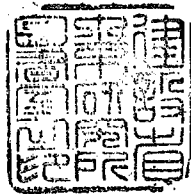


土 木 研 究 所 資 料

第 145 号

鳴子ダム実測解析報告書



昭和 41 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

鳴子ダム実測解析報告書

飯田隆一

内藤寿夫

目 次

1. 概 設	1
2. ダムの安全管理のための測定	1
3. 撓みの解析	5
3.1 ダムの挙動に影響を与える因子	5
3.2 撓みの解析結果	6
3.3 計算値との比較	41
4. 撓みの測定による安全管理	44
5. 今後の測定に対する勧告	52
5.1 漏水量、揚圧力の測定	50
5.2 撓みの測定	50
5.3 温度の測定	52
5.4 歪、継目の開閉の測定	52

1. 概 設

本報告は昭和 37 年度以来、東北地方建設局の依頼により行なってきた鳴子ダムの実測解析の報告書である。

鳴子ダムは高さ 89.5m のアーチダムで、このダムには図 - 1 に示すようにブラムライン、歪計、温度計、継目計等数多くの計器が設置されている。これらの計器により

(I) ダムが安全に挙動しているか否か

(II) ダムの完成後の構造作用を解析する

の二つの目的をもった解析を行なう必要がある。しかし現段階ではダムの安全管理についても充分観測計器が利用されていないので、(I) を主目的とした解析を行なった。

2. ダムの安全管理のための測定

ダムの安全管理の上で重要なものとしては漏水量、揚圧力の測定がある。しかしこれについては現在ダム管理においてかなりよく行なわれているので、ここではダムの構造作用面での安全管理に限定して取り扱った。

一般に構造が変形する場合に、その各部に歪が生じ、これが積分されて廻転が生じ、さらに廻転が積分されたものとして撓みが生ずる。これは一般に応用力学で用いられている公式

$$\epsilon = \frac{M}{EI} Z$$

$$\theta = \int \frac{M}{EI} ds$$

$$\delta = \iint \frac{M}{EI} ds \cdot ds$$

からも明きらかである。従って歪は個々の部分の現象を示めし、廻転は部分の総合現象を示めし、撓みは構造物全体の総合現象を示めしていると云い得る。

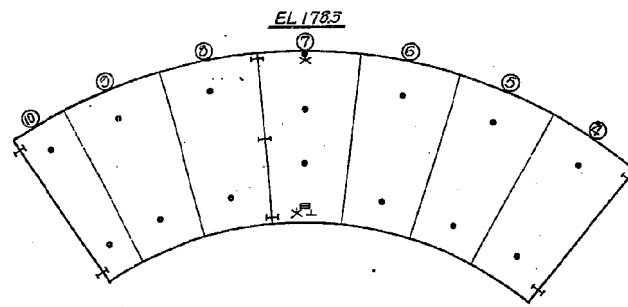
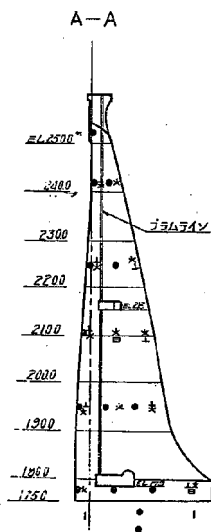
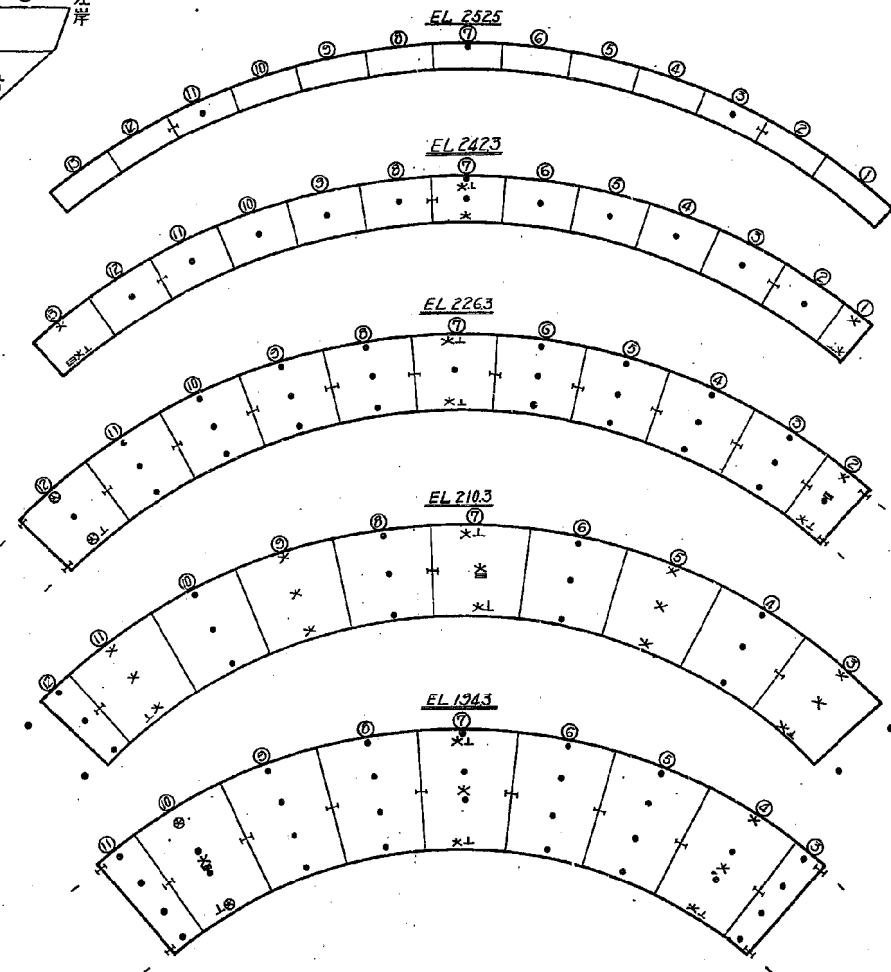
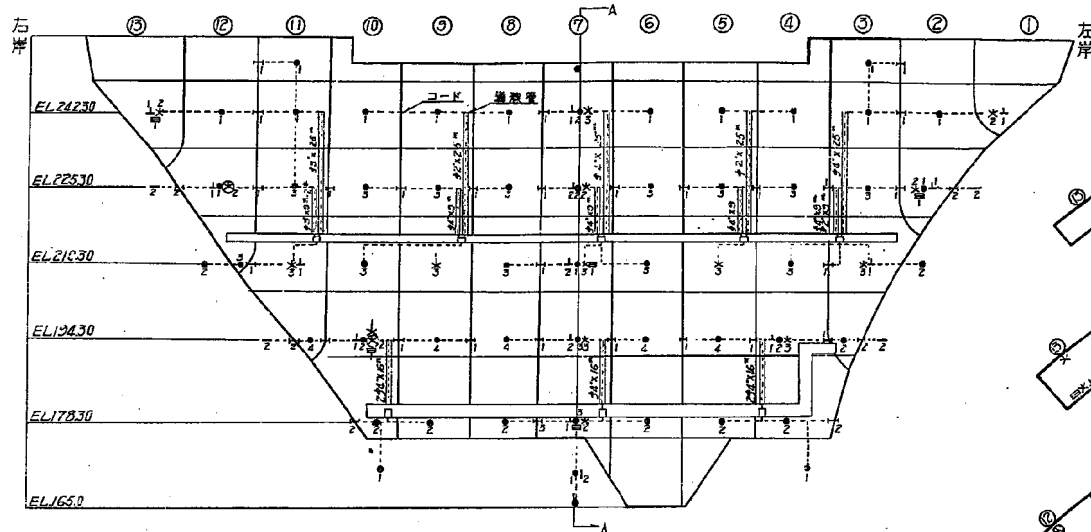
このような意味から全体の管理を行なうには撓みの測定が最も適しており、部分的な調査を行なうには歪の測定が適していると云い得る。

このような観点からダム全体の安全性を撓みの測定値からいかにして判

圖-1

展開圖 10m

平面圖 10m



埋設計畧表

計	計	計	計	計	計
EL	埋設計	土	土	土	計
252.3	3	0	2	0	5
242.3	12	31	3	3	49
226.3	20	45	14	4	83
210.3	20	76	3	4	103
194.3	31	58	12	4	105
178.3	15	11	7	1	34
170.0	3	2	0	0	5
165.0	1	0	0	0	1
計	115	221	41	16	391

註 〇 無土力設計 ⑤ 土計5成分 * 土計5成分

定するかに主眼をおいて解析を行なった。

さて撓みの測定結果により管理を行なう場合に、現在が正常のものと見なし得るか否かを知らなければならない。これを判断するために、設計値と比較することも一つの方法である。しかし設計計算は多くの仮定と省略の上に立っており、さらにダム挙動に影響を与える各因子を考慮しているとは云い得ない。最も確実な方法は過去の測定値からみて、現在が安定した状態にあるか否かを判断することである。

このような観点から本報告書では過去の測定値から将来のダムの挙動を推定し、これによりダムの安全性を検討し得るような解析方法をとった。

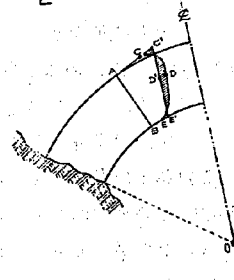
3. 撓みの解析

3.1 ダムの挙動に影響を与える因子

一般に重力ダムは主として水位の影響を受ける。しかしアーチダムは内部温度の変化の影響も強く受ける。このためアーチダムの任意の時点での撓みを推定するためには、任意の条件のときの水位による撓み、温度による撓みを求める必要がある。過去の資料から測定値を原因別に分離分析するためには統計的な手法による以別でない。このような解析を行なうに当たってダムの撓みに影響を与えと考えられる因子について考察してみよう。

先づコンクリートの内部温度の変化について考察を加えてみる。コンクリートの内部温度は図-2に示めすように曲線分布をしている。若し断面に何も拘束がないとすると各点の温度に比例した膨脹、収縮が生ずる筈である。しかし実際には断面は連続体の一部であるため、拘束があり、実際の温度分布とモーメントと面積が等しい直線的な温度分布を受けたと同じ伸びと廻転を生じ、実際の温度分布と直線的な温度分布の差(図-2

図 - 2



の斜線部分)による温度膨脹は拘束応力に転化する。この直線的な温度分布を等置直線温度分布と名づけると、実際の温度分布と等置直線温度分布との差による拘束応力は他の部分の応力、変位には影響を与えないが、等置直線温度分布により生ずる伸びと廻転は他の部分の応力、変位に影響を与える。この伸びはその断面での平均温度(t_i)により生じ、廻転は等置直線温度分布の勾配(以後温度勾配(α_i)と呼ぶ)により生ずる。従って撓みに対し影響を与える因子としてはいくつかの断面での平均温度と温度勾配をとればよい。これらの因子は理論的にも一次の形で影響を与える。

水位の影響は何次式の形で表わされるかは未定である。従って一応 $f(h)$ の形で表わされるとしよう。

内部温度の変化、水位の他にコンクリートおよび岩盤のクリープが考えられる。このような時間と共に変化する量を $\log \frac{1+\theta}{1+g_i}$ (θ は時間) で表わされたとすると、ダムの撓みは

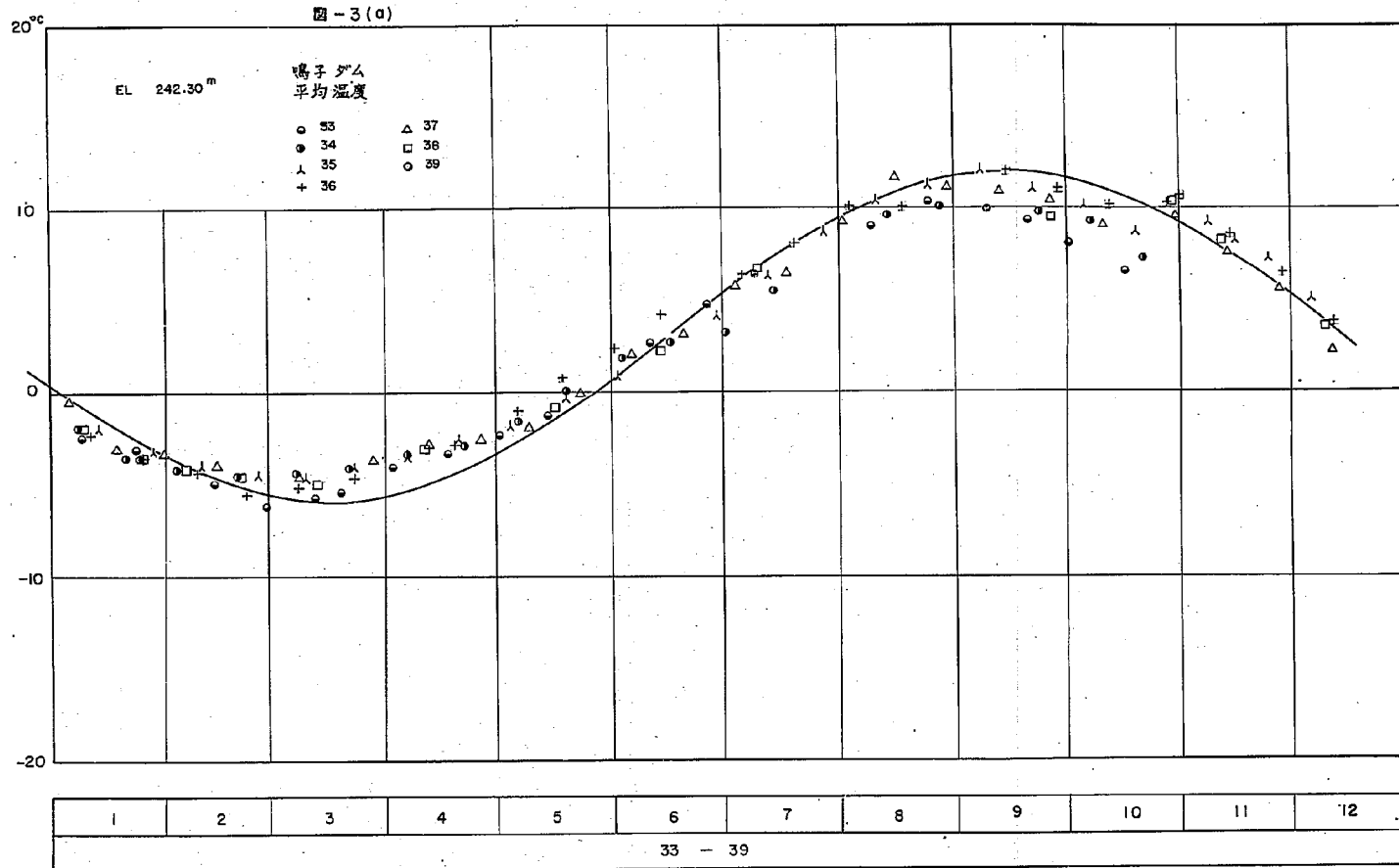
$$\delta = \sum_i a_i \cdot t_i + \sum_i b_i \cdot \alpha_i + f(h) + \sum_j k_j \cdot \log \frac{1+\theta}{1+g_j} \dots\dots\dots (1)$$

なる形で表わされることになる。

しかし実際には各標高の平均温度も温度勾配も外気温の変化により生ずるので、相関性があると考えられたので、(1)式に基づいて過去の資料から最小自乗法により各項の係数 $a_i, b_i, k_j, \dots$ を求めた後に各因子間の相関係数を求め、相関性の高い因子は除去して解析し直すという方法をとった。

3.2 撓みの解析結果

鳴子ダムは中央の最大断面にブラムインが設置されており、天端と $EL 179.6m$ の間の撓みの差と $EL 215m$ と $EL 179.6m$ の間の撓みの差が測定されている。これらの測定された撓を前節に述べた重回帰分析を行なうに当って温度変化を与える因子としては温度計が比較的密に埋設されている拱頂部の $EL 178.3m, EL 194.3m, EL 210.3m, EL 226.3m, EL 242.3m$ での平均温度と温度勾配を温度の実測値から求め使用した。これらの標高での平均温度と温度勾配を示せば図-3の如くである。即ち平均温度と温度勾配はほぼ正弦曲線に近い周期的な変動を繰り返え



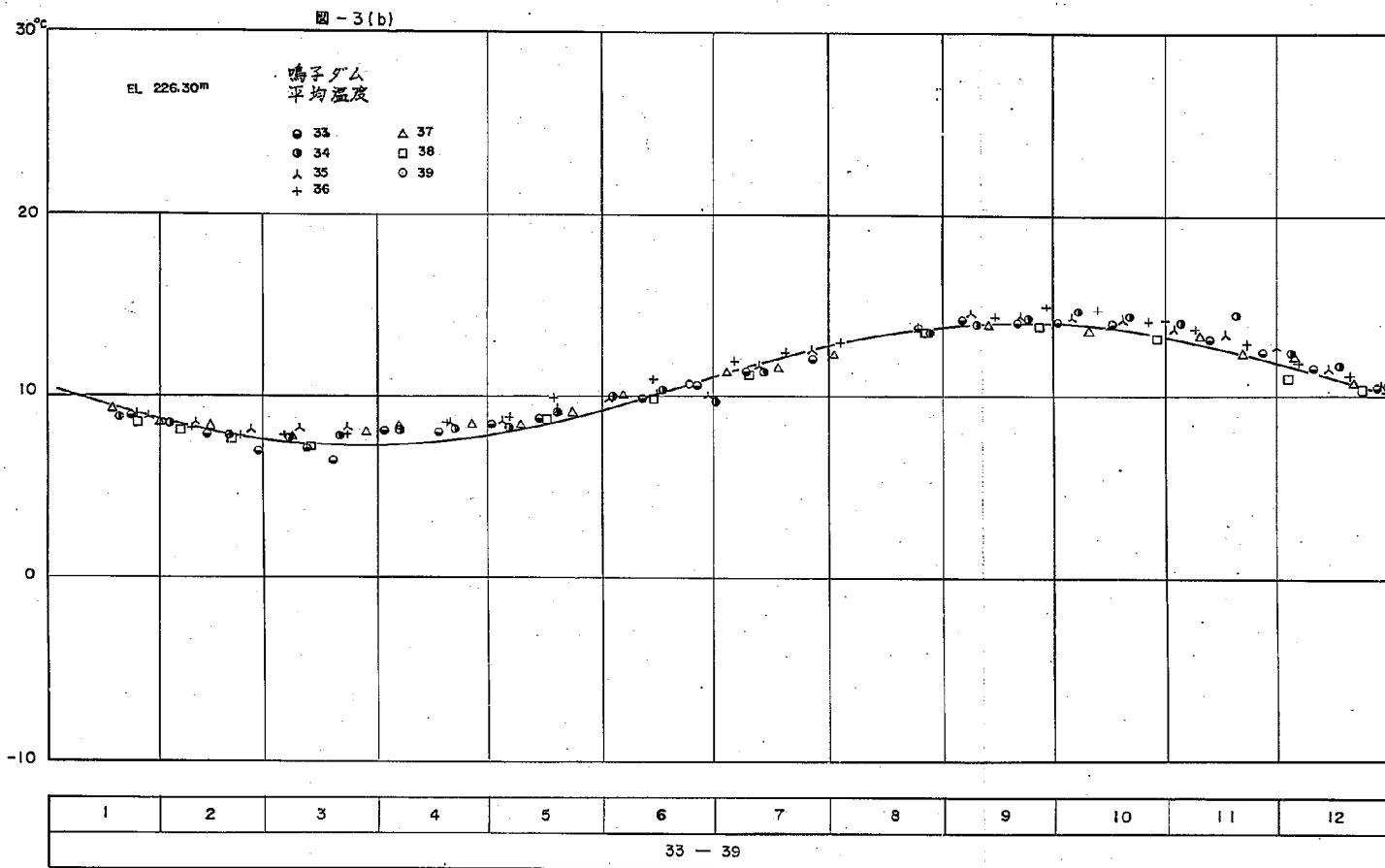


図 - 3(c)

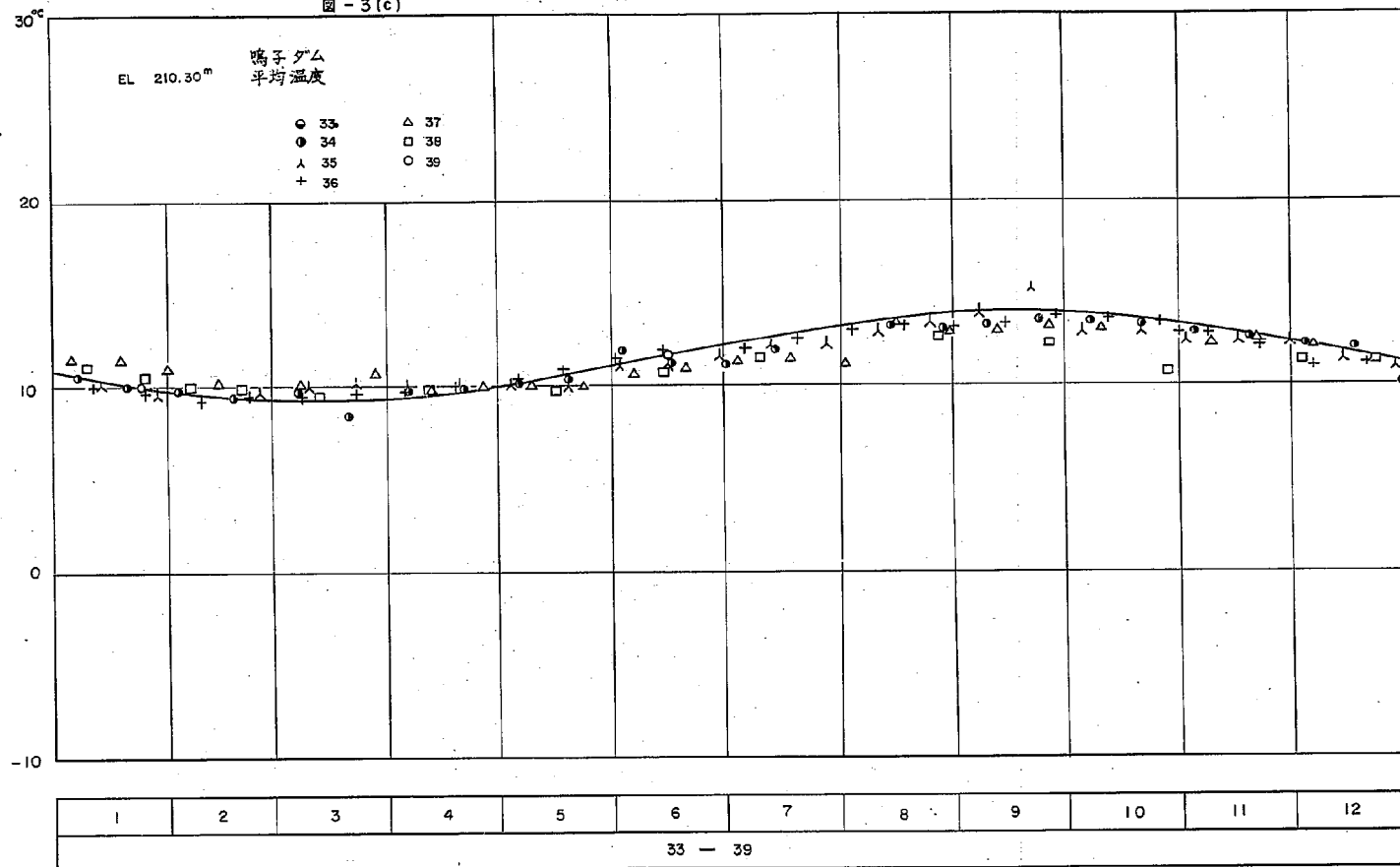


図-3(d)

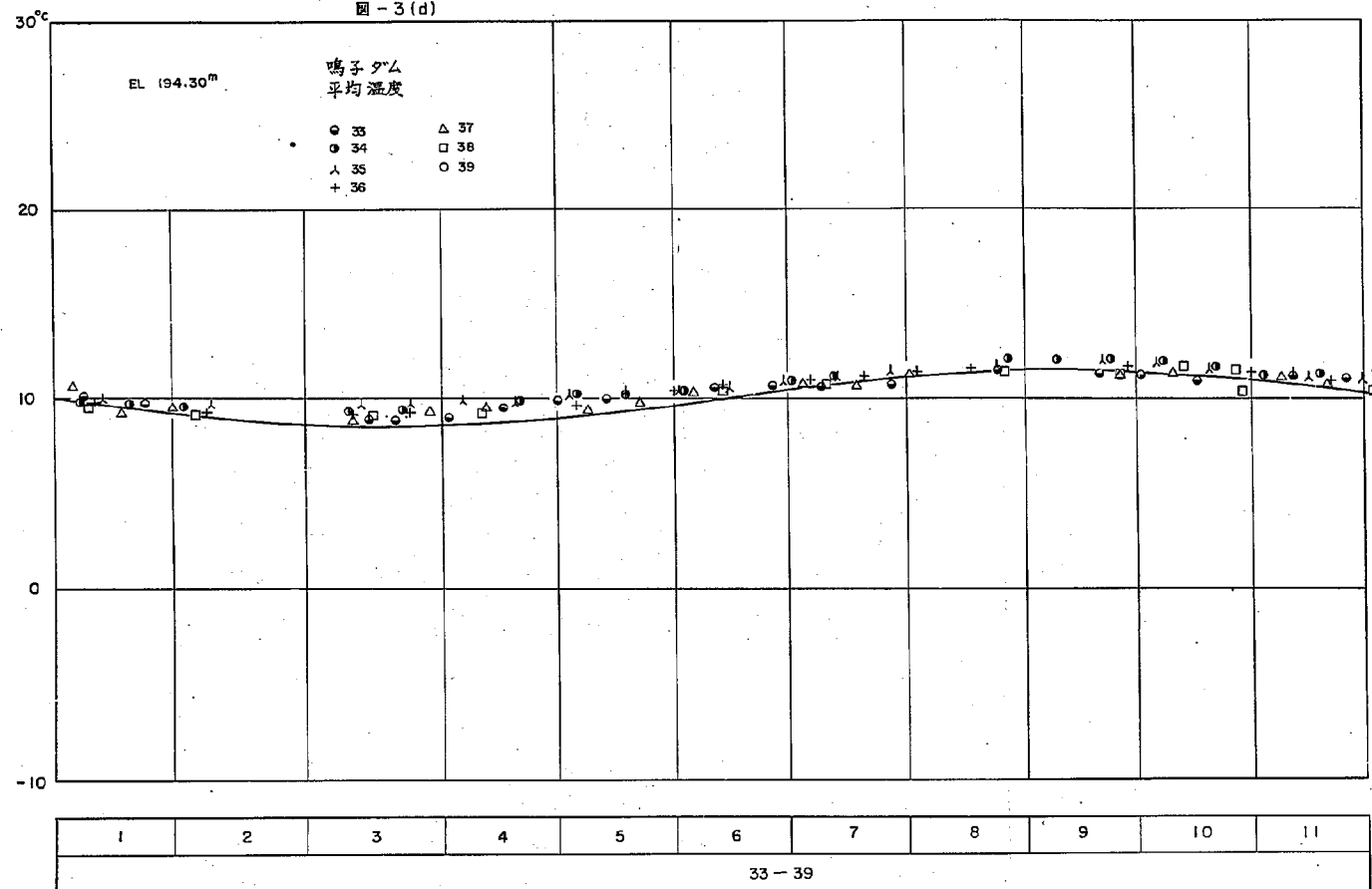
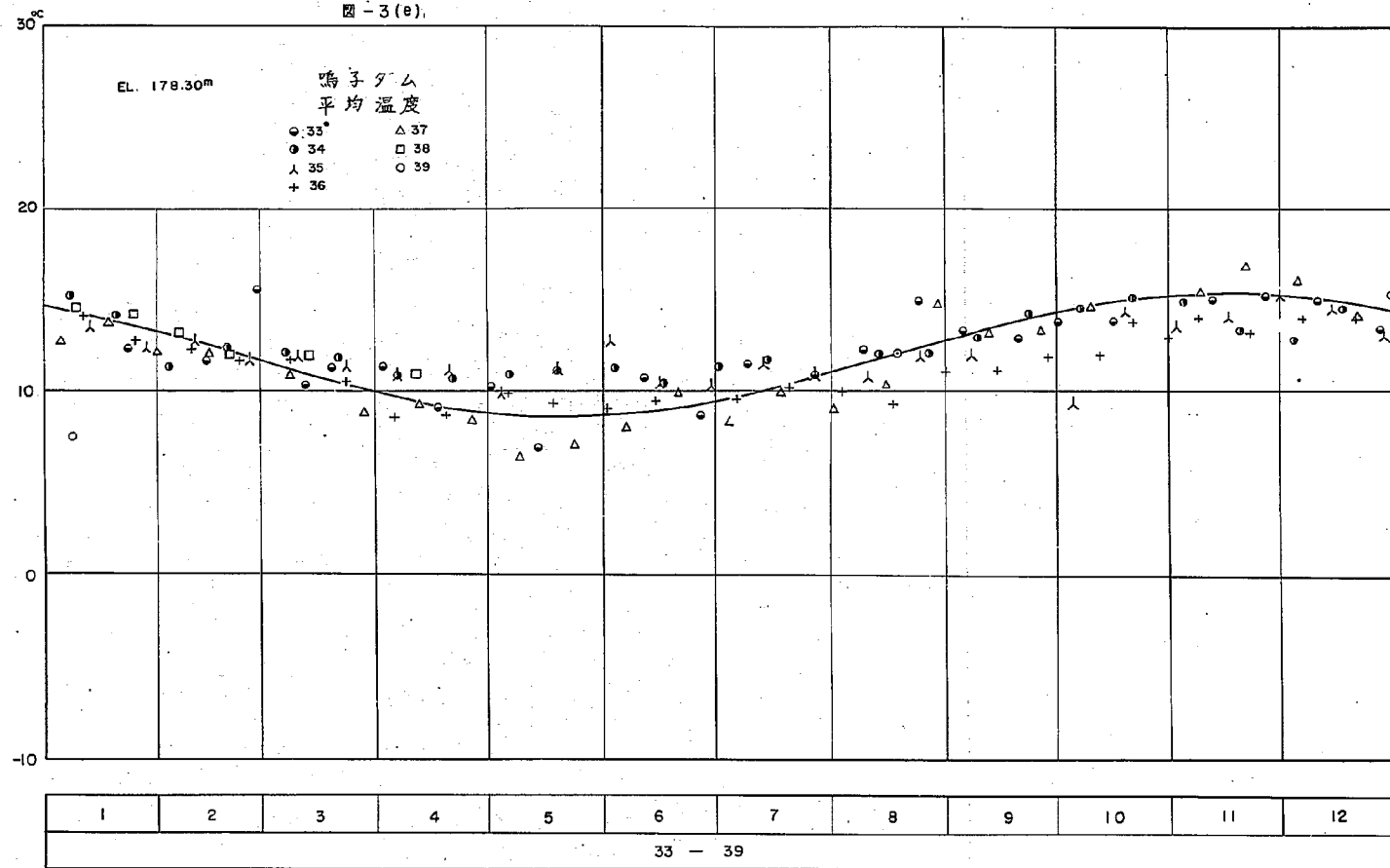
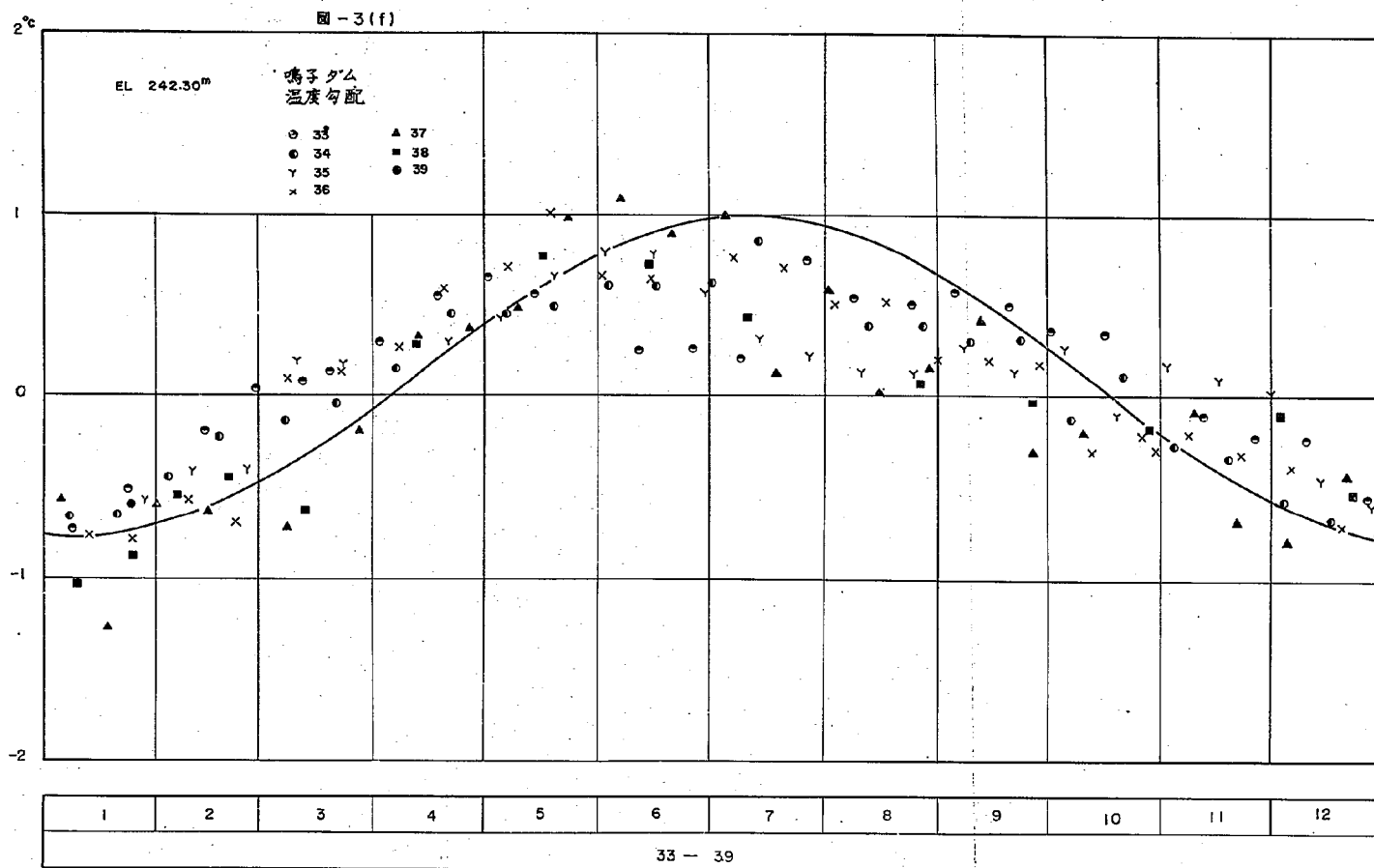
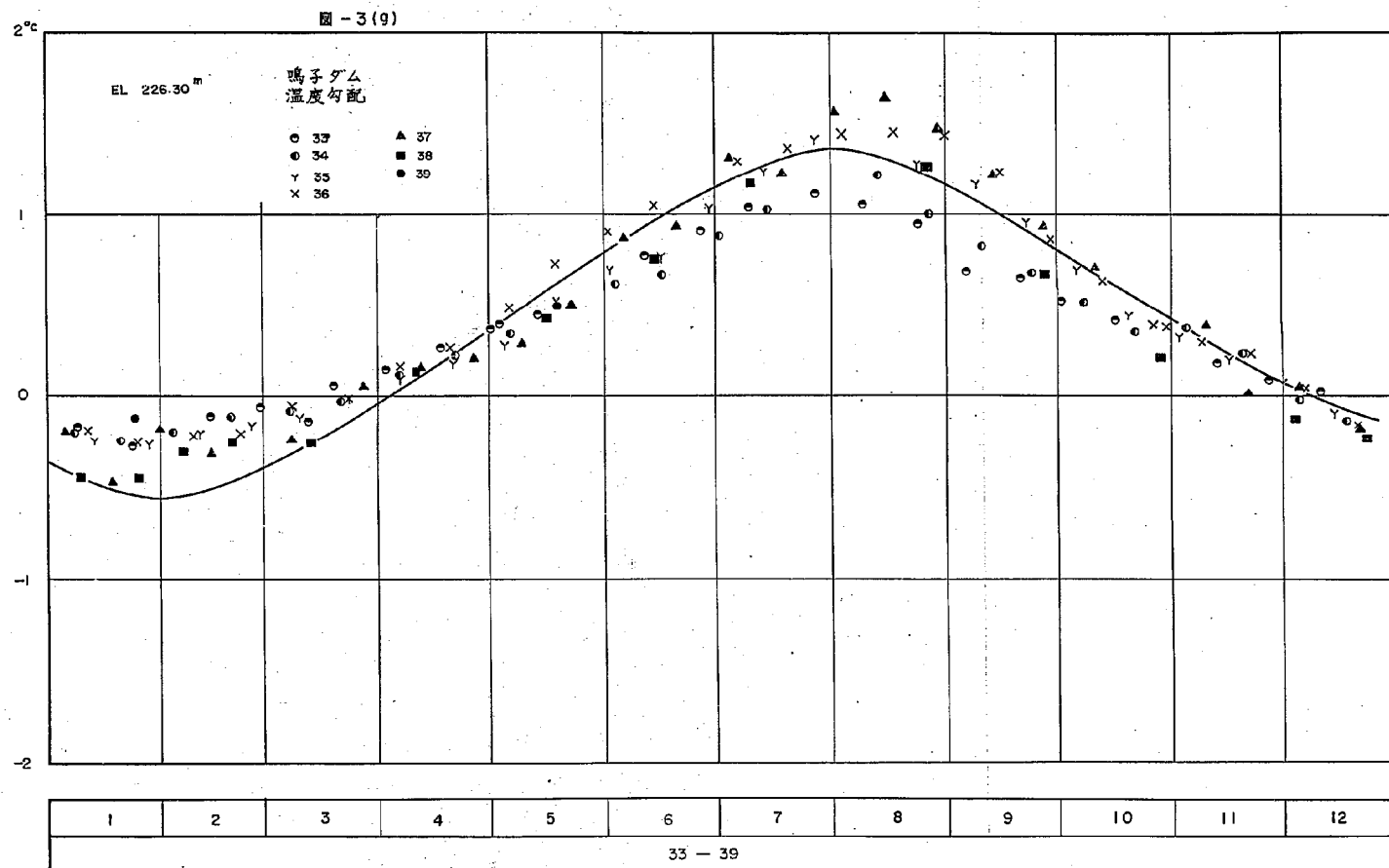


図-3(e)







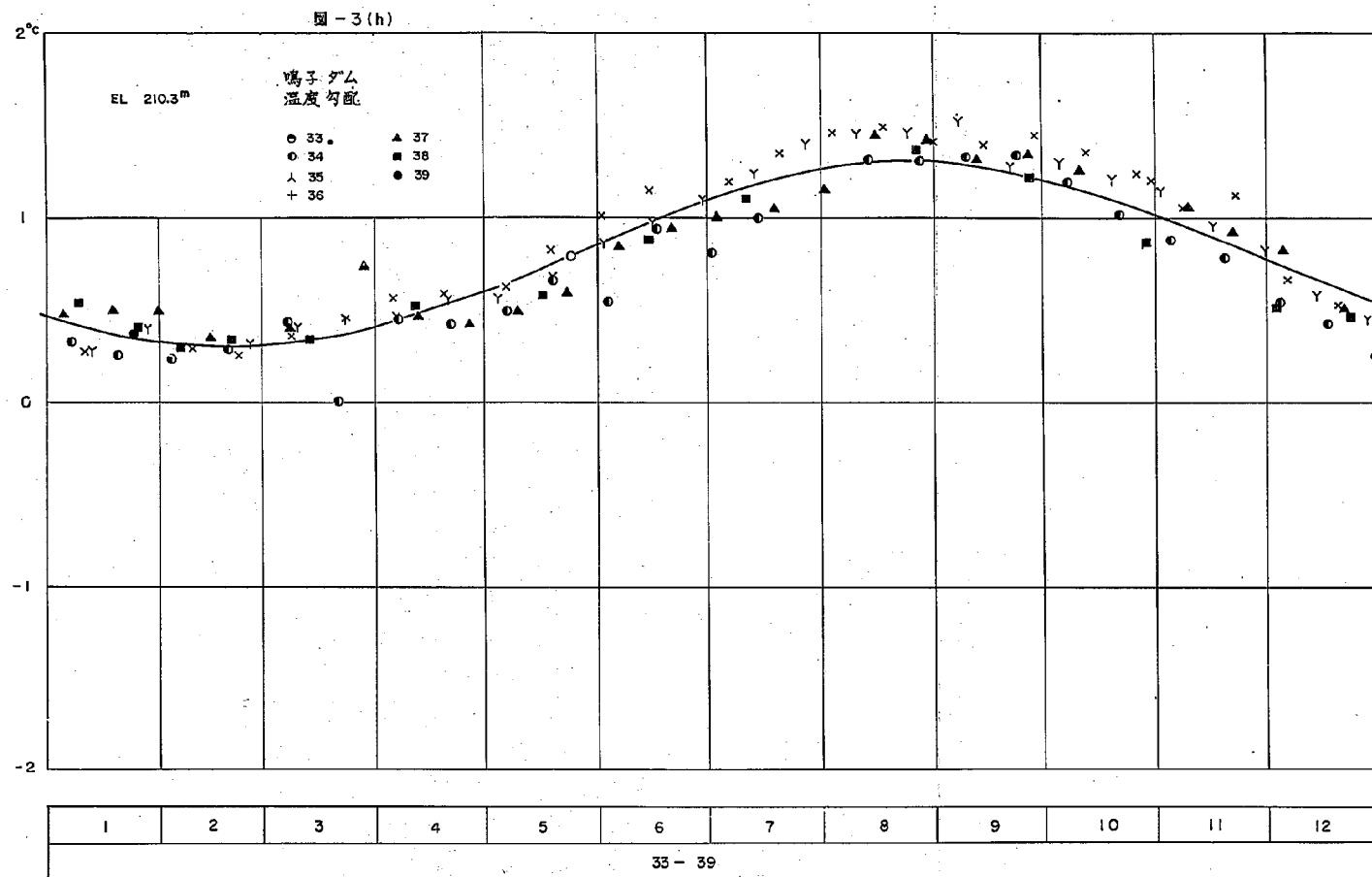


図-3(i)

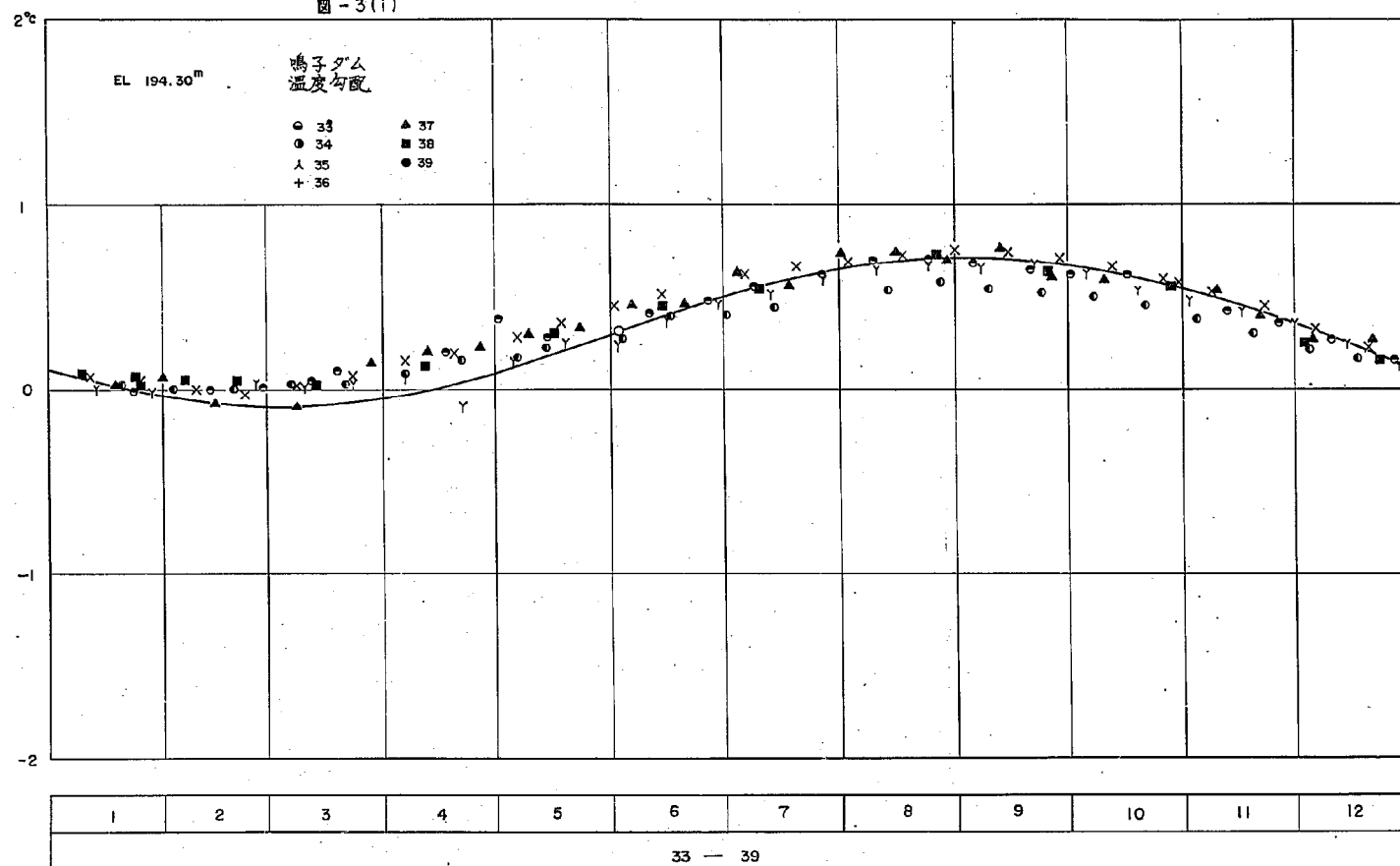
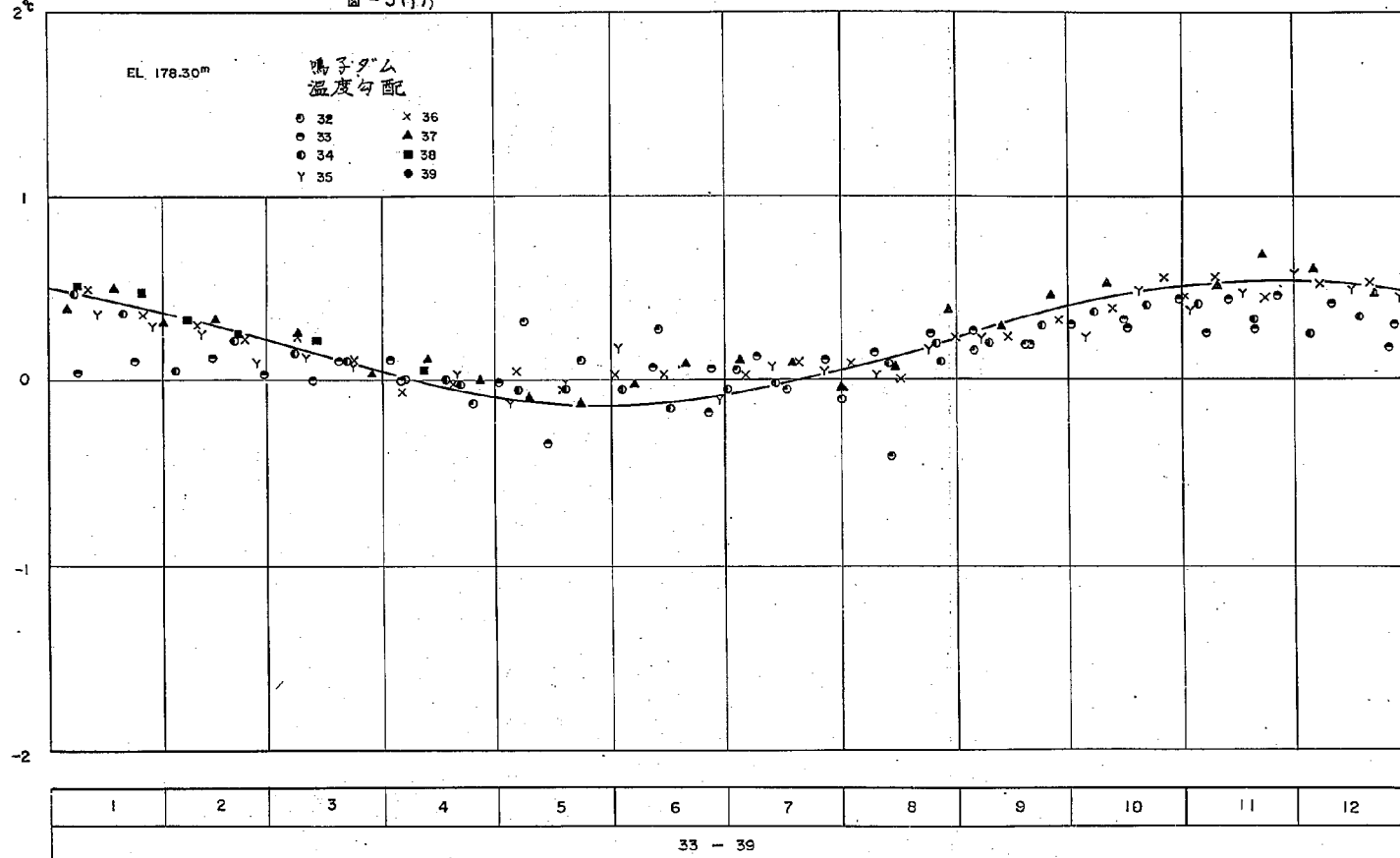


図-3(j)



し、年による差は小さいようである。しかし $EL\ 242.3\text{m}$ の温度勾配は 7, 8 月に夏期制限水位を設け、この標高より水位が下るときが多いので、この期間では正弦曲線よりかなりはずれているものもある。

解析に使用した資料は昭和 32 年 3 月 30 日より昭和 38 年 9 月 26 日までのものを用いた。

(1) 式において水位の影響を示す。 $f(h)$ の関数形は未知である。従って先づ簡単のために水位 h の二次式で表わされると仮定して解析し、次いで h の三次式、四次式で表わされると仮定して解析し、比較検討を行なった。

先づ天端の撓み (天端と $EL\ 178.3\text{m}$ との撓みの差) の解析結果について述べよう。

水位による撓みを h^2 で表わされると仮定したとき解析結果は

$$\begin{aligned}\delta_{260} = & -15.393 + 1.715(t_1 - 8.884) - 1.0165(t_3 - 6.144) \\ & - 16.2164(\alpha_1 - 0.1267) + 0.00464(h - 179.6)^2 + 4.664 \\ & \log(1 + \theta) - 12.3238 \log \frac{1 + \theta}{801} + 20.5895 \log \frac{1 + \theta}{1461} \dots\dots(2)\end{aligned}$$

が得られた。この解析結果にもとづき、水位による撓み、平均温度の変化による撓み、温度勾配の変化による撓み、経年変化による撓みに分離し、更に (2) 式により求めた値と実測値との比較を図示すれば図 - 4 の如くである。

この結果によれば (2) 式による計算値と、実測値とはかなりよく一致しており、また経年変化 (大部分は岩盤のクリープによるものと思われるが) は昭和 33 年 4 月以降は変化がほとんどなくなり、ダムはその後安定した状態にあるといえる。

次に比較検討のために $f(h)$ を h^3 および h^4 の形で解析した結果は

$$\begin{aligned}\delta_{260} = & -25.3617 + 1.4468(t_1 - 8.884) - 0.9271(t_3 - 6.144) \\ & - 16.8021(\alpha_1 - 0.1267) + 0.00005031(h - 179.6)^3 \\ & + 11.2552 \log(1 + \theta) - 13.5366 \log \frac{1 + \theta}{366} \\ & + 11.4899 \log \frac{1 + \theta}{801} \dots\dots\dots(3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{260} = & -25.567 + 1.3157(t_1 - 8.884) - 0.8871(t_2 - 6.144) \\
& - 16.9325(\alpha_1 - 0.1267) + 0.0000005821(h - 179.6)^3 \\
& + 12.6292 \log(1 + \theta) - 15.1204 \log \frac{1 + \theta}{366} \\
& + 11.3895 \log \frac{1 + \theta}{1461} \dots\dots\dots(4)
\end{aligned}$$

なる結果が得られた。さて(2), (3), (4)式を比べると個々の係数はかなり異なっているものがある。しかし残差(2), (3), (4)式より計算した値と実測値との差)の不偏分散の平方根は(2)式では 1.657mm, (3)式では 1.476mm, (4)式では 1.4192mm と(4)式が最も小さいが大差なく、統計学的には優劣が判定し難い状態にある。

そこでこれらの点を更に詳細に調べるために温度変化による撓み ($\delta_T = \sum a_i t_i + \sum b_i \alpha_i$) と経年変化による撓み ($\delta_t = \sum k_i \log \frac{1 + \theta}{1 + \theta_0}$) 残差について(2), (3), (4)の結果を比較すると図-5の如くである。また水位による撓みと水位との関係を比較したものを示めせば図-6の如くである。

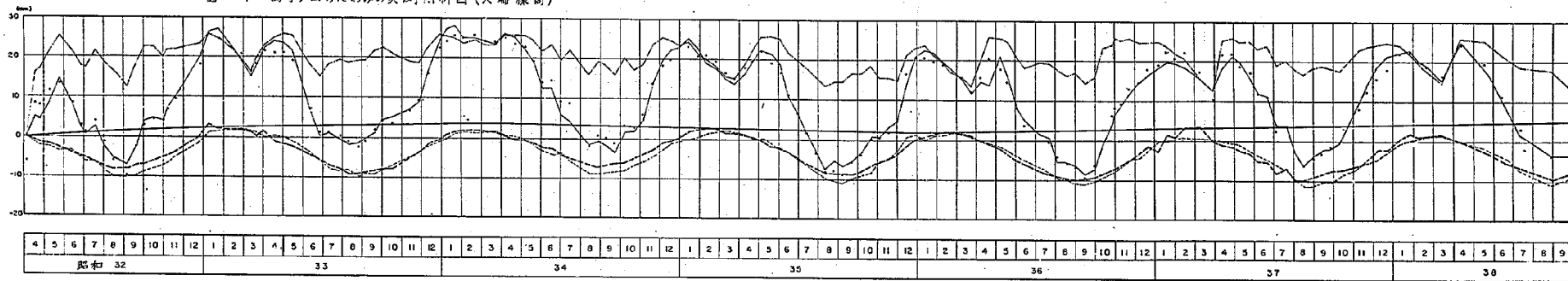
これらの図を観察するに、温度変化による撓みと残差は(2)~(4)式では極めてよく一致するが水位による撓みと経年変化による撓みは各々或る程度の相違がある。

これを更に観察すると経年変化による撓みは湛水後2年以降では(2), (3), (4)式の相互の差はほとんど変化しておらず、ほぼ一定値を示めている。一方水位による撓みについていえば、この解析に用いたデータは水位が EL 238m~254m 迄の間が大部分を占めており、その間では $\delta_H - h$ 曲線は各解ともほぼ平行している。これをいいかえれば水位による撓みは標高 238m より標高 254m の間では水位変動に対する撓みの変化は各解ともほぼ一致しているが、その値にはかなりの差がある。

次に標高 215m (標高 215m と標高 178.3m との撓みの差) の解析結果について述べよう。

水位による撓みを h^2 で表わされると仮定したとき、解析結果は

図 - 4. 鳴子ダムのたわみの実測解析図 (天端標高)



凡 例

- | | | |
|---------|-------|----------|
| D (H) | ----- | 水圧に依るたれみ |
| D (TEM) | ----- | 媒体平均温度 |
| D (GRD) | ----- | 温度勾配 |
| D (T) | ----- | 経年変化 |
| D (OI) | ----- | 岩石変調係 |
| D (C) | ----- | 組織不均係 |

(mm) DIT
(mm) DIT
(mm) DIT

H2
H3
H4
DITEM + (GRD)

図 - 5 鳴子ダム掘り戻り分析比較図 (天端標高)

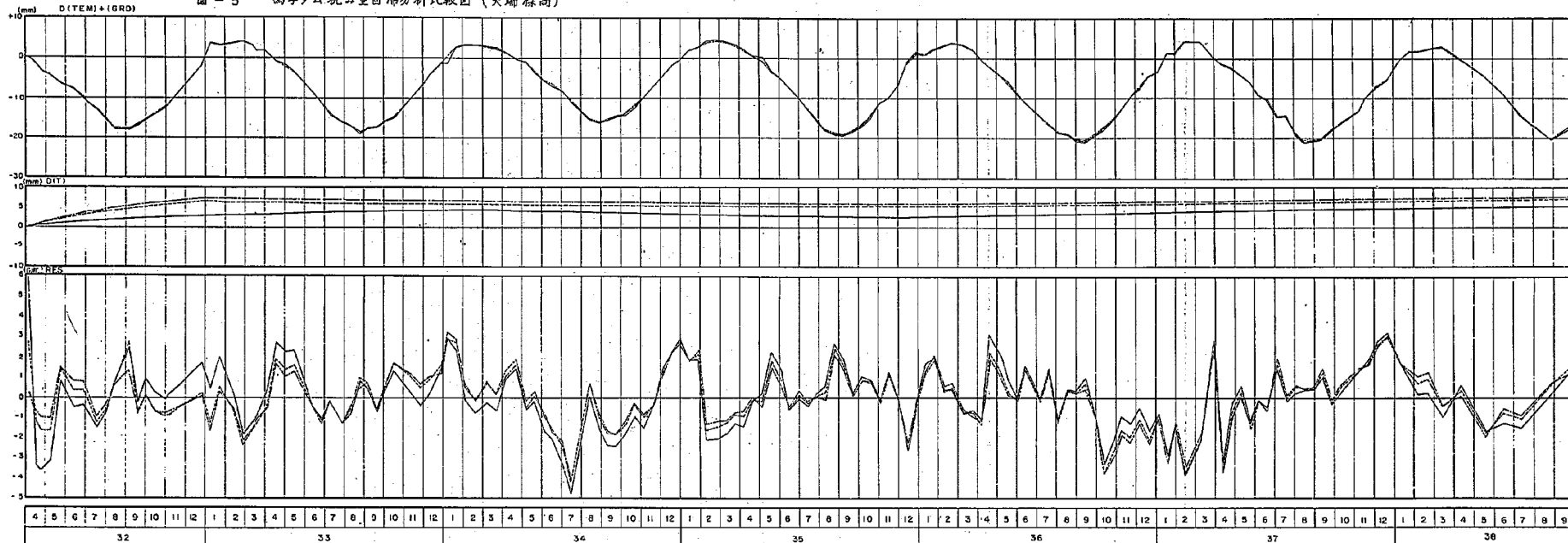
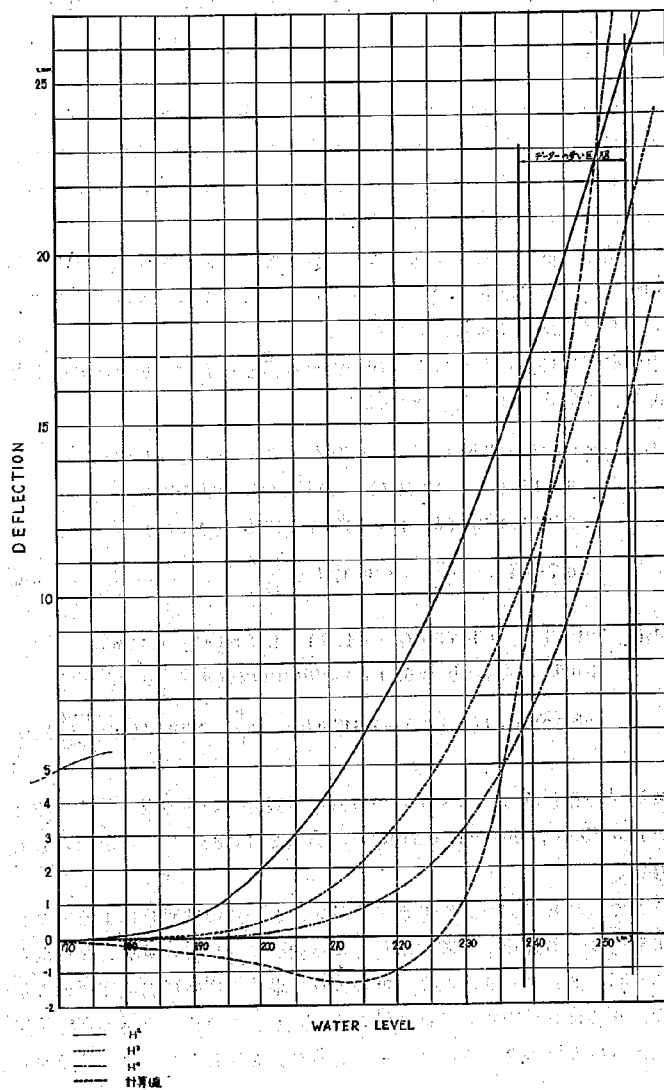


圖-6 高子ダム天端標高水位にわき曲線図



$$\begin{aligned}\delta_{215} = & -8.818 - 0.3495(t_2 - 7.427) - 4.6614(\alpha_1 - 0.1267) \\ & + 0.9309(\alpha_3 - 0.0562) + 0.0019(h - 179.6)^2 + 4.6629 \log \\ & (1 + \theta) - 6.822 \log\left(\frac{1 + \theta}{801}\right) + 7.9727 \log\left(\frac{1 + \theta}{1461}\right) \dots\dots\dots(5)\end{aligned}$$

が得られた。この解析結果にもとづき、天端の撓みの場合と同様に水位による撓み、平均温度の変化による撓み、温度勾配の変化による撓み、経年変化による撓みに分離し、更に(2)式により求めた値と実測値との比較を図示すれば図-7の如くである。

この結果も計算値とはかなりよく一致しており、また経年変化も昭和33年5月以降は変化がほとんどなくなり、この標高の撓みからもダムは安定した状態にあると云い得る。

中間標高の撓みについても天端の撓みと同様に $f(h)$ を h^3, h^4 の形で解析し、比較を行なった。その結果

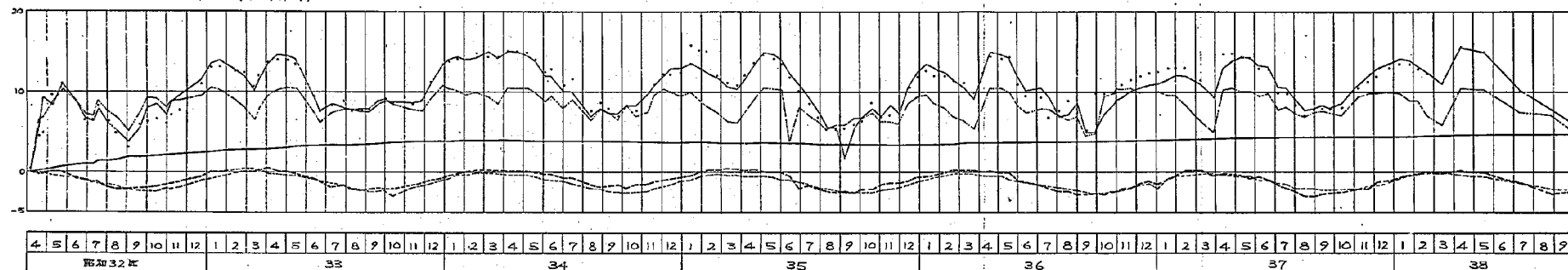
$$\begin{aligned}\delta_{215} = & -13.26 + 0.5687(t_1 - 8.884) - 0.5258(t_2 - 7.427) \\ & - 4.9939(\alpha_1 - 0.1267) + 0.9406(\alpha_3 - 0.0562) \\ & + 0.00001997(h - 179.6)^3 + 7.559 \log(1 + \theta) \\ & - 6.7813 \log \frac{1 + \theta}{366} + 4.3637 \log \frac{1 + \theta}{1461} \dots\dots\dots(6)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{215} = & -14.22 - 0.3573(t_2 - 7.427) - 4.485(\alpha_1 - 0.1267) \\ & + 0.9777(\alpha_3 - 0.0562) + 0.000000224(h - 179.6)^4 + \\ & + 8.5994 \log(1 + \theta) - 7.9106 \log \frac{1 + \theta}{366} + 3.5034 \log\left(\frac{1 + \theta}{1461}\right) \dots\dots\dots(7)\end{aligned}$$

なる結果が得られた。(5)~(7)式の残差の不偏分散の平方根を比較すると(5)では0.735mm、(6)式では0.7692mm、(7)式では0.8222mm といづれも大差ない。

そこでこれらの点を更に詳細に検討するために温度変化による撓み、経年変化による撓み、残差、水位による撓みについて比較を行なったところ(図-8、図-9参照)天端の撓みの場合と同様に温度変化による撓みと残差は(5)~(7)式では極めてよく一致し、水位による撓みと経年変化による撓みは各々或る程度の差があるが、使用したデータの多かつ

図 - 7 鳴子ダムの上流部の水質調査断面 (中間断面)



凡 例
 D (H) ——— 水質に依るたわみ
 D (TEM) ——— 堤岸平均水深
 D (GRD) ——— 流速分布
 D (T) ——— 断面平均
 D (C) ——— 断面平均
 D (C) ——— 断面平均

図-8 鳴子ダム撓み重回帰分析比較図(中間標高)

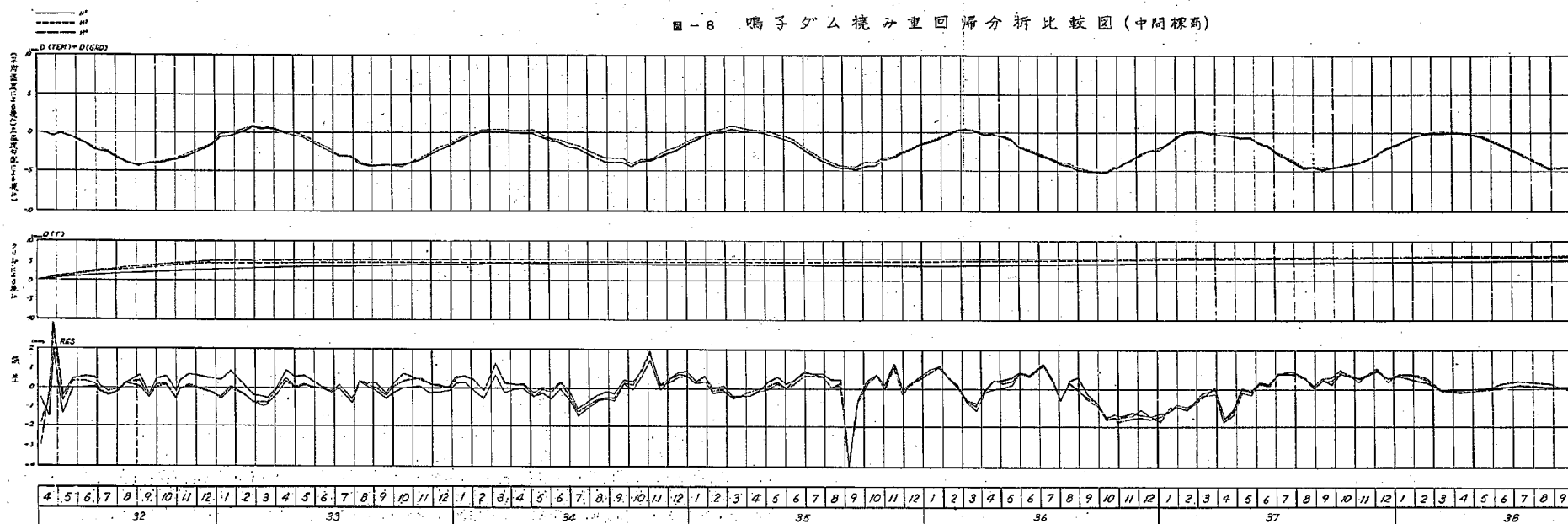
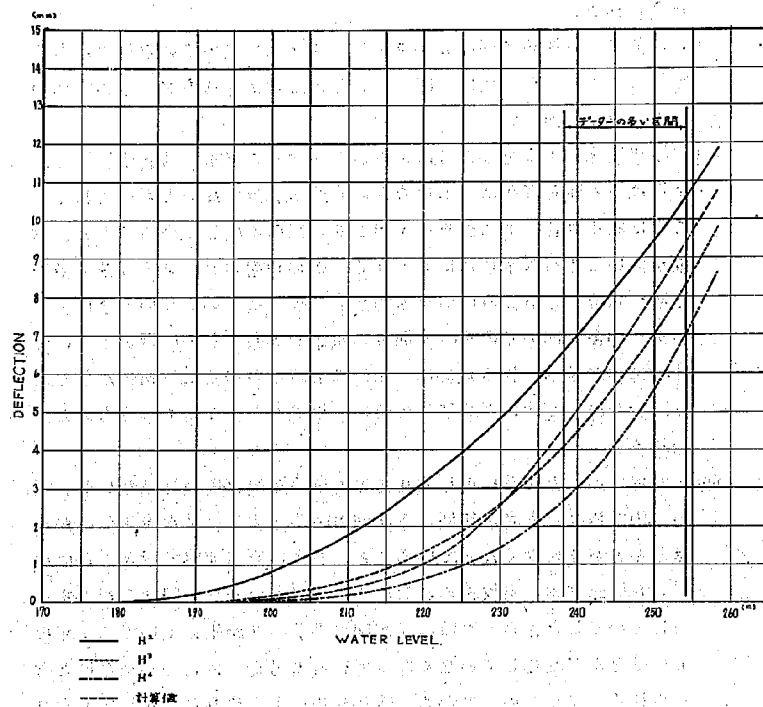


図-9 島子ダム中間標高水位たわみ曲線



た $EL\ 238\ m$ から $EL\ 254\ m$ の水位の間では S_h-h 曲線は各解ともほぼ平行しており、この間の水位では水位変動に対する撓みの変化は各解ともほぼ一致している。

以上の解析並びに考察から

- (I) 重回帰分析により得られた温度変化による撓みは一応正しいものと考えられる。
 - (II) 水位による撓みは標高 $238\ m$ より標高 $254\ m$ 迄の間の水位では水位変動による撓みの変化は一応正しいものと考えられるが、その値については信頼性がない。
 - (III) 経年変化による撓みが各解とも値が異なることから考えて、水位による撓みと経年変化による撓みとの分離が充分でないと考えられる。これは経年変化による撓みの大半が湛水初期に生じていることと、水位が低いときも湛水初期にしかなく、この時期のデーターは数も少ないため、水位による撓みに対する関数形が妥当なものでないときは、データーの多い部分での δ_h-h 曲線の勾配を実際のものに近いように統計的に解が求められるために、水位による撓みの値に信頼性がなくなり、また経年変化による撓みの値に信頼性がなくなって来るものと思われる。
 - (IV) 前項に述べたように経年変化による撓みの値は信頼性はないが、天端、中間標高とも湛水初期に下流向の撓みが生じ、湛水後1年後からほとんど変化がなくなっていること、および当研究室で行なった他のダム(綾北ダム、室牧ダム、二瀬ダム)でもいづれも同様の現象を示めていることから、実際に下流向のクリープが生じていて、1年後よりほとんど変化していなくなっていると考えてさしつかえないと考えられる。またこのことから、経年変化による撓みが増えなくなればダムは安定した状態になったとみなし得る。
 - (V) 残差は各解とも極めてよく一致している。これは残差が解析上の問題から出たものでなく、撓み測定か温度測定での誤差によるものと考えられる。
- との結論に達した。

3.3 計算値との比較

現在ブーチダムの荷重分割法に対する電子計算機のプログラムが完成し、設計計算の比較に用いられているので、各水位および鳴子ダムで実測された温度変化に対し荷重分割法完全調整計算を行ない、実測値との比較を行なった。

ダムの温度変化については次のような方法で加味した。各標高の平均温度および温度勾配の変化は前述したように週期的な正弦曲線に近い変動をしている(図-3参照)。この正弦曲線の振幅と位相の遅れは表-1に示めす通りである。さて或る標高の平均温度、温度勾配が

表 - 1

標 高	178.3m	194.3m	210.3m	226.3m	242.3m
平均温度の振幅 (A_1)	3.4℃	1.6℃	2.4℃	3.4℃	9℃
温度勾配の振幅 (B_1)	0.34℃/m	0.4℃/m	0.24℃/m	0.9℃/m	0.9℃/m
平均温度の位相差 (λ_1)	230日	165日	166日	175日	166日
温度勾配の位相差 (μ_1)	237日	153日	144日	154日	101日
$A_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \lambda_1$	-2.481	-1.528	-2.304	-0.438	-8.640
$B_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \mu_1$	-0.201	-0.350	-0.189	-0.794	-0.150
$A_1 \sin \frac{2\pi}{\omega}$	-2.325	0.475	0.672	3.372	2.521
$B_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} \mu_1$	0.275	0.195	0.148	0.424	-0.887

$$t_1 = A_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - \lambda_1)$$

$$\alpha_1 = B_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - \mu_1)$$

なる形で表わされたとする。すると

$$t_1 = (A_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \lambda_1) \sin \frac{2\pi}{\omega} \theta - (A_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} \lambda_1) \cos \frac{2\pi}{\omega} \theta$$

$$a_1 = (B_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \mu_1) \sin \frac{2\pi}{\omega} \theta - (B_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} \mu_1) \cos \frac{2\pi}{\omega} \theta$$

と変形されるから、 $A_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \lambda_1$ 、 $B_1 \cos \frac{2\pi}{\omega} \mu_1$ を夫々平均温度、温度

勾配としたとき、計算により求めた撓みを δ_s 、 $-A_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} \lambda_1$ 、 $-B_1 \sin \frac{2\pi}{\omega} \mu_1$ を夫々平均温度、温度勾配としたとき計算により求めた撓みを δ_c とすれば温度変化による撓みは

$$\delta_T = \delta_s \sin \frac{2\pi}{\omega} \theta + \delta_c \cos \frac{2\pi}{\omega} \theta$$

なる形で変動すると考えることができる。このような考え方で δ_s 、 δ_c を完全調整計算により求めると、天端では

$$\delta_{s, 260} = -6.4 \text{ mm} \quad \delta_{c, 260} = -5.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{s, 215} = -0.9 \text{ mm} \quad \delta_{c, 215} = -1.0 \text{ mm}$$

$$\delta_{T, 260} = -8.5 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - 141) \dots \dots \dots (8)$$

$$\delta_{T, 215} = -1.35 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - 134) \dots \dots \dots (9)$$

一方実測値では温度変化による撓みは

$$\delta_{T, 260} = -11.0 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - 155) - 7.5 \dots \dots \dots (10)$$

$$\delta_{T, 215} = -2.5 \sin \frac{2\pi}{\omega} (\theta - 165) - 2.5 \dots \dots \dots (11)$$

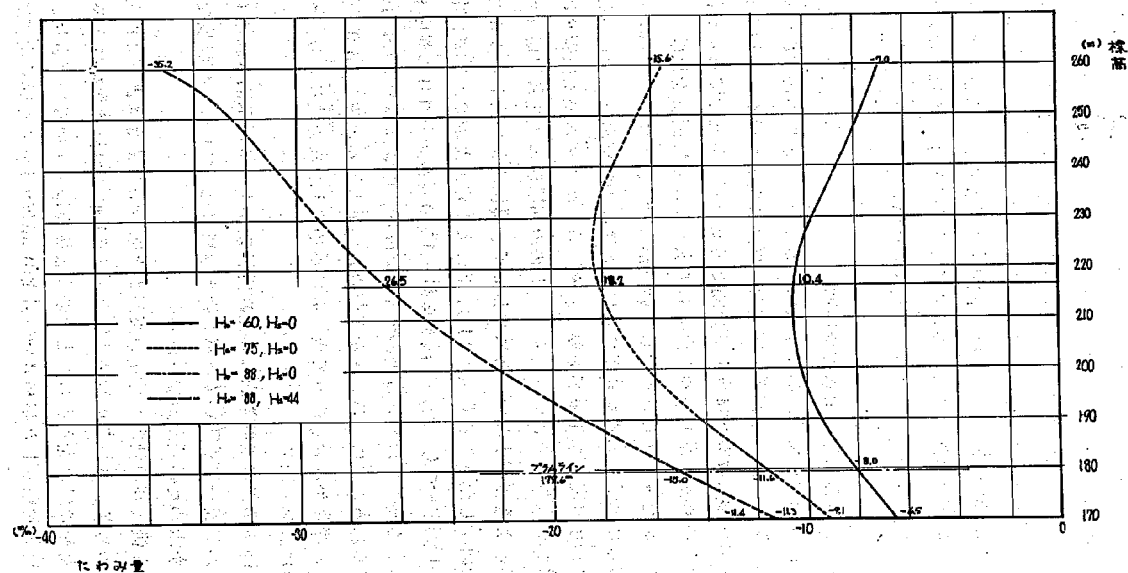
となっている。

(8)式と(10)式、(9)式と(11)式を比較すると、位相の遅れは比較的よく一致しているが、振巾は天端の撓みで約30%、中間標高で約85% 実測値が多くなっている。

次に水位による撓みについて比較してみよう。各水位(水位が $EL 258 \text{ m}$ 、 $EL 45 \text{ m}$ 、 $EL 230 \text{ m}$) のときの完全調整の計算により求めた撓み曲線を示せば図-10の如くである。

これから天端の撓み($EL 260 \text{ m}$ の撓みと $EL 178.3 \text{ m}$ の撓みの差)お

図-10 鴨子ダム標高にわみ曲線



よび標高 215 m の撓み (EL 215 m と EL 178.3 m の撓みの差) と水位との関係を図に示めせば図-6 および図-9 の如くである。

図-6 および図-9 を観察するに計算値は h^2 , h^3 , h^4 のいずれを仮定した場合の実測値とも値が異なっており、更にデーターの多かった EL 238 m より EL 254 m の間での水位変動による撓みの変化する割合も実測値とは異なっている。このことから鳴子ダムは水位変動に対しては計算値とかなり異なった挙動をしていると云い得る。

4. 撓みの測定による安全管理

前節において統計的な手法による鳴子ダムの撓みの解析結果について述べ、(2)~(4)式および(5)~(7)式なる挙動方程式を得た。これらの式は標高 238 m から標高 254 m までの間で精度を有するものであるが、これらの式に水位および温度条件を代入して求めた値と実測値を比較することにより、ダムが過去と同じ動きをしているか否かを判断することができる。しかし実際には(2), (5)式を計算するには各標高の平均温度、温度勾配を求めるなどかなり複雑な手続が必要で、ダム管理所でダムの安全管理に用いるには不向である。そこでコンクリートの内部温度の変化は周期性をもっていて、年による差が少ないことに着目して、温度変化による撓みと月日との対応を図示したところ(図-11)、年による差は天端で ± 2 mm、中間標高で ± 1 mm 以下であった。これから図-11 の曲線から月日に対応した温度変化による撓みを求めれば天端で ± 2 mm 以下、中間標高で ± 1 mm 以下の精度で得られることになる。また経年変化による撓みは昭和 33 年 4 月以降はほとんど変化がない。従って表-2 に示めすような方法により(2)~(7)式は近似的に計算し得る。

(2)~(7)式の統計学的にみた許容誤差は表-3 に示めされる通りである。しかし表-2 を用いて計算したときには図-11 により温度変化による撓みを求めた誤差が追加される。

今後撓みの測定を行ない実測値と(2)~(7)式または表-2 により求めた値との差が、表-3 に示めす値と図-11 により温度変化による撓みを求めたための誤差を考慮した上での許容値をこえていないときは、ダムはこの解析の対象とした昭和 32 年 4 月より 38 年 9 月までと同じ状態にあると云い

図-11(a) 鳥子タムの温度に依るたわみ図 (天端標高)

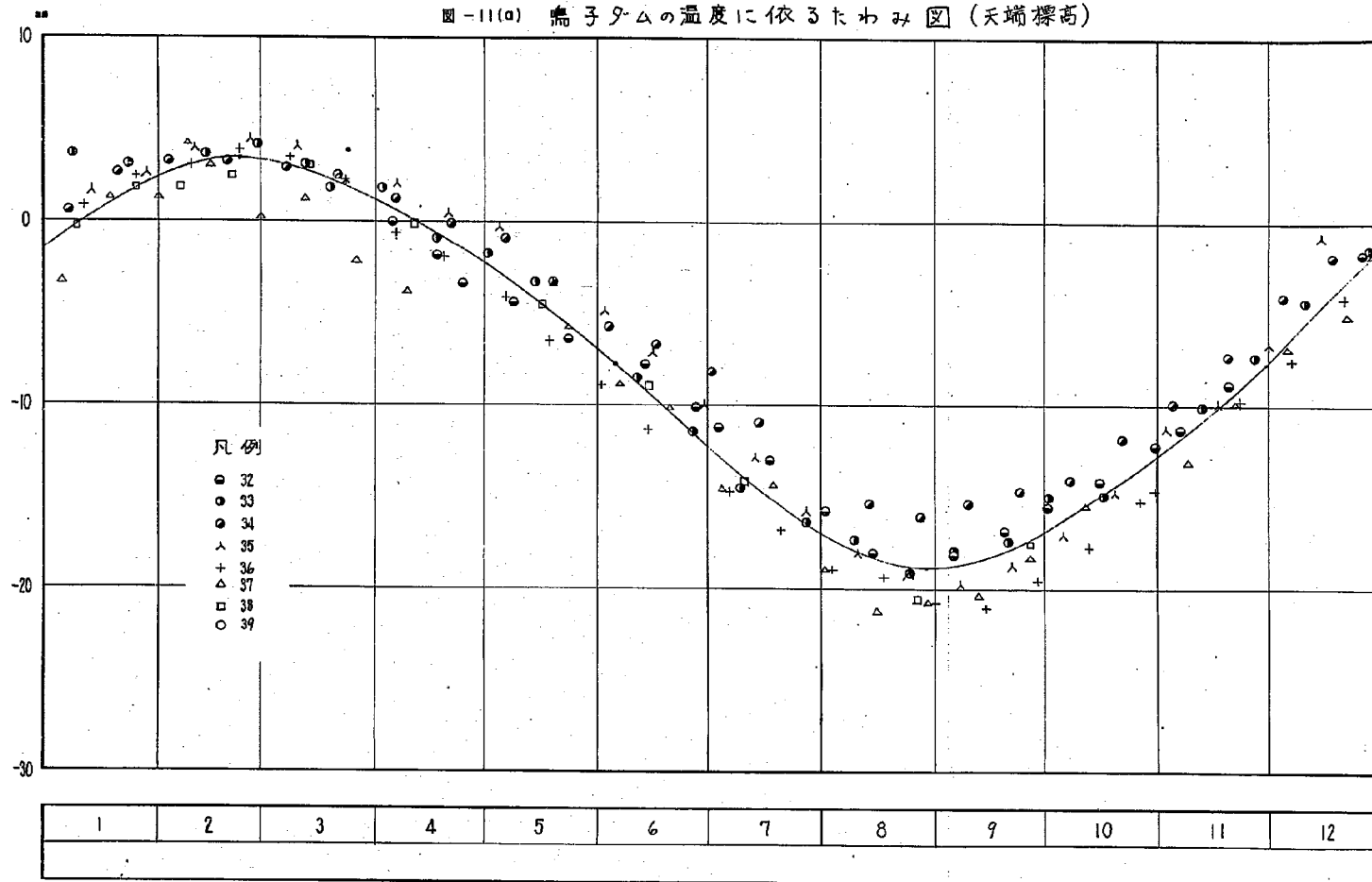


図-11(b) 鳴子タムの温度に依るたわみ 図(中間標高)

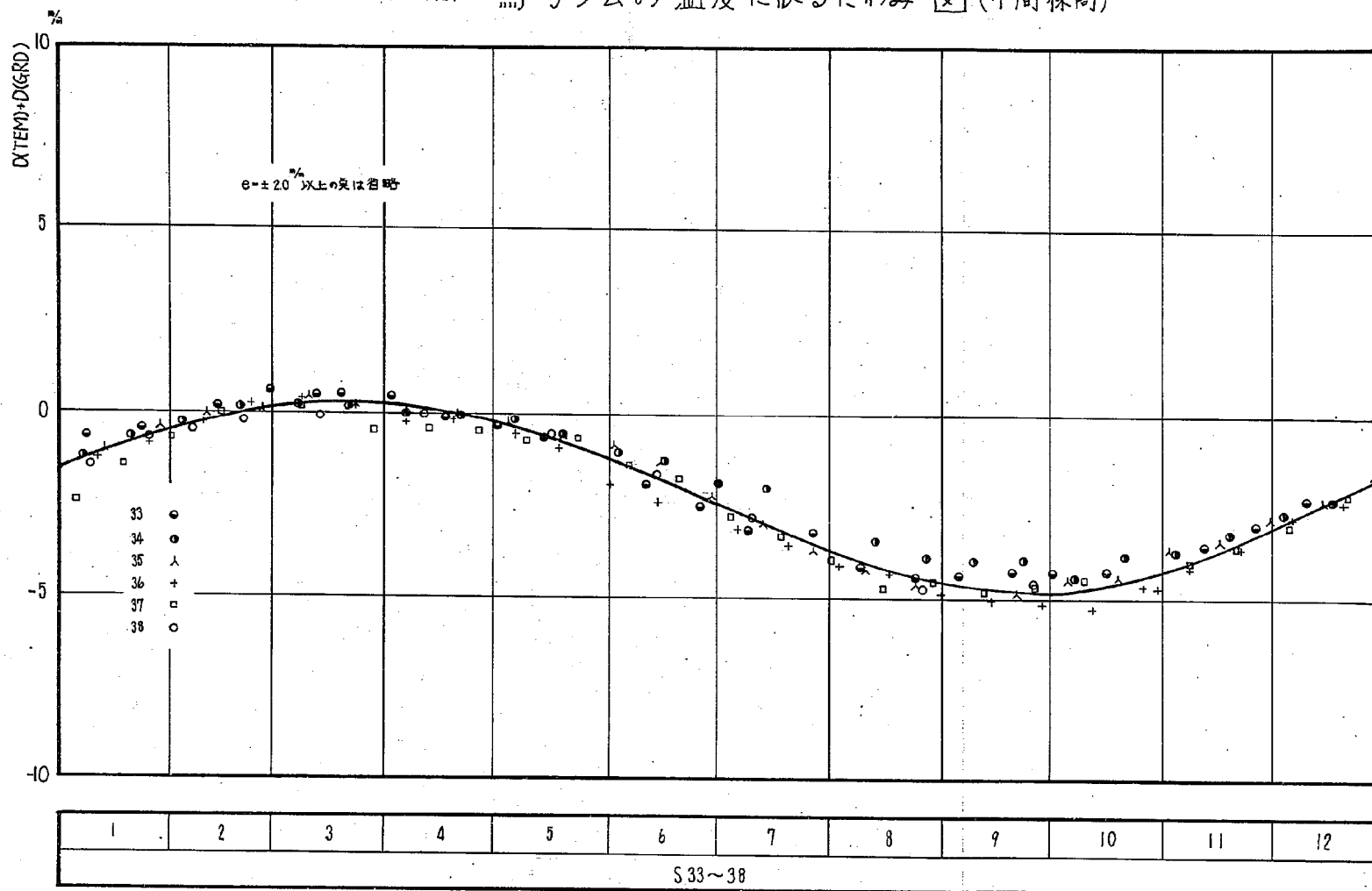


表 - 2 撓みの計算

撓 式 み		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		常 数	温度変化による撓み	水位による撓み	経年変化による撓み	全 撓 み
		c	$\sum a_i t_i + \sum b_i \alpha_i$	f (b)	$\sum k_i \log \frac{1+f}{1+g_i}$	(1)+(2)+(3)+(4)
天 端	(2)	-15.393	図-11 (a)	0.00464 (h-179.6) ³ 又は 図-6の実線	14.5	
	(3)	-25.3617	図-11 (a)	0.0005031 (h-179.6) ³ 又は図-6の点線	30.0	
	(4)	-25.567	図-11 (a)	0.000005821 (h-179.6) ³ 又は図-6の1点破線	33.0	
中 間 標 高	(5)	-8.818	図-11 (b)	0.0019 (h-179.6) ³ 又は 図-9の実線	14.3	
	(6)	-13.26	図-11 (b)	0.0001997 (h-179.6) ³ 又は図-9の点線	21.0	
	(7)	-14.22	図-11 (b)	0.00000224 (h-179.6) ³ 又は図-9の1点破線	23.5	

表 - 3 実測値と計算値の差の許容値

撓 式	測定回数	5	10	20	50
天 端	(2)	3.88	4.49	4.84	5.42
	(3)	3.45	4.00	4.31	4.83
	(4)	3.32	3.85	4.14	4.64
中 間 標 高	(5)	1.72	1.99	2.15	2.40
	(6)	1.80	2.08	2.25	2.52
	(7)	1.92	2.28	2.40	2.69

得る。

(i) 実測値と計算値との差が異常に大きいとき

(ii) 実測値と計算値との差が一定の方向に値を持ち出したときは土木研究所に相談されたい。

5. 今後の測定に対する勧告

鳴子ダムは湛水を開始して以来、既に9年を経過し、また今回の解析結果からも極めて安定した状態にあると云い得る。

従って今後は測定も箇所、回数共かなり減してさしつかえないと考えられる。昭和37年度以来行なってきた解析を終るに当たって、今後測定すべきものについて簡単にふれよう。

5.1 漏水量、揚圧力の測定

漏水量、揚圧力の測定はダムの安全管理の上で最も重要なものの一つであるから、今後とも月に2回程度の測定は継続したいと考えられる。

漏水量の測定結果の整理方法としては、個々の漏水量を記録する必要はなく、右岸、左岸および河床監査廊の三つに分けて、その各々の合計量と、各々の部分で最も多いと考えられる排水孔の記録を縦軸に漏水量、横軸に年月日にとったグラフを作成するとよい。なお、このグラフには水位も併記されたい。

揚圧力の測定結果の整理方法としては漏水量の場合と同様に三つの部分に分け、各々の部分で最も値の大きい孔と、代表的なもの二三ケについてグラフを作成するとよいと考えられる。このグラフにも水位の変動を併記されたい。なお3ヶ月に1回程度はグラフを作らない孔について測定し、異常な変化があるときはその後週1回またはそれ以上の頻度で測定し、グラフを作成されたい。従って月に2回測定する孔と、3ヶ月に一回測定する孔とで記録紙を分けると便利かと思われる。

5.2 擁みの測定

前述したように巨視的に見たダムの安全管理を行なう上では擁みの測定は最も適当なものである。このため本報告書でも擁みの解析について述べて来た。

鳴子ダムは擁み測定はブラムラインと三角測量により行ない得るように

3

Q

5.3 温度の測定

鳴子ダムは現在極めて安定した状態にあると考えられる。従って今後のコンクリートの内部温度の測定は不必要であると考えられる。しかし撓みの測定値と表-2の計算値によるダムの安全管理を行なう場合に、(2)~(7)式が昭和38年9月までの資料にもとづくものであるため、ダムに異常がないにも拘わらず、実測値と計算値の間に或る程度の相違が生じ、(2)~(7)式を修正する必要が生ずることが考えられる。この場合にはコンクリートの内部温度が、撓みに大きな影響を与えることから考えて、内部温度の資料が必要になって来る。

このため7 BlockのEL 178.3m、EL 194.3m、EL 210.3m、EL 210.3m、EL 226.3m、EL 242.3mに埋設されている温度計については今後とも撓みの測定が行なわれた日に必ず測定されたい。

5.4 歪、継目の開閉の測定

前述したように、歪および継目の開閉はダムの個々の部分の現象を示めている。従ってダムの構造作用の解明の面から云えば極めて有意義な資料を提供するが、ダム管理の面からみれば、距視的な安全管理を行なうには適当なものに云い得ない。しかし撓みの測定により得られるものはダムの総合現象であって、個々の部分の現象ではない。従って撓みの測定で異常が捕えられたり、クラックが発生したりしたとき等に、撓みの測定からその原因と対策を結論づけることは不可能である。このときは継目の開閉と歪の測定値とからその原因と対策を調査し、検討する必要がある。

鳴子ダムは湛水後9年を経過し、現在まで各計器の測定が行なわれて来たことを考えるならば構造作用解明の資料は充分とられたと考えてさしつかえない。従って今後測定すべきものは万一ダムに異常が生じたときに原因と対策を検討するためのものでさしつかえないと考えられる。

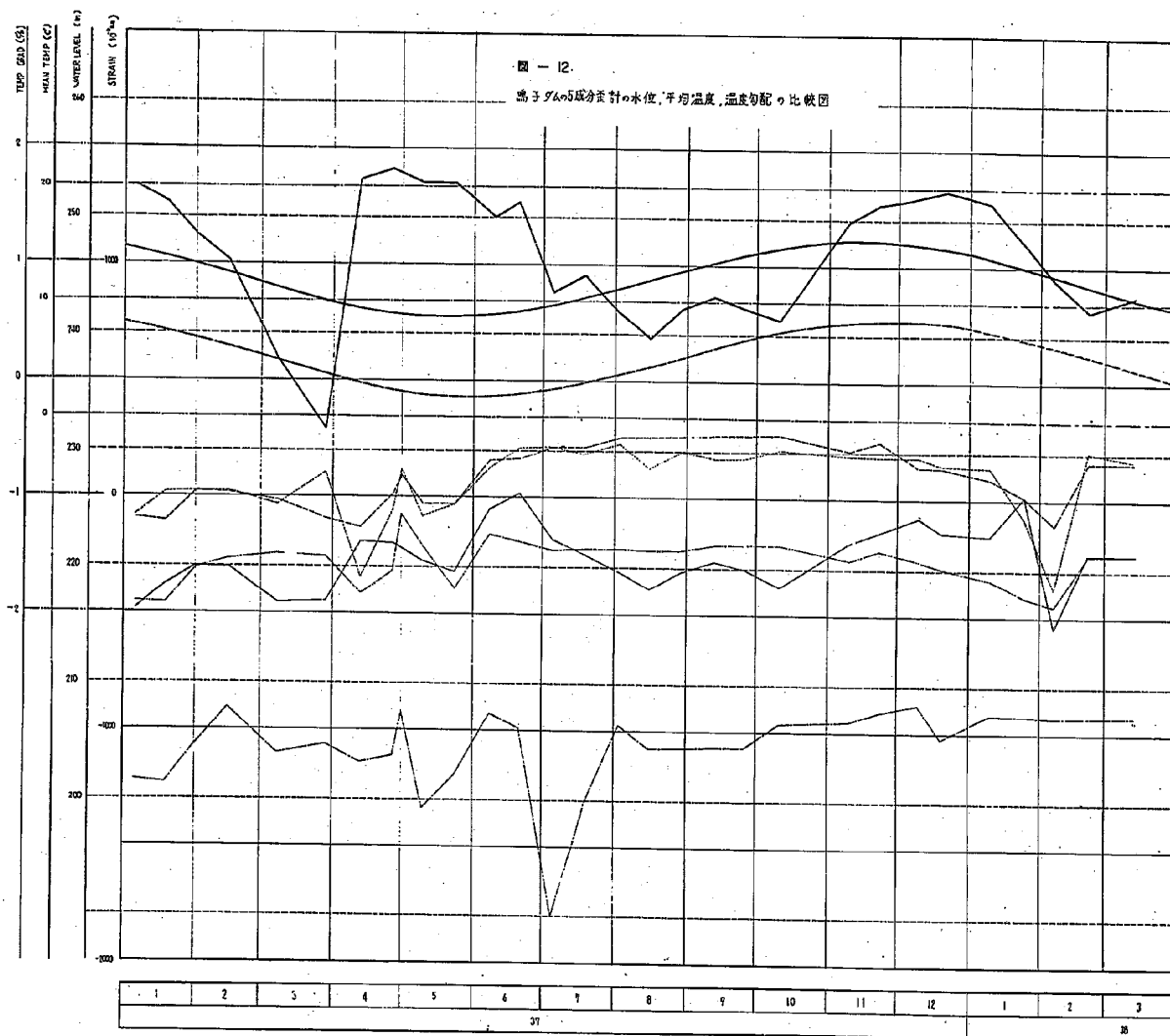
このような目的のために測定すべきものとしてはEL 178.3mの7BL、EL 210.3mの3BL、7BL、11BL、EL 242.3mの1BL、7BL、13BLの上下流面近くに埋設された歪計グループのみで充分であると考えられる。これらの歪計の測定は月に1回とし、これらの測定結果は図-12の形のグラフに整理されたい。なおこれらのグラフには図-12に示め

すように、水位と図-3に示めすその標高での平均温度と温度勾配の曲線も併記するとよい。

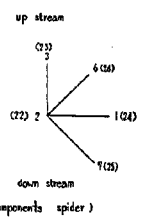
最後に今後測定すべきものと測定間隔を表に示めせば表-5の如くである。

表-5 今後測定すべきものの一覧表

測定の種類	測定箇所	箇 数	測定間隔	整理方法	備 考
漏水量	右岸の全漏水量		月に2回	水位を併記したグラフ	
	左岸の全漏水量		"	"	
	河床監査席の全漏水量		"	"	
	右岸で最大の漏水	1	"	"	
	左岸で最大の漏水	1	"	"	
	河床監査席で最大の漏水	1	"	"	
揚圧力	右岸で最大の揚圧力	1	月に2回	水位を併記したグラフ	最大とはその孔の水深との比が最大のもの
	左岸で最大の揚圧力	1	"	"	
	河床監査席で最大の揚圧力	1	"	"	
	右岸で代表的な揚圧力	2~3	"	"	
	左岸で代表的な揚圧力	2~3	"	"	
	河床監査席で代表的な揚圧力	2~3	"	"	
地盤	天 端	1	月に2回	表-4	
	中 間 標 高	1	"	"	
温 度	7B1のEL178.3m	温度计2 温度計2	地盤測定 と同じ日	データシートのみ	T23, T24 S24, S29
	7B1のEL194.3m	温度计3 温度計3	"	"	T26, T27, T28 S35, S40, S43
	7B1のEL210.3m	温度计4 温度計1	"	"	T73, S148 S136, S141, S144
	7B1のEL226.3m	温度计2 温度計1	"	"	T77, T78 S152, S157
	7B1のEL242.3m	温度计2 温度計2	"	"	T83, T82 S162, S167
灌 漑	7B1のEL178.3mの上流側	5	月1回	図-12	S22~S26
	7B1のEL178.3mの下流側	5	"	"	S27~S31
	3B1のEL210.3mの上流側	5	"	"	S74~S78
	3B1のEL210.3mの下流側	5	"	"	S84~S88
	7B1のEL210.3mの上流側	5	"	"	S134~S138
	7B1のEL210.3mの下流側	5	"	"	S146~S150
	11B1のEL210.3mの上流側	5	"	"	S186~S190
	11B1のEL210.3mの下流側	5	"	"	S196~S200
	1B1のEL242.3mの上流側	5	"	"	S103~S107
	1B1のEL242.3mの下流側	5	"	"	S108~S112
	7B1のEL242.3mの上流側	5	"	"	S161~S165
	7B1のEL242.3mの下流側	5	"	"	S166~S170
	13B1のEL242.3mの上流側	5	"	"	S221~S225
	13B1のEL242.3mの下流側	5	"	"	S221~S230



EL. 178.30 78 E 22-26
up stream from 3"



introductory remarks

2 E (22)

3 E (23)

1 E (24)

7 E (25)

6 E (26)

WATER LEVEL

MEAN TEMPERATURE

TEMPERATURE GRADIENT