動周波数

振動発生機によつて振動を与え、2 成分及び 3 成分の振動計によつて共振点を見出そうとするものである。

図-7 湛水カーブ

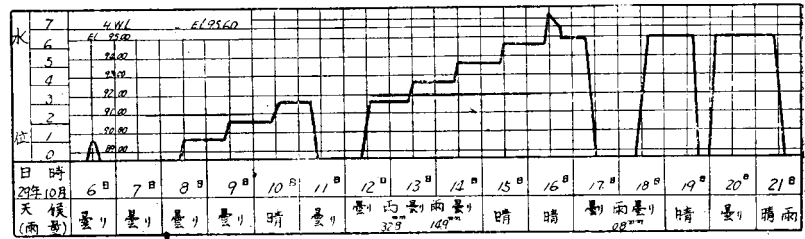
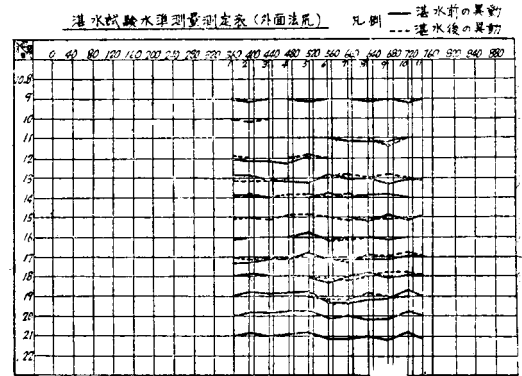
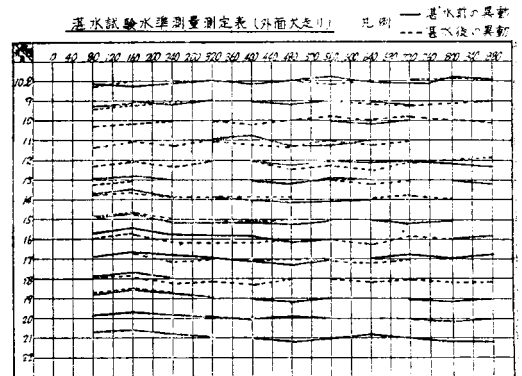
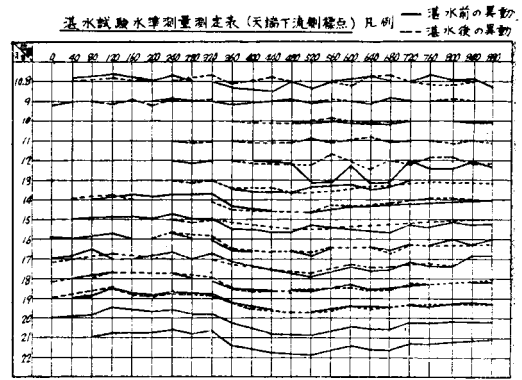
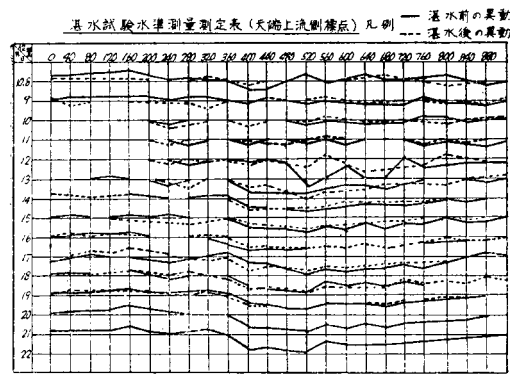
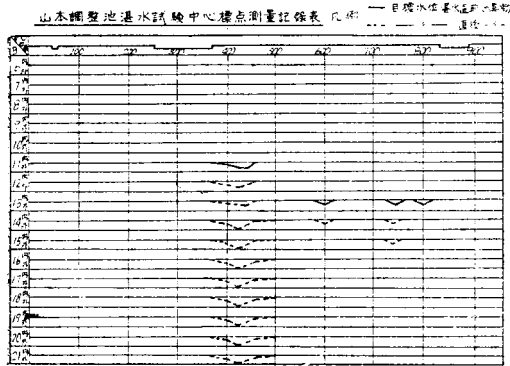


図-8 (a)



る。そのためには堤体の自然微動と、本物の地震を記

図-8 (b)



録する必要がある。30, 80, 120, 300, 600, 880 m の天端において共振点と、伝ぱん波の減衰率及び減衰係数を測定し、各点における自然微動を測定したが、自然地震は地震計の整備の都合で、11月上旬から記録できるように準備中である。

h) 弾性波の伝ぱん速度

第7項目と同じ断面について、弾性波の伝ぱん速度を40000倍の微動計により、オシログラフに記録する。

B. 湛水カーブと測定記録

a) 湛水カーブ (図-7)

b) 堤体の変形  
 センターの移動 } (図-8)  
 水準点の移動 }

傾斜計 } (図-9)  
 ひずみ計 }

c) 漏水  
 下流法尻における竪坑水位 } (図-10)  
 大盲下水等による排水量 }  
 調整地水位の低下量 }

d) 水位低下ともなる残留水圧 (図-11)

- e) 土 圧 土圧及び土圧計配置図 (図-12)
- f) 間隙水圧 間隙水圧及び水圧計配置図 (図-12)
- g) 浸潤線の電気探査 (図-13)
- h) 固有振動周波数 (図-14)
- i) 弾性波伝ぱん速度 (図-14)
- j) 堤体の振動振幅減衰量 (図-14)

図-9

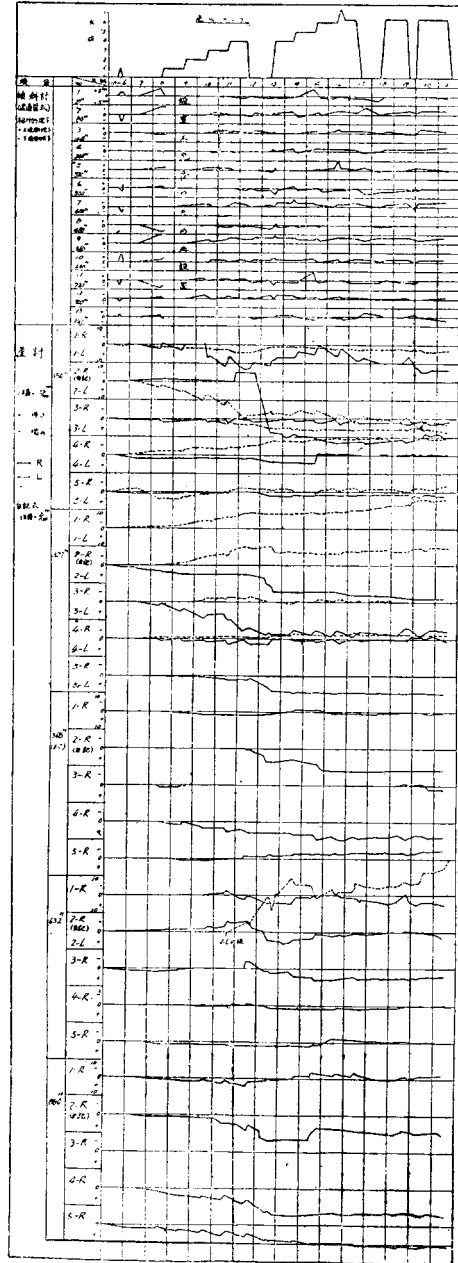
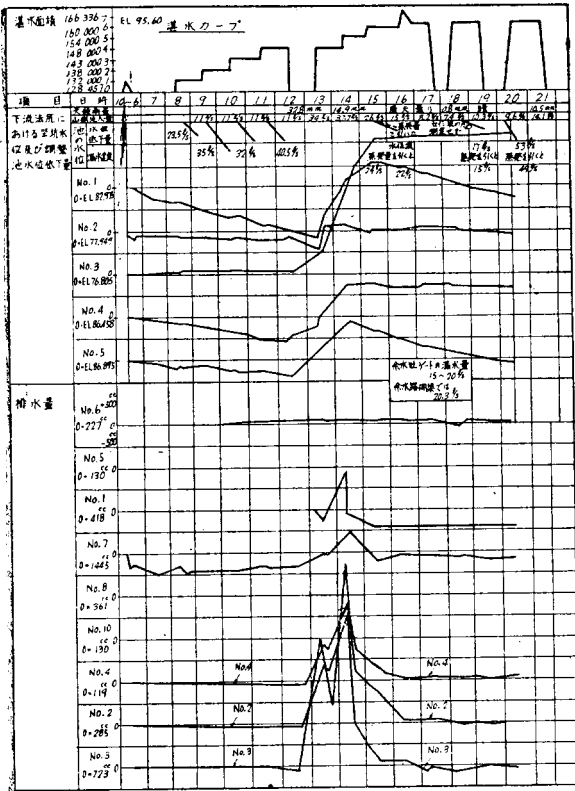


図-10

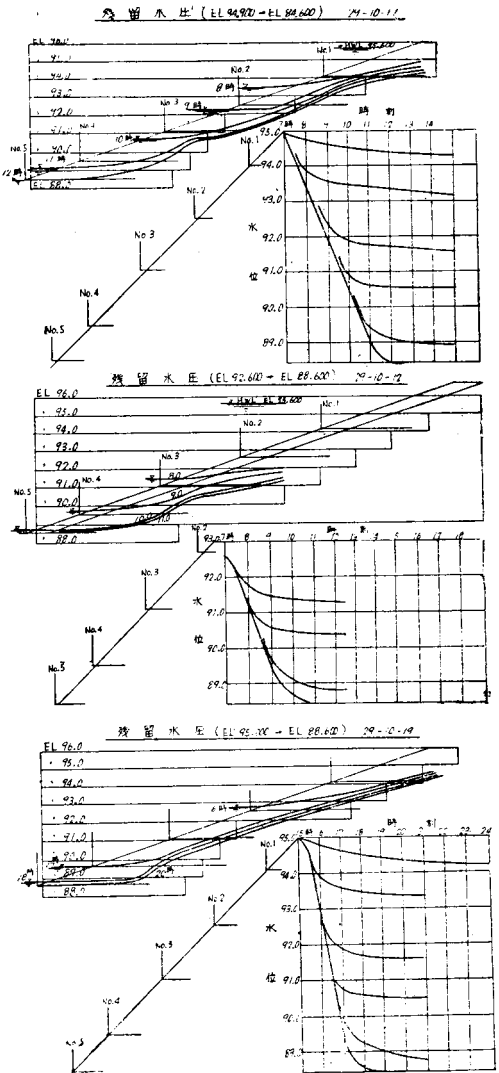


C. 考 察

a) 変 形

- イ) 中心線：湛水の結果、中心線の一部がわずかに下流側へ移動した。
- ロ) 水準：天端に隆起と沈下が発生したが大体において沈下の傾向が大きくでている。犬走りと下流法尻においては隆起と沈下がほぼ平均して現われている。なお精密な水準測量の結果、沈下の最大は 20 mm となっているが、測定開始が約 10 日早かつたので 10 mm の差ができた。
- ハ) 傾斜計：上流側の天端が下流側より低くなり、堤体が上流へ傾く傾向を示している。
- ニ) ひずみ計：横断方向においてはほとんどが伸びを示し、縦断方向では伸びと縮みの両方がでて一様でない。
- ホ) 変形：以上の結果を主としてひずみ計に現われたことから要約すると、水圧による瞬間的な変形と、水の浸透による局部的沈下（上流法面において浸水部分から法尻までの部分）による影響が合成されたような変形を生じたものと考えられる。水準測量による隆起、沈下または天端の傾斜の現われ方はあまり規則的でなく付随的なものと考え

図-11



られる。

b) 漏 水

- イ) 大盲下水の排水量：下流法尻の大盲排水路における排水量は調整池水位の上昇または下降に関係がなく、湛水前に測定された排水量をほぼ一定に保っている。11~12日、12~13日に降雨があつて、その浸透水により上昇カーブをとつたが、徐々に湛水前の状態に復元しており、その後の高い水位に対してもほぼ一定の状態に保っている。晴天日数が続けば下降カーブをとる。
- ロ) 下流法尻の堅坑水位：降雨のときに水位が多少上昇したが、その後はほぼ湛水前の状態を保っている。No.3が上昇カーブをとっているが、これは井戸の壁が不透透層であるため周囲からの雨水

の浸透が引続きあるためと考えている。

ハ) 調整池水位の低下量: 水位 7 m では水槽の水位とつながるので, 水位 6.30 m (E.L. 94.90 m) の状態で測定したが, 10 時間に 10.5 mm の水位低下があつた。この間の蒸発量は 1 mm, 山側からの流入水を考慮すると調整池水量の損失は約 53 l/sec である。なお余水吐ゲートの漏水量は 15~20 l/sec (全水路の開渠の測定では 20.3 l/sec) と推定される。

ニ) 漏水量: 以上の結果を総合すると, アーチダムに起因する水の損失は 20 日の記録をとつて, 水位 6.30 m で 33~38 l/sec 程度となる。このうちの何%かは堤体への浸透分(浸潤線を形成する途上)である。なおこれらの漏水または浸透水による堤体下流部分への影響は, 間隙水圧計の測定結果をあわせて考えてもまだ現われていないようである。

c) 残留水圧

埋設管の先端の位置における水圧は, ほぼ 3 時間後に池の水位と同じになっている。水位 4 m (E.L. 92.60 m) から 0 まで (所要時間 3 時間 40 分) 低下させた直後の堤体の水位は, そのとき一番上段のパイ

図-12 (b)

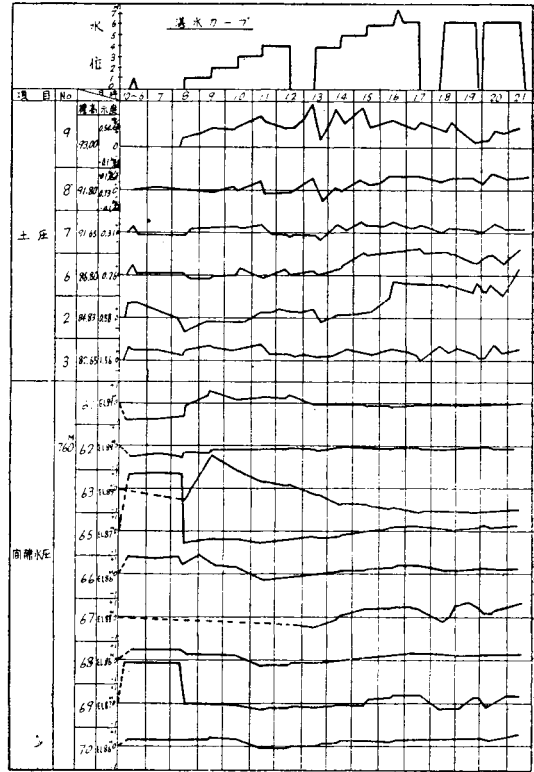
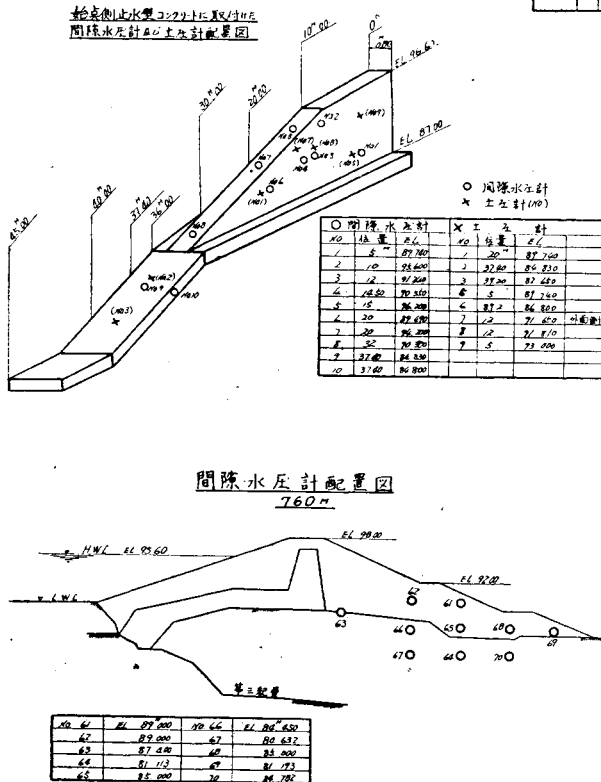


図-12 (a)



プ (3号) の位置で 1.3 m 低下した。水位 6.30 m (E.L. 94.90 m) から 0 まで (所要時間 3 時間) 低下させた直後の堤体の水位は一番上段のパイプ (1号) の位置で 0.50 m 低下した。

d) 間隙水圧

堤体の上流部分及び心壁に埋設した部分については, 観測点の位置が天端にあつて高すぎるために測定範囲内にはまだ入ってこないようである。下流部分についていえば, 観測点の位置が比較的低いので湛水前から雨水の浸透水による水圧が残っていた。降雨直後は水圧を増すが, 次第に落ちて平均した水圧を保っている。湛水開始後も降雨による影響を除けば, 大体湛水前に近い値を示しており, 浸透水または浸潤線への影響はまだ判然とは現われていないようである。

e) 土 圧

土圧計埋設後は盛土高の上昇にともなつて土圧の値が上昇していたが竣工後はほぼ一定の値を保っている。湛水による影響はすぐ現われ始め, ゆるい上昇値を示している。

f) 浸潤線の電気探査

タグの方法を用いると、残留水圧から求めた浸潤線と割合よくつながりそうである。詳細はなお検討中である。

g) 震動試験、弾性波試験

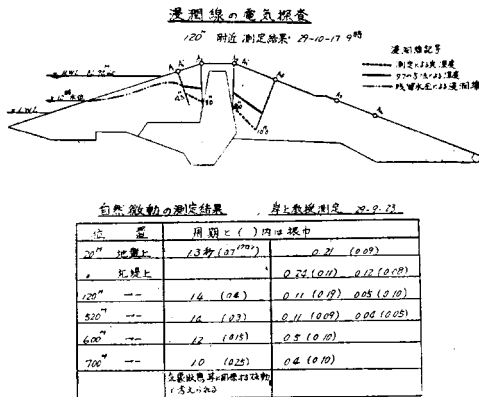
詳細は目下検討中であるが、自然微動の測定結果をあわせて考えて非常に固い性状を示している。

h) 吟味

湛水に際しては、以上のように若干の変形が堤体に発生したが、危険な状態には至らなかったものと判断して、予定の湛水を実施した。21日には堤体の変形量の行進はほとんど減衰した。

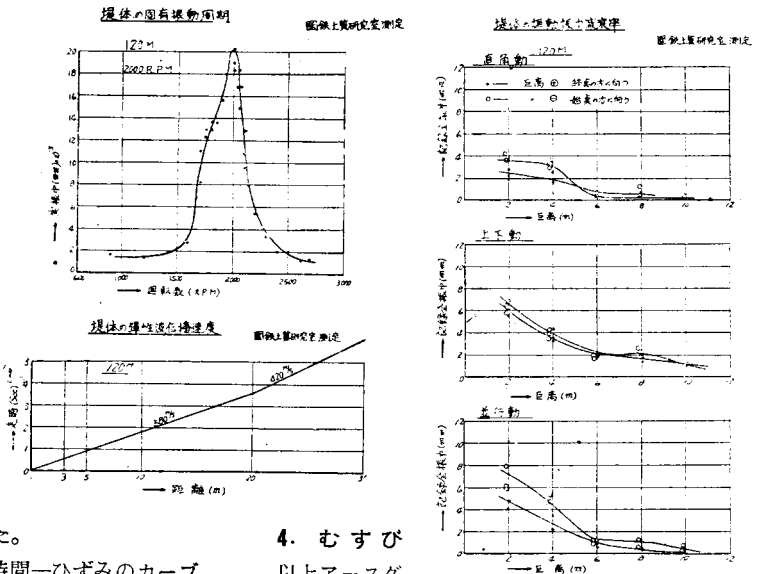
ひずみ計に現われた湛水位一時間一ひずみのカーブ

図-13



によると、特に水位 4 m (E.L. 92.60 m) からの水位低下を行つてから以後の堤体の変形量が急速に減衰している。以上によつて湛水試験は、予定どおり安全に終了し得たものと判断できる。

図-14



4. むすび

以上アースダム

に対する施工の主要並びに湛水試験の方法及び測定結果を述べたが、湛水時におけるアースダムの変形の程度及びその傾向はこれによりある程度知ることができると思う。この原因及び解析計算方法等については、目下鋭意研究中であるが、今後ともこのような試験が数多くなされて、アースダムの力学的解法の資料として体系づけられることを望んでやまない次第である。

なお本アースダムの計画、設計、施工、並びに湛水試験について直接御指導をいただいた国鉄技師長 藤井松太郎氏に深甚なる敬意を表するとともに、諸先輩の御指示に対して厚く感謝する次第である。

なお施工中の諸試験並びに湛水試験に関し、御教示をいただいた東京大学並びに国鉄技術研究所土質研究室の関係者各位に紙上を借りて厚く御礼申上げる次第である。

(昭.29.11.18)

◀図書雑誌等御寄贈のお願い……

会員の閲覧に供し、あわせて土木工学論文抄録の編集、学会図書室の充実をはかるため、各出版者、著者、官公庁、学協会、その他の箇所で開催されました土木工学に関係ある図書(資料、統計等を含む)、雑誌等を一層多く学会宛御寄贈下さいますようお願い申し上げます。

(土木学会図書室)