

堰堤基本三角形断面内の応力状態に 関する光弾性学的研究

正 員 丹 羽 義 次*

PHOTO-ELASTIC STUDIES OF THE STATES OF INTERNAL STRESSES IN FUNDAMENTAL TRIANGULAR DAM SECTIONS

(JSCE March 1954)

Yoshiji Niwa, C.E. Member

Synopsis In order to rationalize the design and the construction of high dams, the distributions of internal stresses appearing in the dam bodies due to various external forces must, first of all, be clearly understood. For this reason the states of the distributions of internal stresses in dams in the cases where a fundamental triangular dam sections are subjected to gravity, earthquake acceleration, hydrostatical full water pressure, surplus water pressure, sedimentary, ice and wave pressure, were studied by the method of photo-elasticity. Furthermore, as an example, the result of the numerical calculation for the Sagami Dam receiving hydrostatic pressure and gravity was compared with the result of the photo-elastic experiment, and then the directions of principal stress, values and distributions of stresses in dam bodies were made clear.

要旨 高堰堤を合理的に設計、施工するためには、まず種々の外力によつて惹起せられる堤内応力を適確に把握する必要がある。それゆゑ著者は重力、地震加速度、満水静水圧、堆砂圧、氷圧及び波圧等をうける堰堤の基本三角形断面内の応力分布状態に関する光弾性学的研究を行い、さらに重力及び満水静水圧をうける相模堰堤に関する弾性学的理論計算結果と実験結果の比較を行つた。その結果堰堤内の主応力の方向、応力の大きさ及び分布状態をかなり明らかにすることができた。

1. 緒言

高堰堤を合理的に設計するためには、まず堤内応力を適確に把握する必要がある。それゆゑ、著者はすでに種々の外力をうける三角形断面の堤内応力分布について若干の理論的考察を行つた¹⁾。この場合堤体上部の応力状態は基礎の影響をうけないので、半無限長の三角形断面内の応力状態に等しく、したがつて理論計算は比較的簡単であるが、堤体下部の堤高の大体1/3の部分では、基礎の弾性変形の影響が有力に作用して複雑な応力状態となり、その理論計算はいちじるしく煩雑となる。しかもこの部分の応力状態が堰堤の安全を支配するのであるから、特に正確な把握が必要となる。また堤体上部の応力でも、作用外荷重が集中しないしは不連続荷重である場合にはその計算ははなはだ困難である。それゆゑ三角形断面内の応力分布の性状を

広範囲の境界条件中に対して明確にするには、実験的な手段によるほかはないが、この応力状態を2次的に取扱う場合には光弾性学的考察がきわめて好都合である。こうした見地から著者は従来の光弾性実験によつて、種々の“外荷重”によつて惹起せられる堤内応力を明らかにし、さらに重力及び地震力等の“物体力”による堤内応力を新しく著者の試作した遠心力光弾性装置²⁾によつて求めた。すなわちまず2.においては三角形、等分布、不連続三角形、集中等の荷重による堤内応力分布を求めることとし、最初に鉛直面とこれと45°の角をなす傾斜面をもつ標準の直角三角形断面内の応力を求め、つぎにこの標準断面の上下流基礎の標高が相違する場合を取り扱い、さらに堤高に対する堤底巾の比を変化して、その断面形状の変化が堤内応力の分布に及ぼす影響を明らかにした。つぎに3.において上述の実験で採用した標準の三角形断面について、重力及び水平地震力が作用した場合の堤内応力を求め、さらに堤高に対する堤底巾の比を変化して同様の実験を行つた。このようにして堰堤の合理的設計に必要な堤内応力の性状をかなり明らかにすることができた。

2. 水圧及び堆砂圧等の外荷重による応力分布

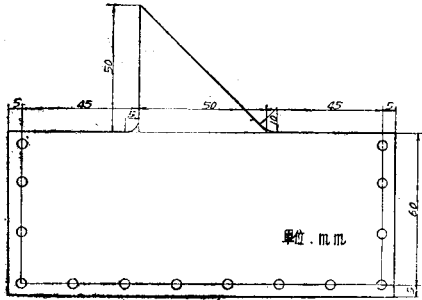
(1) 標準断面の堤体内の応力分布

(i) 三角形荷重の場合：堰堤の基本三角形断面に満水静水圧が作用する場合、その載荷面にはこれに垂直に水深に比例した三角形荷重が作用する。この荷重による堤内応力を求めるために実験に供した試験模型

* 京都大学助教授，工学研究所

は、図-1 に示すように鉛直面とこれと 45° の角をなす傾斜面で境せられた三角形断面であり、踵（鉛直面堤底）趾（傾斜面堤底）部のフィレットの大きさは曲率半径と堤高の比 r/h をそれぞれ 0.1, 0.2 とした。

図-1 模型寸法図



実験は試験模型の両側面及び底面をボルトで載荷枠に取り付け、手筈で機械的に載荷して行つた。写真-1 及び 図-2 はこの場合の等色写真（全荷重 $P=73.60 \text{ kg}$ ，光弾性常数 $K=13.50 \text{ kg/cm}$ ，主応力線図であり、図-3 は解析結果の堤内応力分布を示したも

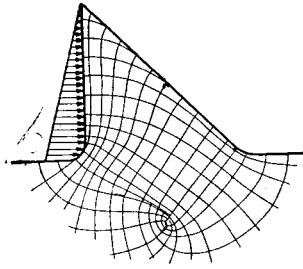
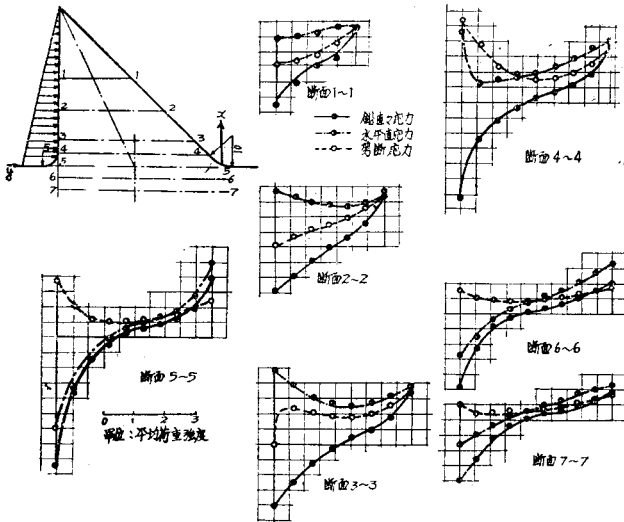


図-2 写真-1 $P=73.60 \text{ kg}$ ， $K=13.50 \text{ kg/cm}$ 図-3 堤内応力分布図



のである。この実験では三角形断面の堤体に三角形荷重を載荷することがはなはだ困難であり、十分正確な載荷を行うことができなかったのは遺憾であるが、以下に堤体各断面の応力分布状態について簡単に考察しよう。

この場合応力解析はすべて図-3 に示す座標を規準にしている。まず断面 1 及び 2 では従来の半無限三角形断面としての計算結果とはほぼ等しい直線分布を示しているが、断面 3 から断面 5 に向うにしたがつて鉛直直応力は上下流面で集中する傾向を示し、応力 0 の点は断面の中心より上流側に移動する。水平直応力はもつともいちじるしい変化を示し、断面 4 と堤体及び基礎の接触線である断面 5 との間で急激に変化し、断面 5 ではかなり顕著な引張集中応力が惹起せられている。つぎに上流面附近における剪断応力は、フィレットの影響をうけて断面 3 と断面 4 の間で急激な変化をしている。特に断面 5 における鉛直及び水平の直応力が踵趾部でいちじるしい集中を示すことは、設計に際し留意すべき点である。断面 5 より基礎中の断面 6, 7 に入るにしたがつて応力の大きさは次第に小さくなり、その集中度も減少している。この実験結果から従来の半無限長の堤体を対象にした計算法の適用できる範囲は、およそ堤底より堤高の $1/3$ 以上の部分であつて、それより基礎に近い下部では計算結果といちじるしく異なつた応力分布を示す。特に堤体と基礎の接触線附近では応力集中がいちじるしく、最も危険な応力が惹起せられるので設計に際して留意しなければならない。なおこの部分では主応力の方向も変化するのであつて、この傾向は踵趾部でとくにいちじるしく、堤体の

滑動に対する安全度を高めるために岩盤を掘削する際充分考慮すべき点である。この見地から本実験的研究においては、この堤体と基礎の接触線に沿う応力分布状態について考慮することとした。

一般に重力式の堰堤では水圧をうける上流面は鉛直に近くなっているが、扶壁型式では上流面を傾斜させる方が構造的に有利である³⁾。それゆゑ扶壁堰堤を対象として傾斜面に満水静水圧三角形荷重を作用させて実験を行つた。図-4 はこの場合の堤底に沿う応力分布を求めたものである。さきに掲げた図-3 と比較して明らかなように、鉛直面に載荷した場合には鉛直水平両応力は踵趾部においていちじるしい集中を惹起し、底面の中心より踵部よりの点を境にそ

の符号を異にしている。剪断応力も踵趾部においてかなり集中しており、全体として応力の分布はいちじるしく変化している。これに反して傾斜面に載荷した場合には鉛直水平両応力は踵趾部において集中しているが、趾部においてはほとんどその傾向を示さず、しかも全体として応力分布の変化は比較的緩慢であり、底面の大部分が圧縮応力をうけることとなり、構造物材料の引張強度が低いものでは後者の場合の方が有利であるわけである。

(ii) 等分布荷重の場合：堰堤の基本三角形断面の堤頂上に水門をつけ、あるいは堤頂を道路に供するために断面を附加して水位を堤頂以上に上昇させる場合、これに作用する荷重は梯形荷重となるが、これは三角形荷重と等分布荷重よりなると考えられるから、つぎにそれぞれ鉛直面及び傾斜面に等分布荷重を作用させて実験を行った。その結果応力の分布状態は (i) の場合と非常によく類似しているが、踵趾部における応力集中度がかなり大きくなるのが明らかになった。

(iii) 不連続三角形荷重の場合：貯水池が満水でない場合の静水圧や貯水池に堆積する堆砂の堤体に及ぼす圧力（一般に泥水圧として取り扱われている）は、上流面上のある点から下方に向つて作用する不連続三角形荷重と考えられる。こうした場合の一例として、堤底より堤高の 1/2 の点までに三角形荷重が作用するものとして堤底応力分布を求めたのであるが、その分布状態は (i) の場合とほとんど同じであつて、応力値を小さくした分布を示すことが明らかになった。

(iv) 集中荷重の場合：貯水静水圧や堆砂圧のように三角形や等分布で表わされる外荷重が堤体に作用する場合は、上述のように実験的にもかなりの精度で比較的容易に堤内応力分布を求めることができるが、地震時動水圧や水圧のように直線分布でない外荷重が作用する場合は、実験を行うこともはなはだ困難である。それゆゑ任意の分布の外荷重によつて惹起せられる堤内応力を求めるためには、境界面の各点に作用する集中荷重による応力を求め、これを適当に積分することにならなければならない。このために鉛直面及び傾斜面上のそれぞれ 5 及び 7 等分点に集中荷重を載荷して堤底に沿う応力分布を求めた。紙数の関係で実験結果の一例を示せば、写真-2、図-5 及び 6 は鉛直面

図-4 堤底応力分布図

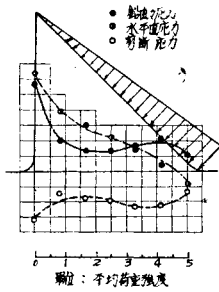


写真-2 $P=27.75 \text{ kg}$, $K=13.50 \text{ kg/cm}$

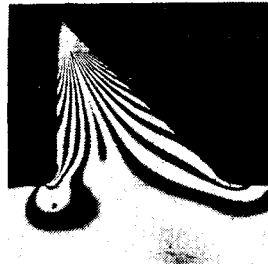


図-5

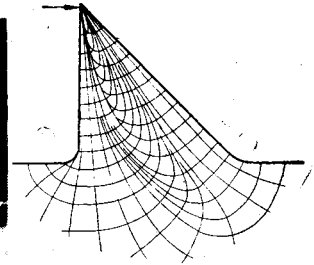
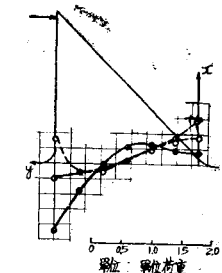


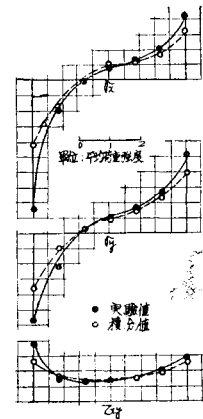
図-6 堤底応力分布図



堤頂に集中荷重を載荷した場合の等色線写真 ($P=27.75 \text{ kg}$, $K=13.50 \text{ kg/cm}$)、主応力線図、応力分布図である。これらの集中荷重による各応力値を積分する方法によつて、鉛直面に三角形荷重が作用する場合の堤底に沿う応力分布を計算的に求め、さきに求めた実験値 (図-3 参照) と比較すれば図-7 のようである。すなわち実験値 (実線) と計算値 (点線) とはかなりよく一致している。ただ踵趾部では両者は若干その値を異にしているのであつて、上述の積分法では応力集中の状態を正確に表わしにくいことがわかる。しかし任意分布の外荷重による堤内応力のおよその値は、このようにして求めることができるようである。

さきに求めた実験値 (図-3 参照) と比較すれば図-7 のようである。すなわち実験値 (実線) と計算値 (点線) とはかなりよく一致している。

図-7 実験値と積分値の比較

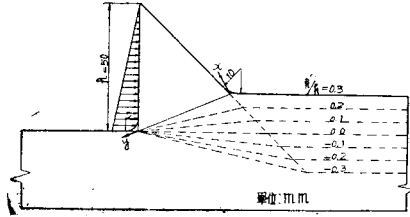


以上の実験的研究によつて、分布状態の異なつた種々の外荷重による 1 つの三角形堤体断面内の応力の大きさ及び分布状態が明らかとなつたから、つぎに断面の形によつて、1 つの外荷重による堤内応力分布がいかに変化するかを実験的に考察しよう。

(2) 堰堤の上下流基礎の標高が相違する場合の標準断面の堤体内の応力分布 (1) においては堰堤の上下流基礎の標高が等しい場合を取り扱つたのであるが、しばしばこれが相違する場合の堤内応力を求める必要が生ずる。例えば現在建設省によつて施工中の五十里

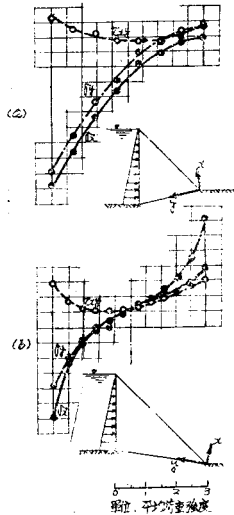
堰堤の非溢流部の標準断面では、踵趾部を結ぶ基礎勾配が 1:0.25 の上り勾配になっている。それゆえ標準直角三角形断面の上下流基礎の標高を種々相違させて実験を行い、堰堤の安全度を支配すると考えられる堤底の傾斜面に沿う応力分布について考察することとした。この実験に用いた堰堤模型は図-8 に示すとおり

図-8 模型寸法図



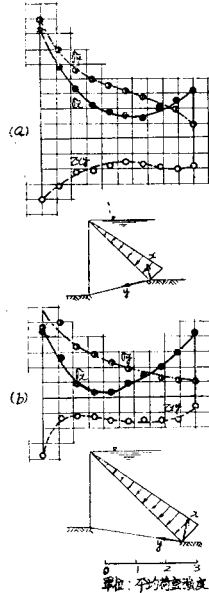
り、傾斜面側基礎地盤が鉛直面側より $h' = 15, 10, 5, 0 \text{ mm}$ 上昇または下降している場合 ($h'/h = \pm 0.3, \pm 0.2, \pm 0.1, 0$) について、それぞれ両境界面に三角形荷重を作用させて実験を行った。図-9 (a), (b) 及び図-10 (a), (b) は応力解析結果の一例 ($h'/h = 0.2, -0.2$) である。

図-9 堤底応力分布図



まず静水三角形荷重が鉛直面に作用し、傾斜面側基礎が鉛直面側に較べて堤高の 20% 上昇している場合には図-9(a) のようになり、堤底中央より鉛直面側にいちじるしく大きい直応力 σ_x, σ_y が惹起せられている。これらの応力はおよそ堤底中央で 0 となり、傾斜面側に向つて圧縮応力となつてはいるが、趾部に応力集中はみられない。剪断応力はほぼ一様に分布しているが鉛直面附近でやや大きくなつてはいる。これに対して傾斜面側基礎が下降して

図-10 堤底応力分布図



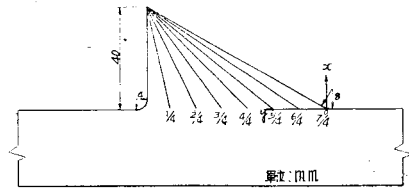
いる場合の堤底応力分布は (b) 図のようであつて、直応力 σ_x, σ_y の 0 点は上の場合に比しかなり鉛直面よりに移動し、引張応力の大きさ及びその分布領域はいちじるしく減少している。しかし趾部にはかなりの圧縮応力の集中が認められる。この場合の剪断応力は堤底鉛直面側 1/3 点附近で最小の値となり、それより両側に向つて増加している。 $h'/h = 0$ の場合はすでに (1) で述べたとおりであつて、その応力分布状態はほぼ前二者の間にあるようである。

つぎに傾斜面に荷重が作用し、 $h'/h = 0.2$ の場合の応力分布は、基礎が水平な $h'/h = 0$ の場合とほぼ同じ応力分布を示している (図-4 参照)。傾斜面側基礎の降下している $h'/h = -0.2$ の場合はやや変化した応力分布を示し、圧縮応力 σ_x は堤底鉛直面側 1/3 点でいちじるしく小さくなり、そこより上下流に向うにしたがつてその値を次第に増し、踵趾部である程度の応力集中を惹起している。

以上の実験によつて堰堤の上下流側基礎の標高に相違がある場合の堤底に沿う応力分布が明らかになつたが、三角形荷重に関するかぎり傾斜面側基礎が低下している方が応力分布の見地から有利であることがわかつた。いずれにしても主応力の方向とともに設計に際して留意しなければならない点である。

(3) 堰堤の堤高に対する堤底巾の比を変化した場合の堤体の応力分布 一般に重力型式の堰堤では上流面 0~0.1, 下流面 0.75~0.83 の勾配が採用せられているが、著者は簡単のために直角三角形断面を標準にとつて、すでに堤内応力に関する実験的な考察を行つてきた。ここではさらに堤体の断面形状によつてその分布がどのように変化するかを明らかにするため、図-11 に示すように鉛直面をもつ直角三角形の傾斜面の

図-11 模型寸法図



傾き、すなわち堤高に対する堤底巾の比 b/h を 1/4~7/4 に変化して、両境界面に三角形荷重を作用させて堤底に沿う応力分布状態を実験的に求めた。応力解析結果の一例を掲げれば図-12 (a), (b) 及び図-13 (a), (b) ($b/h = 3/2, 1/2$) のようである。

まず鉛直面に三角形荷重が作用し、 $b/h = 3/2$ の場合、直応力 σ_x, σ_y は鉛直面側 1/3 点附近で 0 となり、それより鉛直面側に向うにしたがつていちじるしい引

張の応力集中を惹起し、それより傾斜面側では圧縮応力となつてその大きさは漸増し、特にいちじるしい集中応力は認められない。剪断応力はほぼ一様に分布しているが、鉛直面近くでやや増大している。これらの応力分布の状態から考察して踵部のフィレットをさらに大きくすべきことがわかる。つぎに $b/h=1/2$ の場合は梁としての性質を帯び、直応力 σ_x, σ_y はほぼ直線的に分布し、上の場合と異なつて両応力は堤底中点附近の0点附近で交叉している。この直応力の分布からみれば踵趾部に特に目立つた応力集中を惹起していない。これは本実験では常に同じ大きさのフィレットを採用している関係上、断面のわりにフィレットが大きくなつているためと考えられる。剪断応力は鉛直面側1/3点附近で最少となつている。なお標準断面についてはすでに考察したとおりである。

図-12 堤底応力分布図

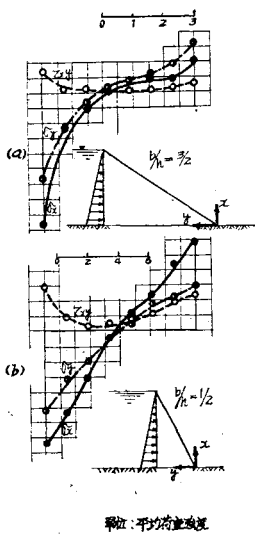
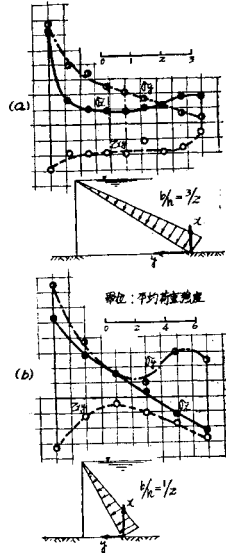


図-13 堤底応力分布図



つぎに傾斜面に三角形荷重を載荷した場合の堤底に沿う応力分布状態は図-13 (a), (b) のようであつて、 $b/h=3/2$ の場合はすでに (1) で述べた $b/h=1$ の場合と非常によく類似しているが、もちろん数値的にはこの場合の方が小さい。 $b/h=1/2$ の場合は上の場合とかなり異なつた分布を示し、鉛直直応力 σ_x はほぼ直線的に変化し、傾斜面側1/3点よりやや鉛直面よりの点で0となり、それより載荷面側で引張応力となつている。水平方向直応力 σ_y は踵部における非常に大きな値から急減しておよそ堤底中央点で最小の値となり、ここよりさらに漸増し趾部で再びその値を減じている。この場合の剪断応力は中央点より少し鉛直面よりの所で最小となり、両側に向つて次第に大きくなつている。

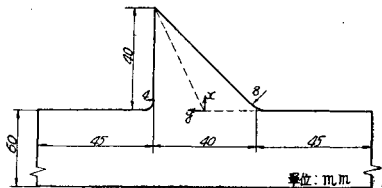
以上の実験的考察によつて b/h の変化が堤内応力分布に及ぼす影響が明らかになつたが、自重による堤内応力と加算して、引張応力の惹起せられない断面形を決定しなければならない。

3. 重力及び地震力等物体力による応力分布

前節においては貯水圧、堆砂圧等の種々の外荷重が堰堤の基本三角形断面に作用する場合の堤内の応力分布について詳細な光弾性実験を行い、堰堤設計の合理化に必要な注目すべき結果をえた。それゆえ本節ではさらに重力及び地震力等の物体力によつて堤内に惹起される応力の分布状態について考察しよう。

(i) 鉛直方向の物体力が作用する場合：堰堤の自重または上下方向の地震力が堤体に作用した場合の堤内応力を求めるため、図-14に示す模型について両側面

図-14 模型寸法図

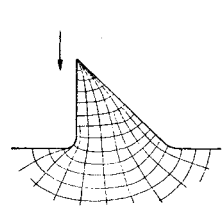


を自由端として遠心力光弾性実験を行つた。写真-3及び図-15は底巾40mmの場合の等色線写真及び主応力線図である。この主応力の方向は堤底より堤高の

写真-3 $f_c = 3.39 \text{ kg/cm}^2$
 $K = 11.92 \text{ kg/cm}$



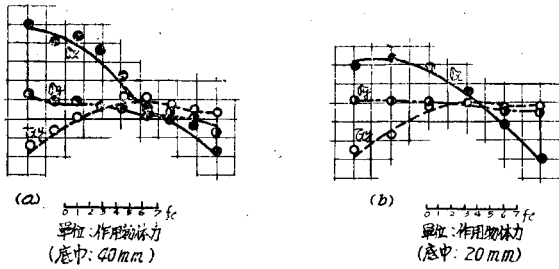
図-15



およそ1/3以上の部分では、すでに考察せられていた弾性学的な計算結果¹⁾とよく一致しているが、それより以上では最小主応力 σ_2 は水平より次第に凹形を呈し、踵部でかなりその方向を変化しているのであつて、堤体の安定計算にとくに注目しなければならない。

さてこれらの実験結果から堤底に沿う応力分布を求めれば、図-16 (a), (b) のようになる。すなわち鉛直直応力 σ_x はやや直線に近い凸曲線の分布を示し傾斜面より堤底の1/5点附近で0となり、それより趾部に向つて小さな引張応力となつている。水平直応力 σ_y は模型側面を自由端としているため数値的に小さく、

図-16 堤底応力分布図



踵部より趾部に向うに従つて漸減している。つぎに剪断応力 τ_{xy} は鉛直面より堤底巾の 1/4 点附近で 0 となり、それよりそれぞれ踵趾部に向つて符号を変じて増大しているが、およそ堤底中央で負の最大値をとり、それよりさらに趾部に向うと逆に漸減している。この堤底面に沿う剪断応力の総和はもちろん 0 に等しくなければならないが、図-16の分布図では明らかに負の剪断応力の和の方が正のそれより大きくなっている。このことは図に示されていないが踵部につけたフィレットが剪断力に対して有効に作用していることを実証するものである。

(ii) 水平方向の物体力が作用する場合：水平方向に作用する地震力によつて堤内に惹起せられる応力の分布を明らかにするため、上述の模型に水平方向の遠心力を作用させて実験を行つた。この場合の等色線及写真-4 $f_0 = 2.38 \text{ kg/cm}^2$
 $K = 11.92 \text{ kg/cm}$

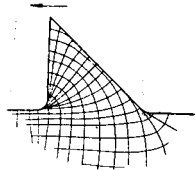
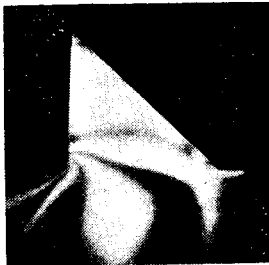
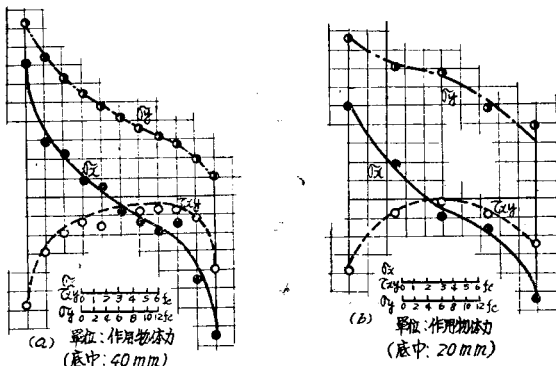


図-17

図-18 堤底応力分布図



び主応力線の一例を示せば、写真-4及び図-17のようであり、堤底に沿う応力分布は図-18(a),(b)のようになる。すなわち鉛直直応力 σ_x は堤底中央附近で 0 となり、それより踵趾部に向うにしたがつてその値を漸増している。水平直応力 σ_y は基礎に作用する物体力の影響をうけて、数値的に非常に大きいほぼ直線的な分布を示し、踵趾部においてわずかに集中している。つぎに剪断応力 τ_{xy} の分布は踵趾部においてかなり集中した凹曲線状の分布を示しており、フィレットの作用を顕著に表わしている。

以上に堤体に作用する物体力によつて惹起せられる堤内応力について、著者の行つた新しい実験の概略を述べたのであるが、2. に掲げた外荷重による堤内応力とあわせ、その応力性状をかなり把握することができた。

4. 自重及び水圧による堤底応力分布の理論値と実験値との比較

著者はさきに堰堤堤体と基礎の接触線に沿う応力分布を相模堰堤を対象にして理論的計算を行つた²⁾。この計算結果を検証するために、同堰堤の模型(堤高 40 mm, 縮尺 1/1 425)について光弾性実験を行つた。応力分布及び主応力方向の解析結果を掲げれば図-19, 20 のようになる。なお理論計算によつて求めた $E_F = E_D, \sigma_F = \sigma_D$ の場合の応力分布は (c) の曲線で表わされている。

図-19 理論値と実験値の比較

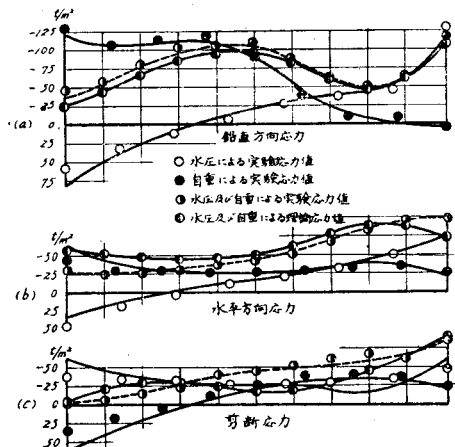
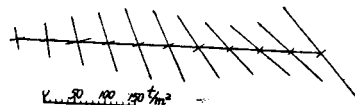


図-20 自重及び満水静水圧による堤底応力と主応力方向の実験値



まず鉛直直応力について計算値と実験値を比較すれば、両者は非常によく一致している。このことは若干の仮定に立脚した著者の理論的計算法によつて、堤底応力をかなり正確に算出することができるということ立証するものと考えられる。つぎに水平直応力についてはその分布状態に関するかぎり両者はよく一致しているが、数値的には実験値が小さくなつており、特に堤底中央より上流側に大きな差異が認められる。これは自重による応力を求める遠心力光弾性実験において、模型の両端を自由端とし、水平方向の変形を全く自由に許したためと考えられる。計算においては基礎を半無限弾性体と考えているので、模型の両端にある程度の拘束を与えなければならぬわけである。このように考えれば両者の数値的な差異は充分理解することができる。つぎに剪断応力の分布状態もおよそ類似しているが、数値的に堤底中央附近で若干相違している。この両者の差異の一部は上に述べた模型の両端における境界条件の差に基づくものであり、一部は堤体の踵趾部につけたフィレットの影響によるものと考えられる。なお図-19の実験値を結ぶ曲線は、上述の理由と遠心力光弾性写真における境界面附近の集中応力による等色線縞の不鮮明を考慮して結んでいるので、解析値と若干相違している。

5. 結 語

以上に堰堤の基本三角形断面の堤体に作用する各種の外力によつて惹起せられる堤内応力について、著者の行つた光弾性学的実験結果を述べ、相模堰堤について弾性理論に立脚した理論計算結果と比較したのであるが、これによつて堤内の主応力方向、応力の大きさ、分布状態がかなり明らかになつた。これらの結果は高堰堤の合理的設計に資するところが少なくないと思ふ。

本研究は文部省科学研究費の援助をうけて行つたものであり、ここに関係方面並びに御指導を賜つた京大教授石原、小西両博士に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 1. 石原藤次郎・丹羽義次：土木学会論文集，p.136，昭 24—3
2. 丹羽義次：建設工学，2巻，1号，p.43，昭24—3
3. 丹羽義次：土木学会論文集，p.42，昭 26—8
4. 丹羽義次：土木学会誌，37巻，7号，p.293，昭 27—7
- 2) 5. 丹羽義次：土木学会誌，投稿中
- 3) 6. 丹羽義次：京大工研彙報，2輯，p.24，昭 27—9
- 4) 7. 石原藤次郎・小西一郎：土木学会誌，22巻，3号，p.267，昭 11—3
- 5) 8. 前掲 1. (昭.28.10.12)

土木学会刊行物案内

◎御申込は必ず代金を添えて下さい。振替用紙は本号に挿入してあります◎

コンクリート標準示方書(昭和26年度)	B 6判 266頁	実費 180円 (送料 30円)
コンクリート標準示方書解説	B 5判 167頁	300円 " 会員特価240円 (" 30円)
水 理 公 式 集	A 5判 167頁	" 200円 (" 20円)
最 新 土 質 工 学	B 5判 138頁	" 150円 (" 30円)
土 木 製 図 基 準 (I)	B 5判 46頁	" 200円 (" 20円)
第6回年次学術講演会講演概要	B 5判 100頁	150円 " 会員特価100円 (" 20円)
第7回	B 5判 120頁	" 200円 " 会員特価120円 (" 20円)
第8回	B 5判 103頁	" 150円 (" 20円)
第9回	B 5判 115頁	" 150円 (送料共)
昭和26年 夏季講習会 パンフレット	B 5判 66頁	150円 " 会員特価120円 (")
I コンクリートとダム	B 5判 92頁	200円 " 会員特価150円 (")
II 橋 梁	B 5判 170頁	" 300円 (送料30円)
昭和27年 夏季講習会 パンフレット	B 5判 190頁	" 300円 (" 30円)
建設機械化	A 5判 472頁	" 200円 " 会員特価100円 (" 45円)
昭和28年 夏季講習会 パンフレット		
プレストレスト コンクリートと構造力学		
昭和28年度土木学会名簿		