



土木研究所資料

第 827 号

大石ダム堤体と基礎の安定解析報告書

昭和 48 年 3 月

建設省土木研究所
ダム構造研究室

大石ダム堤体と基礎の安定解析報告書

まえがき

本報告書は、北陸地方建設局の委託により土木研究所で実施した大石ダムの堤体と基礎の安定性に関する解析について報告するものである。

昭和48年3月

建設省土木研究所

ダム構造研究室長 柴田 功

〃 研究員 斉藤 孝三

内 容 要 旨

大石ダムは、現河床沿いに、幅10～15mの断層があり、堤体最大断面の9～11ブロックと斜交している。堤体最大断面を堤軸方向に単位幅にとると、上下流方向に堤幅の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{2}{3}$ の割合で断層が占めており、その位置と幅がダムの安定性に及ぼす影響を有限要素法による計算で調べた。その結果に基づき大石ダムの基本断面と、基礎処理法について検討した。

- (1) Middle third の条件を満足した基本三角形断面は、堤幅 $\frac{1}{2}$ 以上の弱層が堤敷内にあるとき、岩のせん断強度を堅岩 $\tau_0 = 250 \frac{t}{m^2}$ 、弱層 $\tau_0 = 100 \frac{t}{m^2}$ とすると、滑動安全率が $N < 4.0$ となる。
- (2) 上流側にフィレットを付けた最終基本形状では、堤体下流端付近に堤幅の $\frac{1}{2}$ 以上の弱層がある場合、堤体上流端付近に大きな水平引張応力が発生すると共に、下流端付近に応力集中による局部的な点安全率の低下 ($n < 2.0$) が生じる。
- (3) 下流端付近の弱層に入れるプラグの深さは大きい程、堤体上流端付近の水平引張応力の減少、下流端付近の点安全率の増加の効果が大きい。したがって、プラグ深さについては現地堀削開始にともなって詳細にわかってくる弱層の状況を判断しながら適宜検討する必要がある。

目 次

1. 大石ダム概要	3
2. 大石ダムサイドの岩盤特性について	5
3. 基礎の強さの検討と解析方法	7
4. 予備的検討	10
4-1 計算に用いる条件	10
4-2 計算結果	14
5. 最終設計基本形状に対する基礎の解析	16
5-1 最終設計基本形状と応力計算の条件	16
5-2 計算結果	21
6. 考 察	22

1. 大石ダム概要

大石ダムは、荒川左支川大石川上流の新潟県岩船郡関川村大石地内に建設される高さ約90mのコンクリート重力式の多目的ダムである。

ダムサイドの基礎岩盤は、角閃石黒雲母花崗岩から成るが右岸の堤趾付近から左岸段丘へS50°W方向に伸びるF-2断層、現河床部を貫いているF-3断層の大規模なもの他、小規模な断層が数本存在する。特に、F-3断層は、現河床幅そのまゝの10～15m程度の幅を持ち、熱変質によりかなり脆弱になっており、F-2断層と交差する堤趾付近は、このダムサイドでは最も悪い岩質となっている。

ダム本体は、上記F-3断層部に最大断面が載ることになり、安全性、施工性、経済性等により各種検討を加え、基本形状を決定すると共に弱層の処理法も合わせて検討した。

図-1 ダム平面図

至骨材製造設備

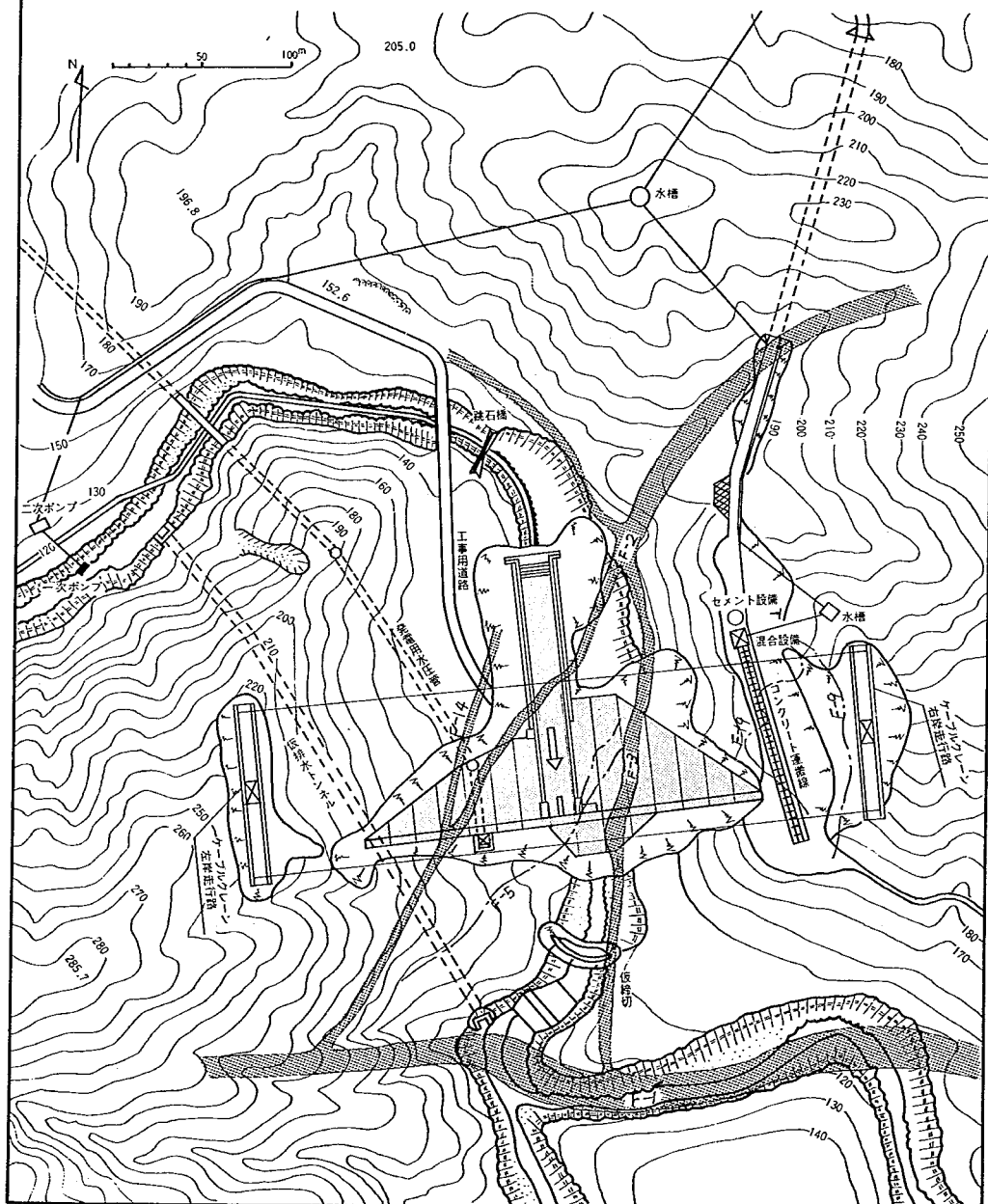


図-2 下 流 面 図

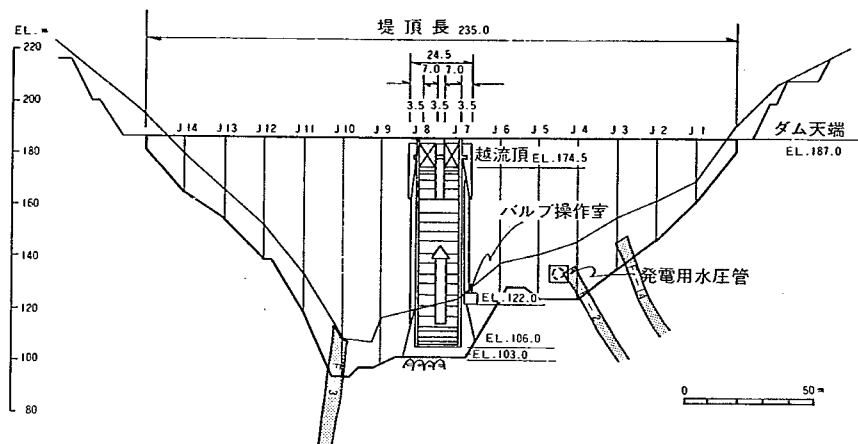
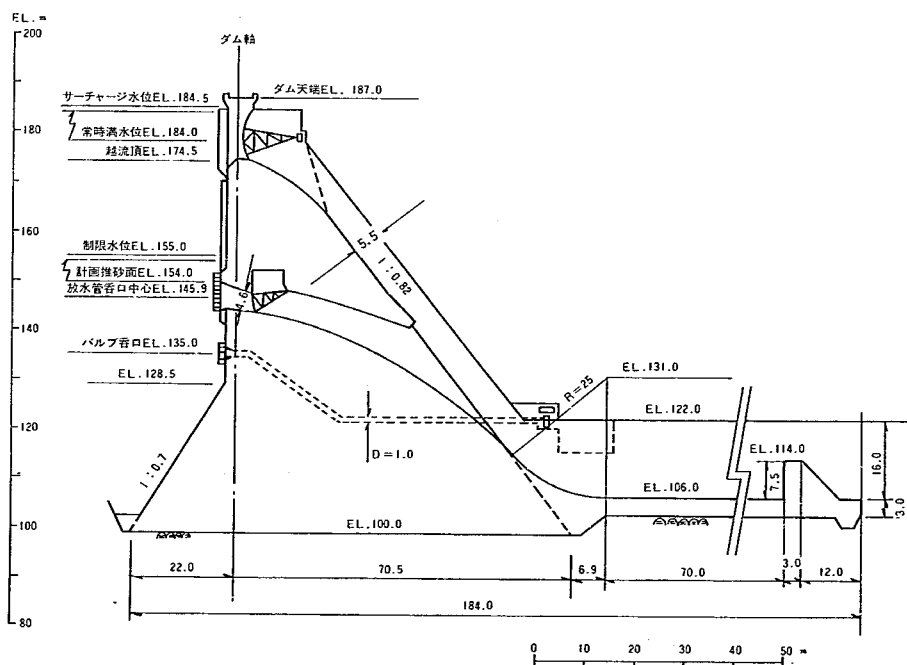


図-3 標準断面図



2. 大石ダムサイトの岩盤特性について

大石ダムサイトの基岩は、角閃石黒雲母花崗岩であるが、その特長は熱変質を受けミロナイト化され、かなり脆弱となっている個所があり、その傾向が比較的著じるしいところをF-2、F-3断層を称している。従って、破碎状の様なものではなく、花崗岩のミロナイト化の疑わしい部分を幅広く連ねたものであり局部的にはかなり堅硬なものも骨状に存在する。F-3断層のミロナイト化の程度を、現地調査を実施した際の感じ方で簡単な表現をすると、

- (1) 堀削直後の面では、かなり堅硬であり、ハンマーで強打しても表面が僅かにレンズ状に崩れる程度であるが、長く空気中にさらしたものは非常に脆く、ハンマー刃先でたやすく崩れるものもある。
- (2) 現河床横坑でのF-3断層は、これより上部標高横坑で捕えているどのF-3断層よりも、堅硬で風化も少ない。従って、この断層は水に対して比較的影響を受けることは少なく、堀削時の曝気による風化が最大の難点であると推察される。これより地下水位面を境として、上はミロナイト状著るしく、下はそれほどミロナイト状はしていないことが観察される。

このダムサイトでのダム建設に当っては、地形、地質的に上記断層はさけられない状況にあり、それらのせん断摩擦抵抗力および弾性係数の確認のため、現地で実施された岩盤試験の結果によると、岩盤の力学的性質は概ね次の様である。なお、これらの岩級区分の基準は岩の風化、亀裂、硬さを総合的にランク付した土研方式による。

① せん断抵抗

ミロナイト化している断層部のほか、堤軸付近の対象基礎岩盤を含めた計23箇所のブロックせん断試験の結果を整理すれば 図-4の様になり、岩級別に純せん断強度を分けると

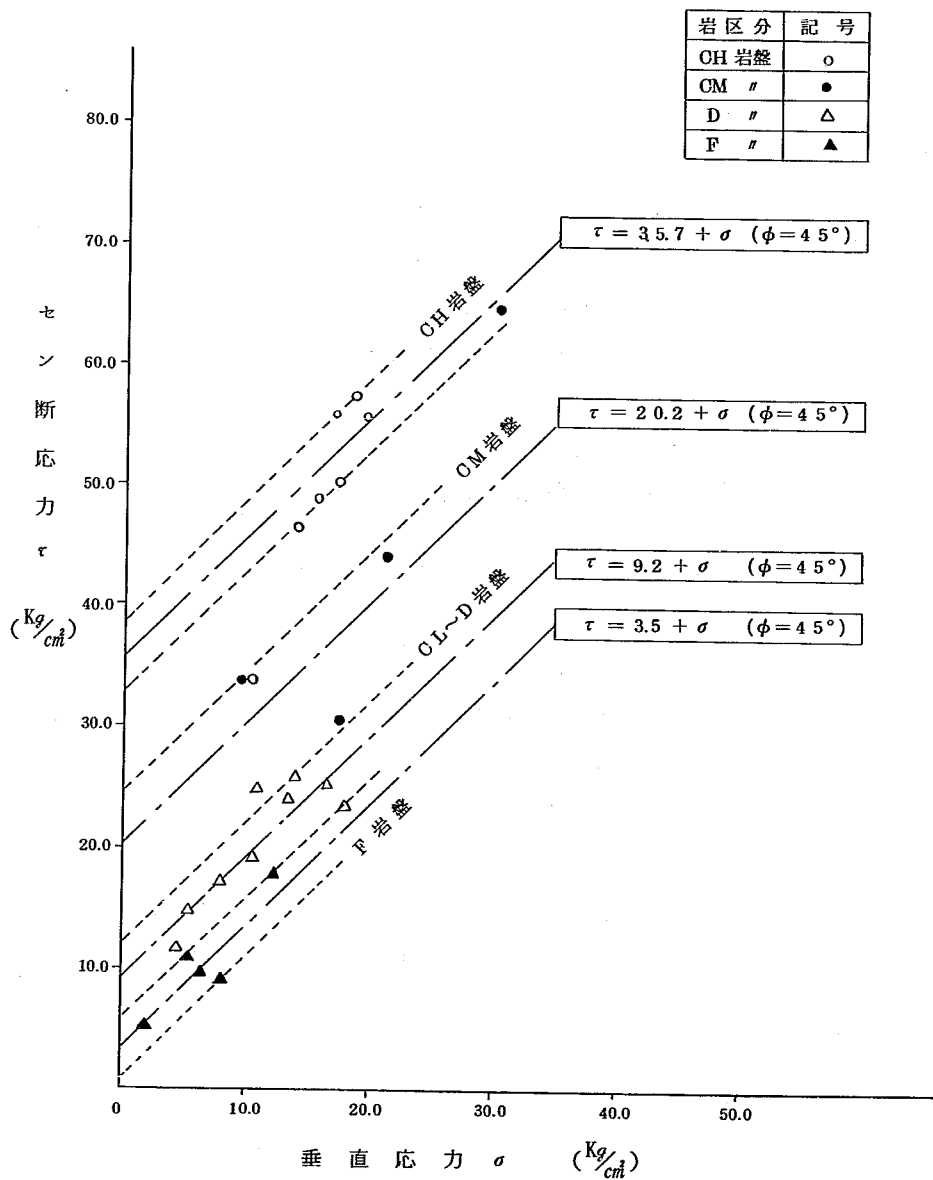
B～CH級	300 $\frac{\text{t}}{\text{m}^2}$ 以上
CM級	200～300 $\frac{\text{t}}{\text{m}^2}$
CL級	100～200 $\frac{\text{t}}{\text{m}^2}$

D級 50 ~ 100 t/m²

F級 25 ~ 50 t/m²

程度となる。

図-4 完全前断破壊点 $\tau_0 \sim \sigma$ 関係図



② 静弾性係数

重力ダムでの静弾性係数の推定は、一般に岩盤せん断試験の際に先行荷重として垂直荷重を載荷したときの変形量が用いられるが、載荷荷重の大きさが小さいことや基準試験方法によらないので、精度的に問題があり、大石ダムでは、別途に変形試験をせん断試験と同様な区分において実施した。試験地点もせん断試験地点に対応する箇所を選び、計15地点について行なったものであり、岩級区分別の静弾性係数は次の様な値が示されている。

(図-5参照)

B～CH級	100,000 Kg/cm^2
CM級	50,000 Kg/cm^2
D級	24,000 Kg/cm^2
F級	13,000 Kg/cm^2

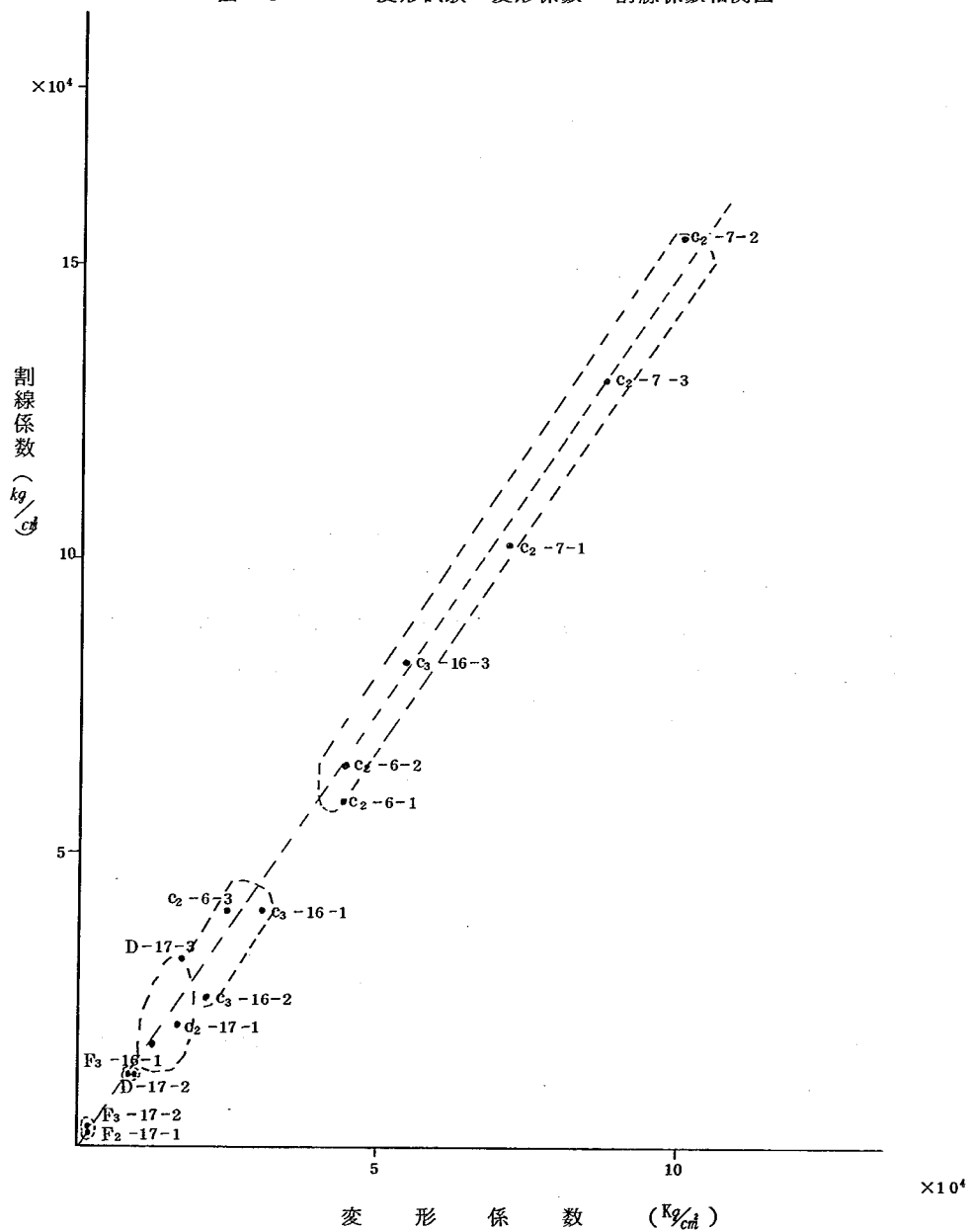
3. 基礎の強さの検討と解析方法

大石ダムで主として問題になるのは、F-3断層であり、本体の10、11ブロックのかなりの底面積を占める状態にある。したがって、基礎岩盤の強度、変形性が一様でなく、その一部が弱層である場合についてダム本体および周辺岩盤に生じる応力、変形性、ダムベース付近のせん断抵抗力等について解析し、ダム安全性について特に考慮すべき点を検討しなければならない。

重力ダムの堤体応力は、一般に2次元計算で行なわれているが、基礎岩盤の変形性が一様な場合には問題ないが、大石ダムのように基礎岩盤の変形性が均一でなく、部分的に異なる場合については計算が難解で余り行なわれていない。従って、過去2、3年前までは模型実験を実施し、その応力状態を検討していた。最近、有限要素法による理論計算が発達し、精度が著るしく向上したのでこのダムの計算は全てこの方法によった。有限要素法の有利な点は堤体や岩盤の弾性係数がいく種類も異なる場合や、複雑な境界条件があってもそれが簡単に組込めることであり、実験に比べて数倍も経済的で速い解析が可能である。

図-5

変形試験・変形係数～割線係数相関図



大石ダム の得られた応力値については、次の事項について主として検討した。

(1) 堤体および岩盤に発生するとくに大きな引張応力

(2) 圧縮応力とせん断応力

重力ダム の基礎岩盤のせん断摩擦抵抗の検討は、Henny の式によるが、大石ダム のように基礎部分が一様な強さの岩盤でない場合には、すべり面を強度の異なる各ゾーンに分割して次式によって計算を行なった。

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{0.i} + f_{i.} \sigma_i) \Delta l_i}{H} \dots\dots\dots(1)$$

ここで m = 分割されたゾーン

$\tau_{0.i}$ = 各ゾーンにおける岩盤のせん断強度

$f_{i.}$ = 各ゾーンにおける岩盤の摩擦係数

σ_i = 各ゾーンにおける岩盤の平均垂直応力

Δl_i = 各ゾーンのせん断力に抵抗する長さ

上記の(1)式は、岩盤の仮定すべり総全体が降伏するまでの極限的な設計を考慮したものであるが、実際の破壊は局部的な破壊が逐次進行して発生する可能性が大きいので、局部的な点安全率も一定の値以上あることが必要であり、次式によって点安全率の検討を行なった。

$$n' = \frac{\tau_0 + f \cdot \sigma}{\tau} \dots\dots\dots(2)$$

ここで τ_0 = 材料の純せん断強度

f = 摩擦係数

σ = すべり面に垂直な応力

なお、ダム設計基準により Henny の式(1)によるせん断摩擦安全率は、4以上であることが規定されており、(2)式で計算した点安全率を 2.0～2.5 以上は必要と考えられており、本ダムの検討もこれに基づくものである。

4. 予備的検討

4-1 計算に用いる条件

このダムの断面を定めるに際し、現地で種々検討された中からすべての外力に対してMiddle third の条件を満足する基本三角形断面を選びせん断摩擦に対する条件を検討した。次に、F-3 段層は地質精査図に基づくと、堤体最大断面 9~11 ブロックを上下流方向に斜めに横切っており、堤軸方向に単位幅をとってみると、上下流方向に堤幅の $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ の割合で、弱層が占めていることがわかった。したがって、1 ブロックすべてが弱層中にあることはなく、有限要素法による解析は、二次元計算で十分その目的を達することができると考えられたので三次元計算は省略した。

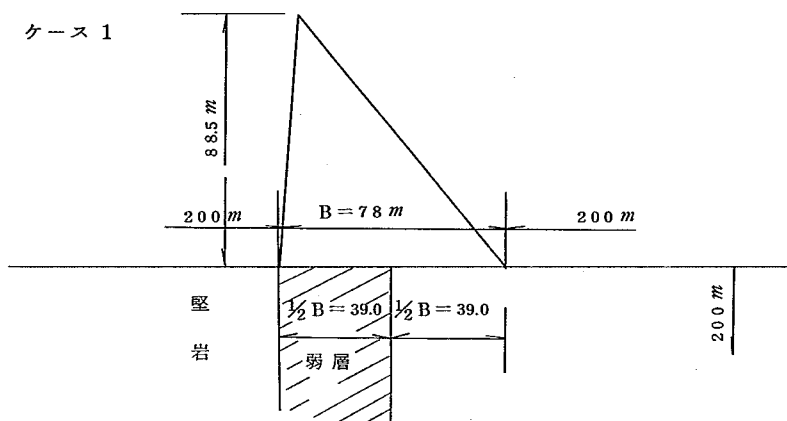
なお、計算にあたっては、堤体基本三角形断面を次のような二次断面に単純化させ、次の 7 ケースについて行なった。

堤体断面

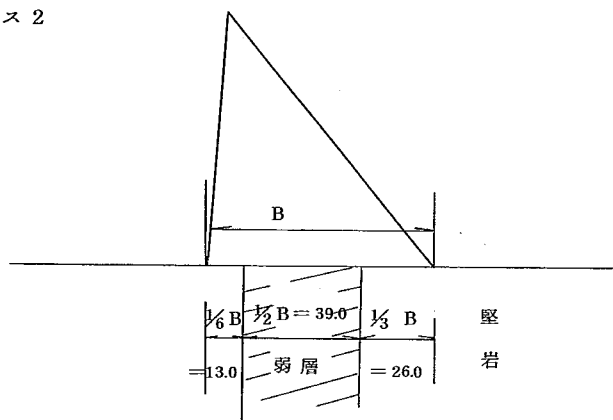
高　　さ	8 8.5 m
上流面勾配	0.06
下流面勾配	0.82
ベース長	7 8.0 m

弱層が堤体ベース長の $\frac{1}{2}$ の場合

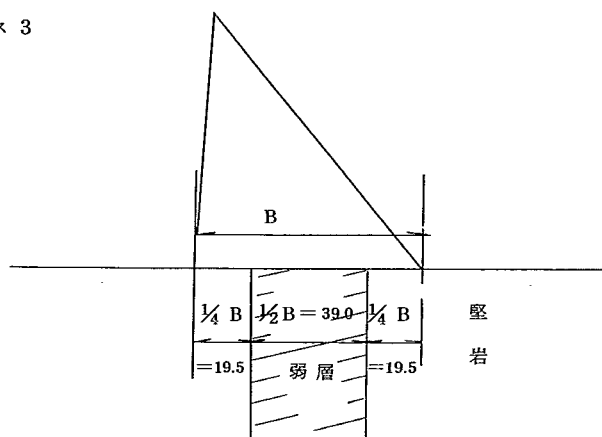
ケース 1



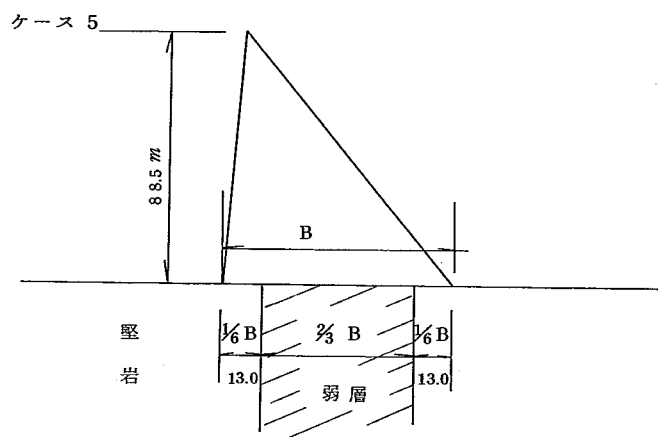
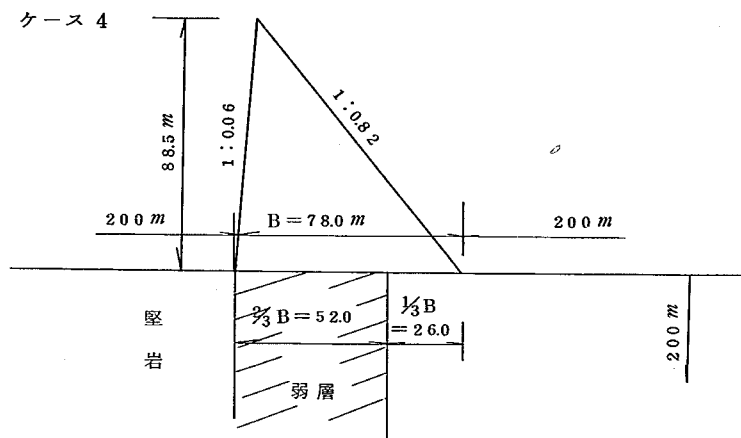
ケース 2



ケース 3

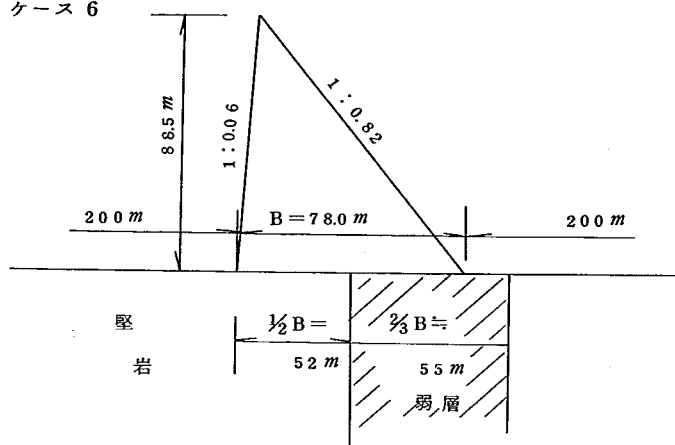


弱層が堤体ベース長の $\frac{2}{3}$ の場合

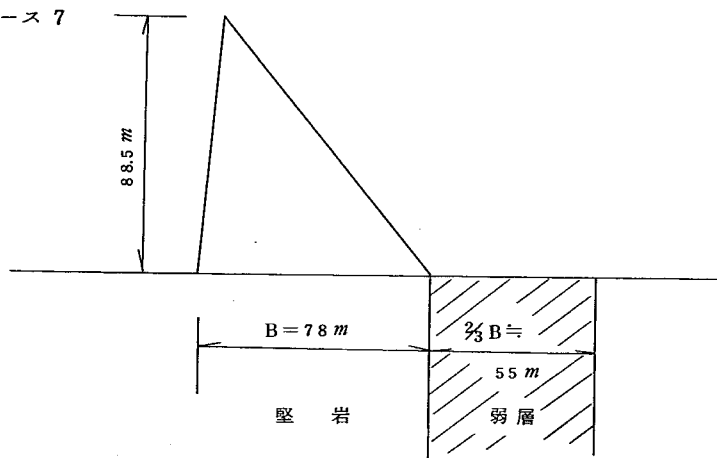


弱層が堤体下流端付近にある場合

ケース 6



ケース 7



次に、計算に用いる静弾性係数は変形試験の結果から次のような値とした。

ベース堅岩部	$100,000 \text{ Kg/cm}^2$
軟弱岩部 (F-3断層)	$10,000 \text{ Kg/cm}^2$
ダム本体	$200,000 \text{ Kg/cm}^2$

また、浸透水による揚圧力は上流面で水圧の100%、排水孔で20%、下流端で0%としその間は直線的に変化すると仮定し、相当応力を σ_x の計算値から差引くこととした。

4-2 計算結果

(1) 主応力とせん断応力

有限要素法による計算結果から得られた主応力図を、図6～図12に示す。図中の矢印で $\rightarrow$ は、圧縮応力 $\leftarrow$ は引張応力を示し、傾斜は主応力の方向を示す。なお、横の数値は Kg/cm^2 単位の応力値である。

また、本体基礎岩盤付近のせん断摩擦抵抗の検討結果については表1～表7に示す。

(2) せん断摩擦抵抗

1) 全せん断摩擦抵抗

岩盤のせん断強度は、先のブロックせん断試験の結果から平均的な値を用いることとし、式(1)について

$$\text{堅 岩 部} \quad \tau_0 = 250 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \quad f = 1.0$$

$$\text{軟 弱 岩 部} \quad \tau_0 = 100 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \quad f = 1.0 \quad \text{とした。}$$

全ケースについて、ダムベースで $N = 3.5 \sim 3.9$ といずれも安全率4.0に満たない。

尚、ダムベース下10mの岩盤内においては、 $N = 6.7 \sim 7.5$ と大きい安全率を示している。

工事々務所で実施した滑動安定計算値との比較

① 荷重値 (事務所設計々算書から)

$$\left. \begin{array}{ll} \text{静 水 圧} & H_1 = 3,898 \text{ t} \\ \text{動 水 圧} & H_2 = 524 \text{ t} \\ \text{堆 砂 圧} & H_3 = 638 \text{ t} \end{array} \right\} \quad \text{水平力計} \quad 6,044 \text{ t}$$

堤体地震時慣性力	$H_4 = 984 \text{ t}$	}	鉛直力計 7493 t
自重	$V_1 = 8100 \text{ t}$		
水重	$V_2 = 202 \text{ t}$		
堆砂重	$V_3 = 95 \text{ t}$		
揚圧力	$V_4 = -904 \text{ t}$		

② 各ケースの滑動安定計算

(堅岩 $\tau_0 = 250 \text{ t/m}^2$ 、軟弱層 $\tau_0 = 100 \text{ t/m}^2$ $f = 1.0$)

弱層幅が堤敷の $\frac{1}{2}$ の場合 (ケース①、②、③、⑥)

$$N = \frac{(250 \times 39) + (100 \times 39) + 7493}{6044} = 350$$

弱層幅が堤敷の $\frac{2}{3}$ の場合 (ケース④、⑤)

$$N = \frac{(250 \times 26) + (100 \times 52) + 7493}{6044} = 317$$

全部堅岩の場合

$$N = \frac{(250 \times 78) + 7493}{6044} = 4.46$$

③ ブロック幅での滑動安定計算

(最大断面 10 . BL で検討)

$$\text{水平力} \quad 6044 \text{ t} \times 15.0 \text{ m} = 90660 \text{ t}$$

$$\text{鉛直力} \quad 7493 \text{ t} \times 15.0 \text{ m} = 112395 \text{ t}$$

$$\text{弱層部平面積} = 650 \text{ m}^2 \text{ (プランメーターに依る)}$$

$$\text{堅岩部平面積} = 520 \text{ m}^2 \text{ (")}$$

$$N = \frac{(250 \times 520) + (100 \times 650) + 112395}{90660} = 339$$

したがって、有限要素法による計算、工事々務所検討計算、いずれも安全率は不足しており、上流フィレットの検討を要することがわかった。

2) 点安全率

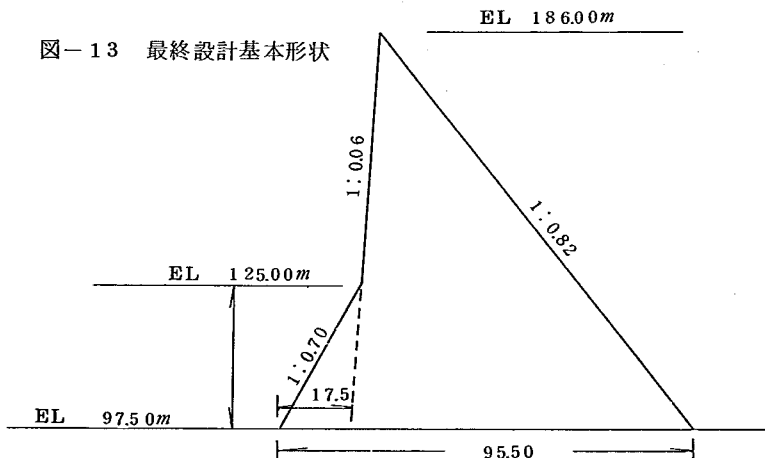
ダム幅の $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ の弱層が堤体ベース中央付近にあるときは、点安全率 2.0 を確保するためには、下流端付近の堅岩部分でもかなり大きい岩盤

のせん断強度（ケース5の場合、最大で $\tau_0 = 240 \frac{t}{m^2}$ ）を必要とする。
 なお、弱層部の最大せん断強度は、同じく点安全率2.0を満足するには
 ケース6の場合、最大で $\tau_0 = 117 \frac{t}{m^2}$ を必要とする。したがって、ダ
 ム下流端付近に弱層部がある場合、その部分の点安全率が著るしく小さ
 くなることはないが、軟弱岩のせん断強度を $\tau_0 = 100 \frac{t}{m^2}$ とすると、
 いく分強度が不足することがわかった。

5. 最終設計基本形状に対する基礎の解析

5-1 最終設計基本形状と応力計算の条件

下流端付近に弱層がない場合のケースでは堅岩で $\tau_0 = 250 \frac{t}{m^2}$ 、軟弱岩
 で $\tau_0 = 100 \frac{t}{m^2}$ 程度があれば、点安全率は2.0以上の満足する値が得られ
 ることがわかったが、全せん断安全率はいずれのケースの場合も不足してお
 り、フィレットを設ける必要が生じた。F-3断層が9~11ブロックと斜
 交しているので、1ブロック全体の面積について計算することとし、弱層の
 占める割合の多い10ブロックについて堅岩と弱層のそれぞれの面積と強さ
 によって所要フィレット断面を求めた。その結果、図-13のような断面を
 最終設計基本形状とすることにした。



工事々務所実施のフィレット付断面での滑動安定計算

(最大断面10.BLで検討)

① 荷重値

静水圧	$H_1 = 3,898 \text{ t}$	}	水平力計	6,122 t
動水圧	$H_2 = 524 \text{ t}$			
堆砂圧	$H_3 = 638 \text{ t}$			
堤体地震時慣性力	$H_4 = 1,062 \text{ t}$			
自重	$V_1 = 8,855 \text{ t}$	}	鉛直力計	8,463 t
水重	$V_2 = 112 \text{ t}$			
堆砂重	$V_3 = 848 \text{ t}$			
揚圧力	$V_4 = -1,352 \text{ t}$			

② 滑動計算

$$\text{水平力} \quad 6,122 \times 15.0 \text{ m} = 91,830 \text{ t}$$

$$\text{鉛直力} \quad 8,463 \times 15.0 \text{ m} = 126,945 \text{ t}$$

$$\text{弱層部平面積} = 682 \text{ m}^2 \text{ (ブラニメーターに依る)}$$

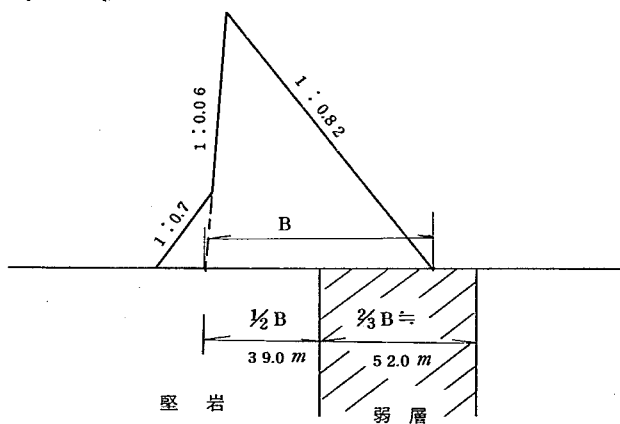
$$\text{堅岩部平面積} = 762 \text{ m}^2 \text{ (")}$$

$$N = \frac{(250 \times 762) + (100 \times 682) + 126,945}{91,830} = 4.19$$

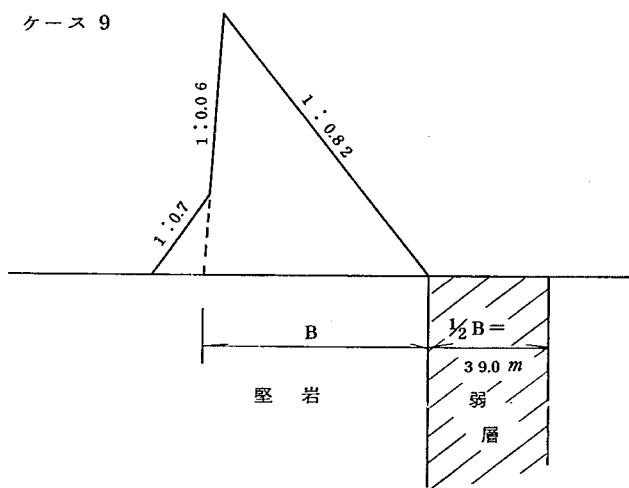
このようにして軟弱層が、堤体基礎幅 $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{2}{3}$ に及ぶ場合の全せん断安全率の不足はフィレットを付けることにより解決された。しかし、堤体下流端付近に弱層がある場合には、堤体下流端付近の点安全率の小さい部分が生じることの問題点が、先の予備的検討で明らかとなっておりそのため、堤体幅 $\frac{1}{2}$ 以上の軟弱層が下流端にある場合について設計形状を用いて応力計算し、上流端引張応力と弱層処理の検討をした。

弱層が堤体下流端付近にある場合

ケース 8



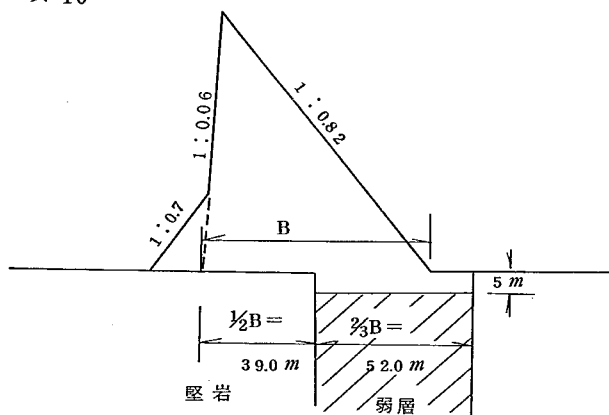
ケース 9



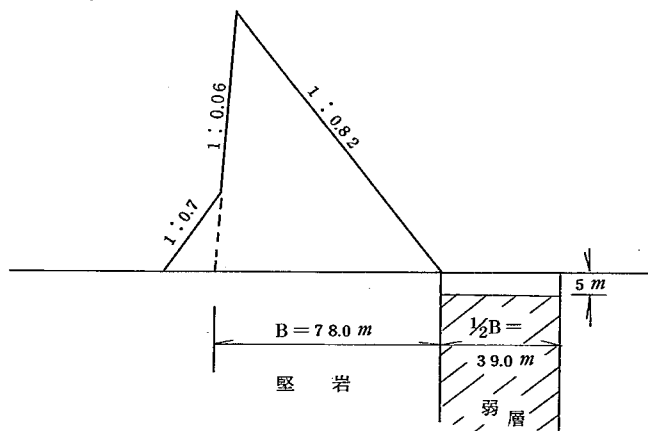
弱層部分をコンクリートで置換えた場合

(深さ 5.0 m)

ケース 10

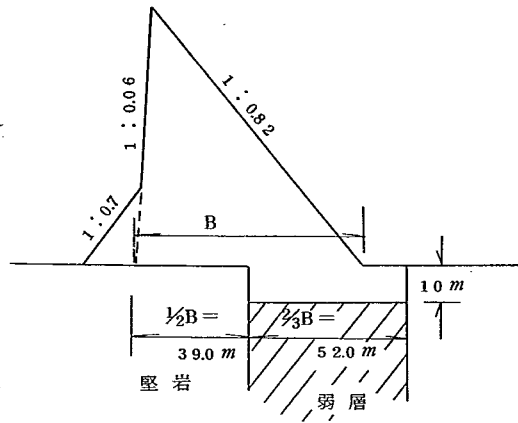


ケース 11

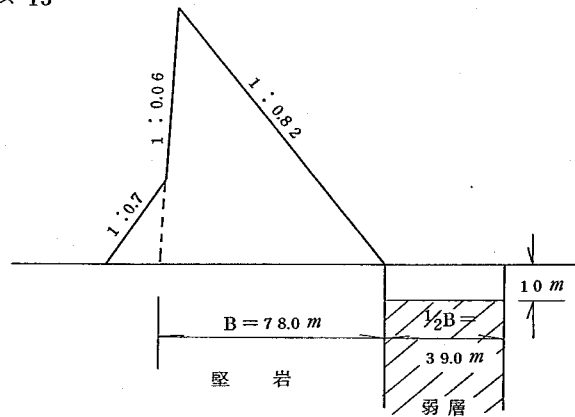


(深さ 10.0 m)

ケース 12

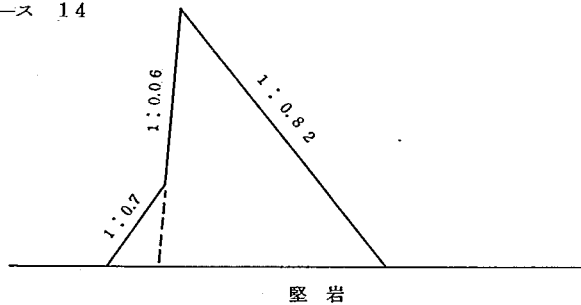


ケース 13



弱層がなく基礎岩盤が全て均質な堅岩で構成されている場合の堤体ベース
周辺の応力分布を知るためにケース 14 の計算を行なった。

ケース 14



5-2 計算結果

主応力図を図14～図20に示す。また、本体基礎岩盤付近のせん断摩擦抵抗の検討結果については表8～表19に示す。

(1) せん断摩擦に対する点安全率

① ダムコンクリートと岩盤の境界部の節点応力を用いた場合の点安全率の計算結果を表8～13に示す。これらの表によると

- a. ダム下流端付近に堤幅の $\frac{2}{3}$ の弱層がある場合を計算したケース8によると、堤体下流端付近で点安全率2.0を確保するためには $f = 1.0$ として、 $\tau_0 = 196.9 \frac{t}{m^2}$ を要する。
- b. なお、深さ10mのプラグを入れたケース12の計算によると、その下部岩盤面では所要せん断強度 $\tau_0 = 98.2 \sim 247.0 \frac{t}{m^2}$ を示し、深さ5mのプラグを入れたケース10の計算では、所要強度 $\tau_0 = 163.2 \frac{t}{m^2} \sim 307.1 \frac{t}{m^2}$ を示している。

② 次に、ダムコンクリートとの境界直下における岩盤要素の応力を用いた場合の点安全率の計算結果を表14～19に示す。これらの表によると

- a. ダム下流端付近に堤幅の $\frac{2}{3}$ の弱層がある場合を計算したケース8（表-14）によると、堤体下流端付近で点安全率2.0を確保するためには $f = 1.0$ として、 $\tau_0 = 157.0 \frac{t}{m^2}$ を要する。
- b. なお、深さ10mのプラグを入れたケース12（表-18）の計算によると、同じく堤体下流端付近で所要せん断強度 $\tau_0 = 61.0 \frac{t}{m^2}$ を示し、深さ5mのプラグを入れたケース10（表-16）の計算では、所要せん断強度 $\tau_0 = 85.0 \frac{t}{m^2}$ を示している。

上記①、②いずれの場合も、弱層に入れるプラグの深さを大きくすると、下流端弱層部分の点安全率を大きくする効果があることを示している。

ただし、ここで①と②ではその値にかなりの開きがある。①の節点応力で計算を行なった場合、上部コンクリート要素の応力と下部岩盤要素応力の平均で計算されるため応力が②で計算したものに比較してかなり

大きくなる。このダムの場合、弱層の部分はコンクリートに比べて著しく軟かく変形し易いものであり、当然堤体からの力の伝達も小さい筈である。したがって、コンクリートと弱層の弾性係数が極端に異なる部分の境界における節点応力を用いるよりは弱層の要素応力を用いて計算した値が、精度的に真に近いと考えられる。結果的には、下流端弱層の点安全率の計算は②で計算された値で検討しても差し支えないであろう。

(2) 堤体の水平な引張応力

大石ダムでは、基礎岩盤が全て堅岩である場合（ケース 14）の堤体上流端に生じる引張応力が $\sigma_2 = -10.7 \text{ Kg/cm}^2$ である。堤体下流端付近に堤幅の 2% の弱層がある場合（ケース 8）に最も大きな引張応力が生じ、 $\sigma_2 = -29.5 \text{ Kg/cm}^2$ となる。次にこの弱層に深さ 10 m のプラグを入れたケース 12 の計算によると $\sigma_2 = -13.3 \text{ Kg/cm}^2$ 、同じく深さ 5 m のプラグを入れたケース 10 の計算によると、 $\sigma_2 = -17.4 \text{ Kg/cm}^2$ となり、弱層に入れたプラグの深さが大きい程、上流端に生じる水平な引張応力が減じられることを示している。

(3) 岩盤の水平な引張応力

基礎岩盤が全て堅岩である場合（ケース 14）の上流側、岩盤面に生じる引張応力が $\sigma_2 = -3.90 \text{ Kg/cm}^2$ である。堤体下流端付近に堤幅 2% の弱層がある場合（ケース 8）に最も大きな引張応力を生じ $\sigma_2 = -14.7 \text{ Kg/cm}^2$ となる。次に、この弱層に深さ 10 m のプラグを入れたケース 12 の計算では、 $\sigma_2 = -6.73 \text{ Kg/cm}^2$ 、同じく深さ 5 m のプラグを入れたケース 10 の計算では、 $\sigma_2 = -8.50 \text{ Kg/cm}^2$ となり、(2)と同様に弱層に入れたプラグの深さが大きい程引張応力を減じる効果の大きいことを示している。

6. 考 察

大石ダムの堤体と基礎の安定性に関して、現在までの解析結果から次のようなことがいえる。

- (1) 予備的検討における基本三角形断面では、堤幅 $\frac{1}{2}$ の弱層が堤敷のいずれの位置にある場合でも全せん断安全率は設計基準値を下まわる。(f=1.0 堅岩せん断強度 $\tau_0 = 250 \frac{t}{m^2}$ 、弱層せん断強度 $\tau_0 = 100 \frac{t}{m^2}$ として、 $N = 3.5 \sim 3.9$)

しかし、点安全率は同弱層が、堤体下流端付近にないかぎり、いかなる地点においても設計基準値 ($n = 2.0 \sim 2.5$) を下まわることはない。

応力図によると、堤体下流端は最も圧縮応力の大きなところであるが、このダムではF-2、F-3断層の合流点付近にあたりかなり悪い岩質となっている。とくにこの断層は、堀削時の風化による弱化が心配されるので、この合流点付近を出来るだけ堤体下流端から避けた方が望ましい。

- (2) 上流側にフィレットを付けた最終基本形状では、堤体下流端付近に堤幅の $\frac{1}{2}$ 以上の弱層がある場合、堤体上流端付近に大きな水平引張応力が発生すると共に、下流端付近に応力集中による局所的な点安全率の低下 ($n < 2.0$) が生じる。この弱層に入れるブラグ深さは、5 m より 10 m と大きい程、この水平引張応力の減少、点安全率増加の効果が大きい。しかし、この弱層のせん断強度は、堀削にともなう応力解放や風化の影響がないところでは $100 \frac{t}{m^2}$ 以上の強度も当然予想される。したがって、ブラグの堀削によって、かえって弱化を招く心配もあり、このブラグ深さについては現地堀削開始にともなって詳細にわかってくる地質状況を判断しながら適宜検討する必要がある。

参 考 文 献

北陸地建大石ダム工事々務所

北陸地建大石ダムサイト地質調査報告書

北陸地建大石ダム堤体設計々算書

土木研究所資料 第716号

F・E・M 電子計算プログラム使用説明書

付 表

大石ダム底辺節点応力

ケース 1

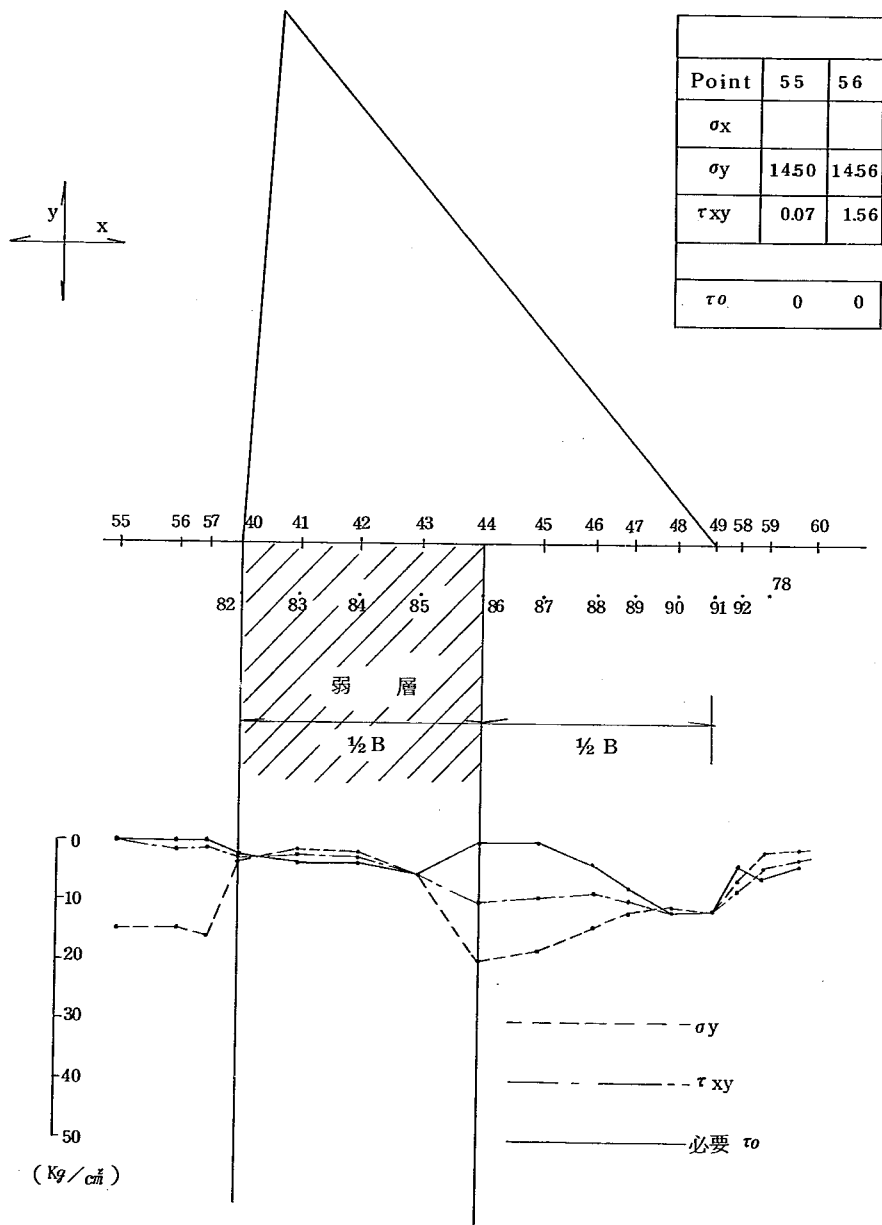


表 - 1

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)													
57	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	58	59	60
15.97	364	143	1.73	5.16	1993	18.12	13.81	11.58	10.99	11.56	5.81	129	0.70
1.26	2.99	2.26	2.63	5.40	10.00	9.03	8.79	9.61	11.52	11.48	7.45	3.46	2.04
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)													
0	2.4	3.17	3.5	5.6	0	0	3.8	7.6	12	11.4	3.4	5.7	2.04

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

τ_o = 堅岩部で 250 t/m²

軟弱岩で 100 t/m²

$f = 1.0$

$$= \frac{(100 \times 39) + (250 \times 39) + 6747}{5222} = 3.87$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤応力 (Kg/cm ²)													
Point	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	78	60
σ	2.21	0.58	0.86	1.28	3.15	17.97	14.38	11.72	10.09	9.47	15.74	9.35	7.07
τ	0.50	1.23	1.49	1.84	5.23	8.39	7.52	7.61	7.51	7.49	0.60	3.31	3.31
点安全率 2 以上を満足する岩盤の剪断強度 (Kg/cm ²)													
τ_o	0	1.88	2.12	2.40	7.31	0	0.66	3.5	4.93	5.51	0	0	0

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースより 10 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(100 \times 39) + (250 \times 59) + 7624.6}{3840} = 6.82$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 2

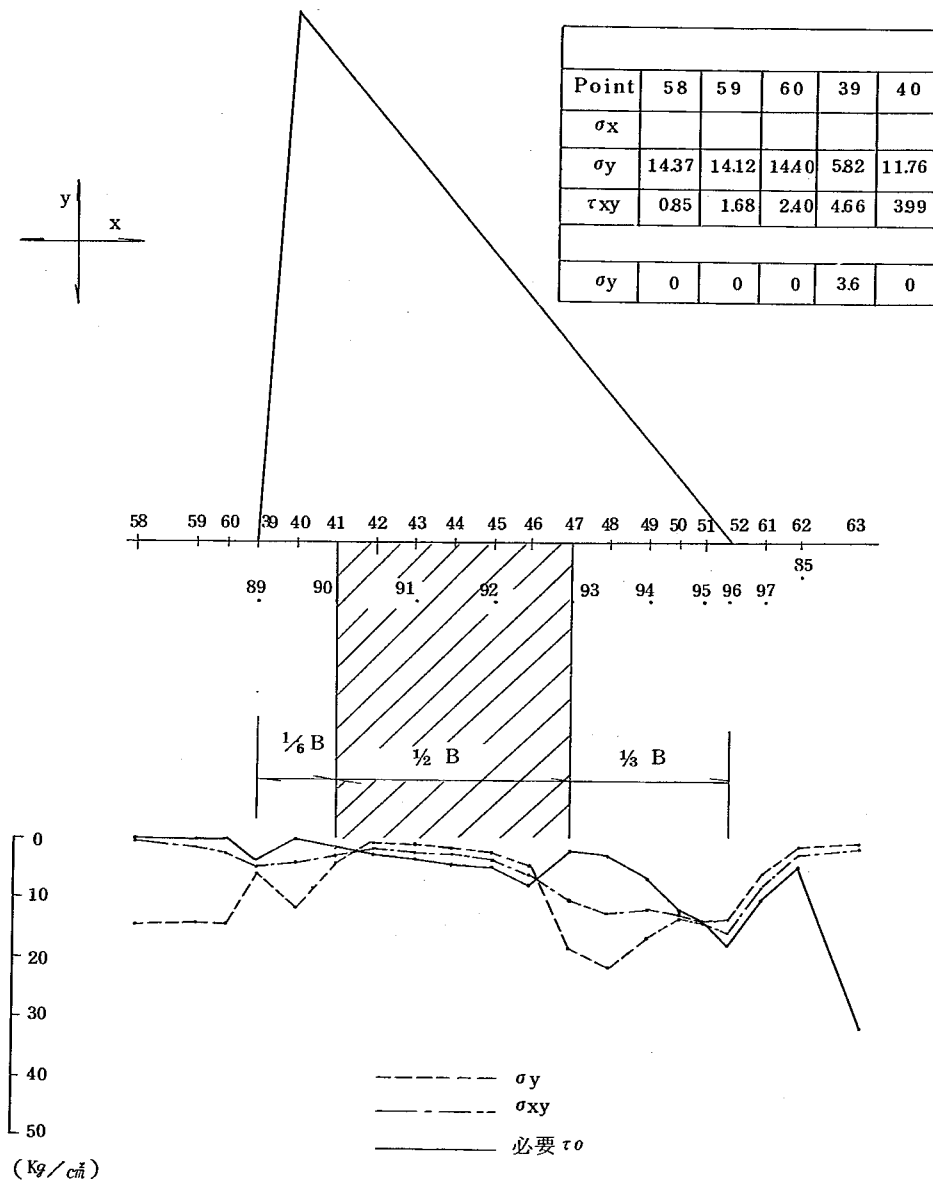


表 - 2

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)														
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	61	62	63
4.25	0.80	0.96	1.68	2.24	4.15	18.08	21.61	16.43	13.45	13.63	13.21	5.24	1.11	0.47
2.78	1.72	2.18	2.54	3.44	5.96	10.44	12.16	11.54	12.39	13.54	15.48	7.11	2.69	1.60
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)														
1.3	2.6	3.4	3.3	4.6	7.8	1.9	2.8	6.6	11.3	13.4	17.8	9.0	4.3	31.5

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤の剪断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

$\tau_o = \text{堅岩部で } 250 \text{ t/m}^2$
軟岩部で 100 t/m^2
 $f = 1.0$

$$= \frac{(250 \times 13) + (100 \times 39) + (250 \times 26) + 6245.2}{5052} = 3.94$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)											
Point	89	90	91	92	93	94	95	96	97	85	63
σ	4.04	6.06	0.62	1.43	11.19	16.44	13.05	11.76	17.25	12.01	6.62
τ	2.26	1.92	1.33	1.81	4.88	9.09	8.92	9.24	0.17	3.13	3.03
点安全率 2 以上を満足する岩盤の剪断強度 (Kg/cm ²)											
τ_o	0.48	0	2.04	2.19	0	1.74	4.79	6.72	0	0	0

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースより 10 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(250 \times 13) + (100 \times 39) + (250 \times 46) + 7383.4}{3483} = 7.45$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 3

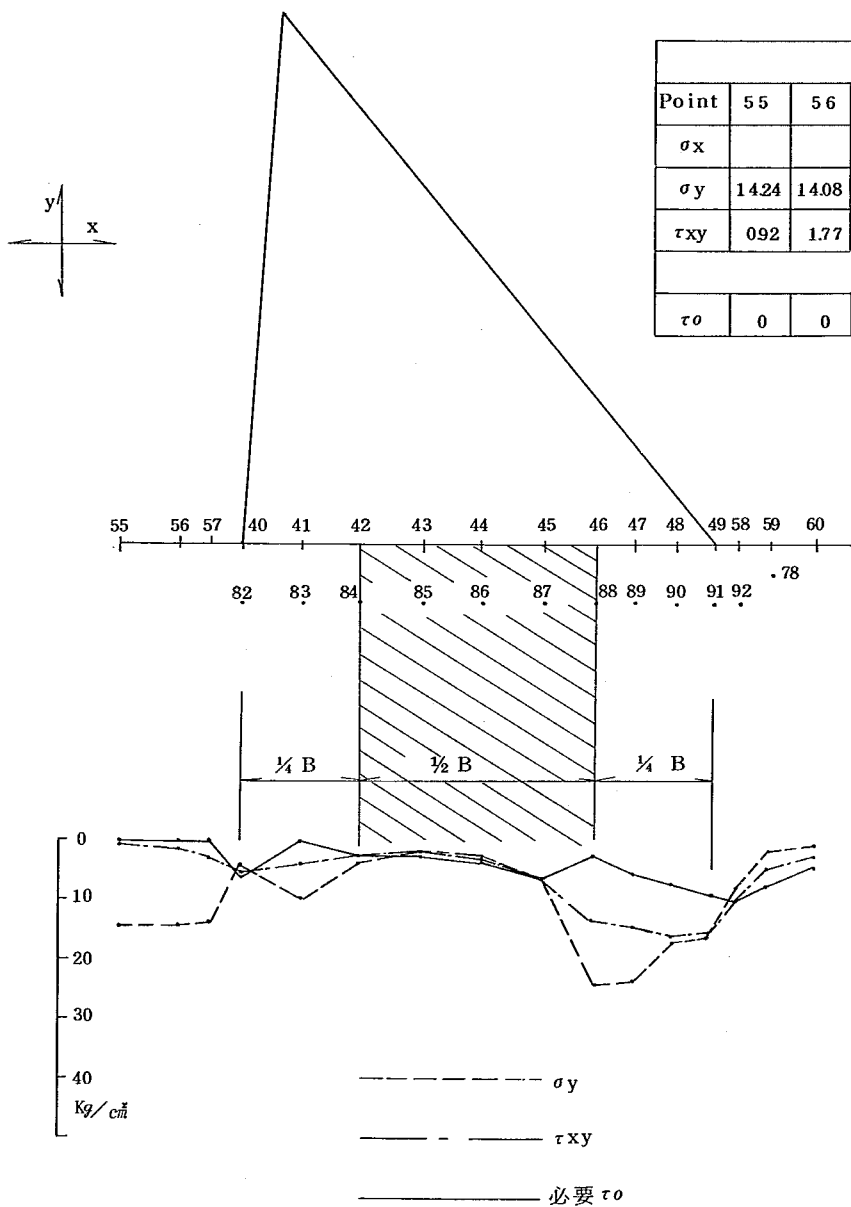


表 - 3

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)													
57	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	58	59	60
1392	4.21	9.54	3.79	1.07	2.59	6.09	23.69	23.21	16.78	16.16	7.89	1.71	0.89
296	5.58	3.92	2.32	1.85	3.06	6.06	12.99	14.24	16.00	15.64	9.93	4.51	2.59
点安全率 2 以上を満足する岩盤の剪断強度 (Kg/cm ²)													
0	7.0	0	0.8	2.7	3.6	6.1	2.3	5.2	15.2	15.0	11.9	7.3	4.3

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤の剪断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \sigma_i) \Delta A_i}{H}$$

$\tau_o = \text{堅岩部で } 250 \text{ t/m}^2$
 $\text{軟岩部で } 100 \text{ t/m}^2$
 $f = 1.0$

$$= \frac{(250 \times 19.5) + (100 \times 39) + (250 \times 19.5) + 7470.45}{5101} = 3.96$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)													
Point	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	78	60
σ	2.56	11.13	5.46	0.58	1.16	1.84	10.96	20.37	16.15	14.23	20.02	15.68	8.75
τ	2.37	2.46	1.66	1.22	1.52	2.02	4.49	8.91	9.71	9.91	0.24	3.80	4.00
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (kg/cm ²)													
τ _o	2.18	0	0	1.86	1.88	2.02	0	0	3.27	5.59	0	0	0

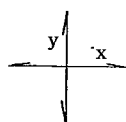
(σ は揚圧力考慮)

ダムベースより 10 m 地点の岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(250 \times 19.5) + (100 \times 39) + (250 \times 39.5) + 8203.4}{3470} = 7.59$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 4



Point	58	59	60	39	40
σ_x					
σ_y	1486	1549	1883	730	382
τ_{xy}	081	083	205	034	108
τ_o	0	0	0	0	0

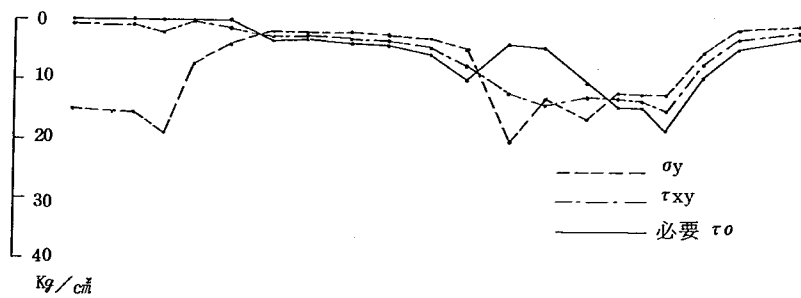
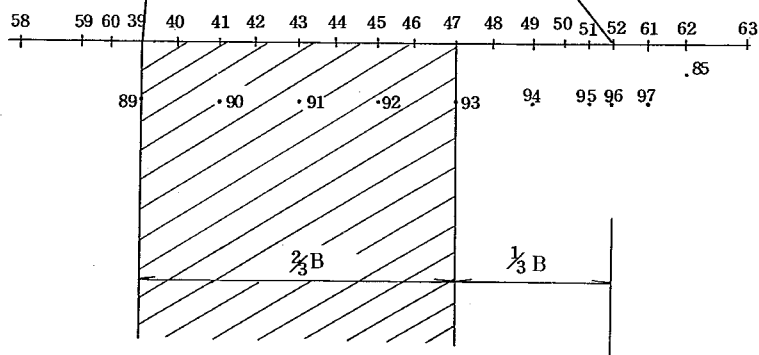


表 - 4

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)														
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	61	62	63
188	188	182	225	281	470	20.03	22.70	15.77	11.53	11.87	1194	497	1.08	0.46
252	236	263	3.06	4.11	6.97	1183	1337	1222	1246	13.11	14.74	6.97	2.69	1.63
点安全率 2 以上を満足する岩盤の剪断強度 (Kg/cm ²)														
3.1	2.9	3.4	3.9	5.4	9.3	3.6	4.1	9.9	14.0	14.0	18.0	9.0	4.3	2.7

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_0 i + f_i \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

τ₀ = 堅岩部で 250 t/m²軟岩部で 100 t/m²

f = 1.0

$$= \frac{(100 \times 52) + (250 \times 26) + 5787.6}{4873} = 3.59$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)												
Point	88	90	91	92	93	94	95	96	97	85	63	
σ	3.69	1.48	1.54	1.93	12.26	16.64	12.56	11.30	17.65	12.40	7.01	
τ	0.21	1.44	1.82	2.33	5.76	10.21	9.43	9.42	0.27	3.47	3.31	
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)												
τ ₀	0	1.40	2.10	2.73	0	3.78	6.30	7.54	0	0	0	

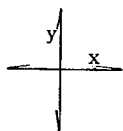
(σ は揚圧力考慮)

ダムベースより 10 m 地点の岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(100 \times 52) + (250 \times 46) + 7028}{3505} = 6.76$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 5



Point	58	59	60	39	40
σ_x					
σ_y	1451	1432	1409	862	1496
τ_{xy}	0.77	1.35	1.68	4.06	3.51
τ_o	0	0	0	0	0

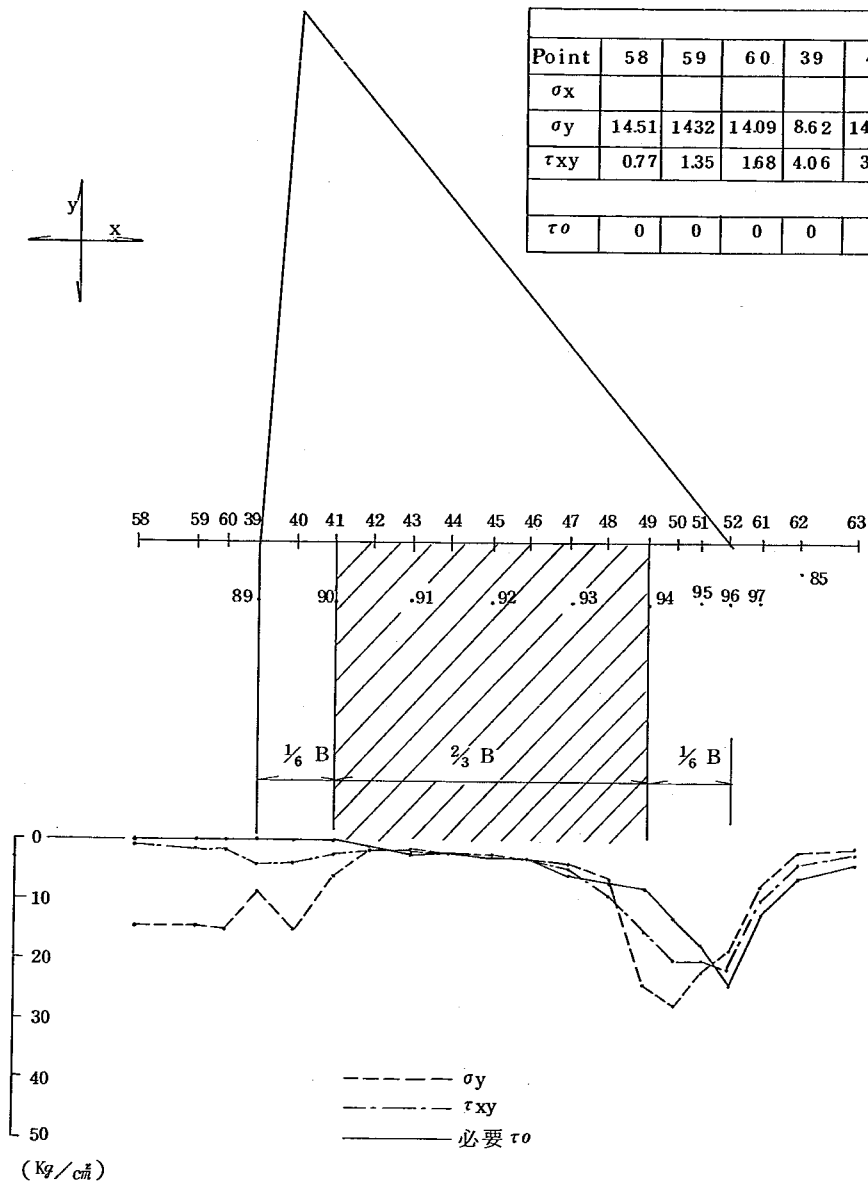


表 - 5

ダム底辺の節点に於ける応力 (Kg/cm ²)														
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	61	62	63
6.27	1.28	1.29	1.98	2.08	2.91	3.63	5.94	2355	27.20	21.94	18.06	7.07	1.46	0.58
2.33	1.29	1.77	2.01	2.38	2.91	4.62	8.46	15.67	19.91	19.61	21.01	9.70	3.59	2.04
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)														
0	130	230	200	270	290	560	1110	780	12.60	17.30	23.90	12.30	5.70	3.40

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤の剪断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f \sigma_{oi}) \Delta l_i}{H}$$

τ_o = 堅岩部で 250 t/m²

軟岩部で 100 t/m²

$f = 1.0$

$$= \frac{(250 \times 13) + (100 \times 52) + (250 \times 13) + 6130.8}{4650} = 3.83$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)												
Point	89	90	91	92	93	94	95	96	97	85	63	
σ	6.02	7.88	0.93	1.61	2.12	14.16	20.14	16.74	14.93	15.55	8.34	
τ	1.69	1.65	1.24	1.68	2.27	6.45	11.02	12.17	1.31	3.66	3.81	
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)												
τ_o	0	0	1.55	1.75	2.42	0	1.90	7.60	0	0	0	

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースより 10 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(250 \times 13) + (100 \times 52) + (250 \times 33) + 7358.8}{3221} = 7.55$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 6

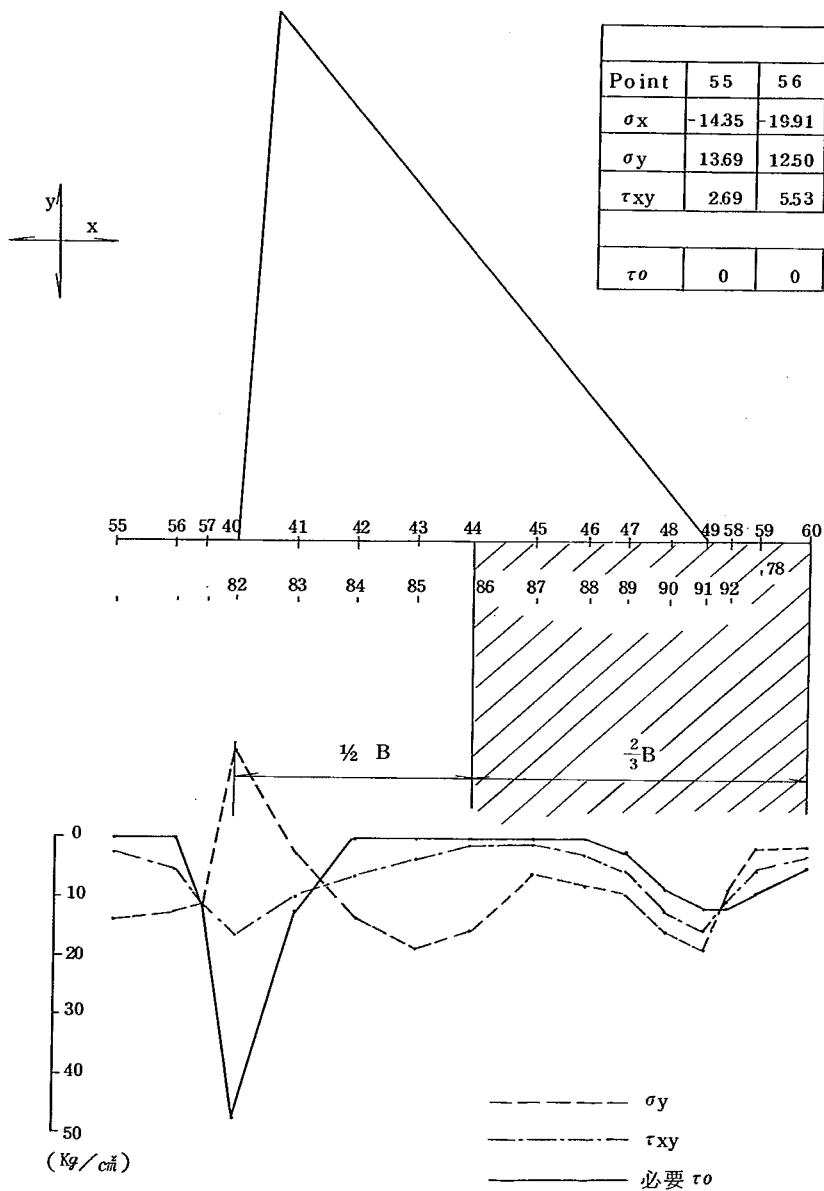


表 - 6

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)												
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	58	59	60
-248	-753	-417	-133	-133	-014	-123	4.08	134.3	188.1	165.1	97.0	41.8
-1428	290	1345	1840	1503	605	799	9.24	1588	18.62	87.1	1.69	1.23
1649	998	630	3.62	125	110	283	5.63	12.79	15.17	10.16	5.02	29.8
点安全率 2 以上を満足するせん断強度 (Kg/cm ²)												
4726	1206	0.85	11.16	12.53	385	233	2.02	9.7	11.72	11.61	8.35	4.73

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

$$= \frac{(250 \times 39) + (100 \times 39) + 6669}{5390} = 3.76$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)													
Point	92	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	78	60
σ	-7.60	7.87	14.32	21.39	12.90	3.87	4.81	6.76	8.15	9.29	14.01	13.01	6.02
τ	5.43	2.20	0.84	1.40	0.45	0.96	1.49	2.40	3.42	5.04	0.29	0.80	0.62
点完全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)													
τ_0	18.46	5.67	12.64	18.59	1.12	1.95	1.83	3.96	1.31	0.79	13.43	11.41	4.78

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースより 10 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(250 \times 39) + (100 \times 59) + 8548.6}{2061} = 11.7$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 7

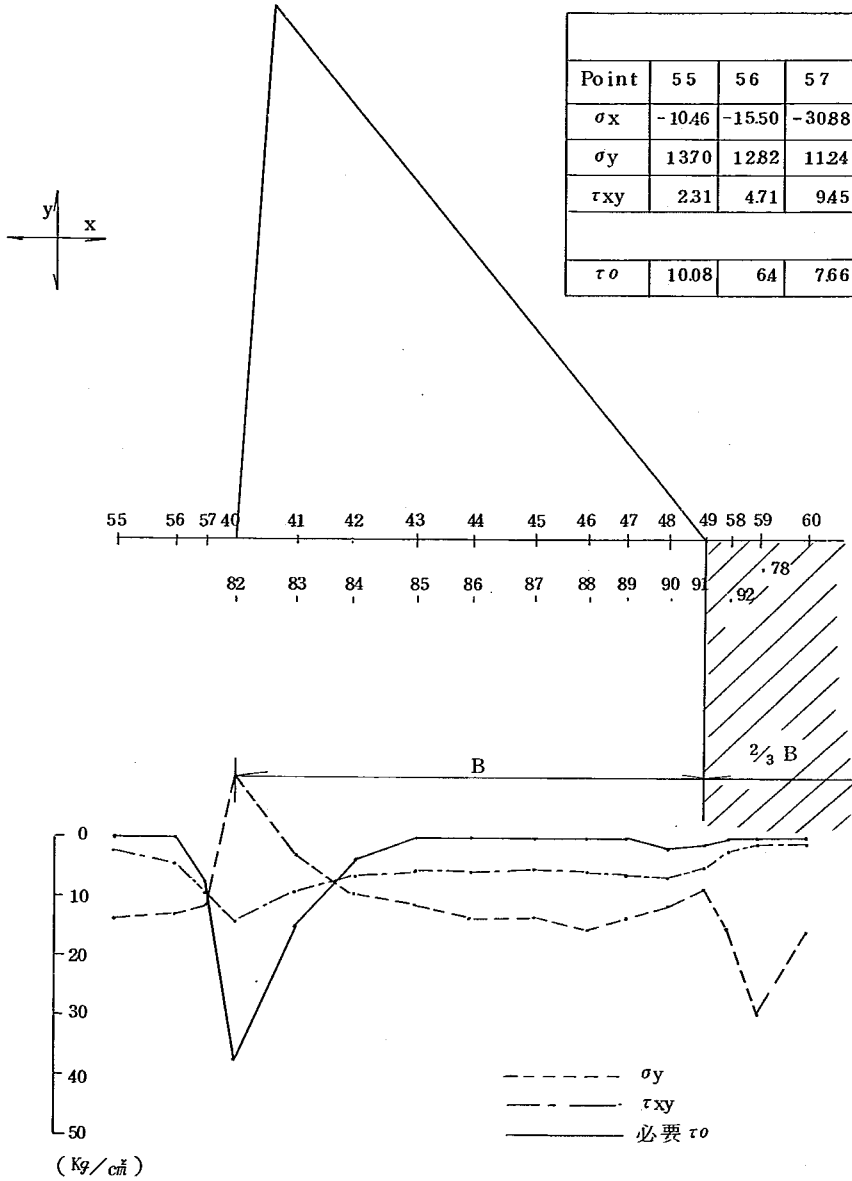


表 - 7

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)												
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	58	59	60
-1949	-585	-388	-143	007	124	212	389	607	738	700	555	372
-1003	296	935	1149	1354	1327	1525	1338	1128	857	1588	2983	1522
1383	885	634	559	579	511	544	633	651	491	214	110	079
点安全率 2 以上を満足するせん断強度 (Kg/cm ²)												
3769	1474	333	031	196	305	447	072	174	125	116	2763	1365

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

$$= \frac{250 \times 78 + 8522}{5647} = 4.96$$

ダムベースより 10 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)												
Point	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	78 60
σ	-575	622	943	1136	1272	1317	1369	1333	1289	916	531	531 388
τ	557	343	309	363	369	414	396	396	372	300	030	029 001
点安全率 2 以上を満足するせん断強度 (Kg/cm ²)												
τ_o	539	064	325	41	534	489	477	483	545	316	371	473 386

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースより 10 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{250 \times 98 + 7155}{3080} = 1.03$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 8

Point	50	51	52	53	54	55
σ_x	-1427	-2813	-2327	-1180	-790	-369
σ_y			-826	-255	630	925
τ_{xy}			1360	1142	860	688
τ_o			3546	2539	1090	451

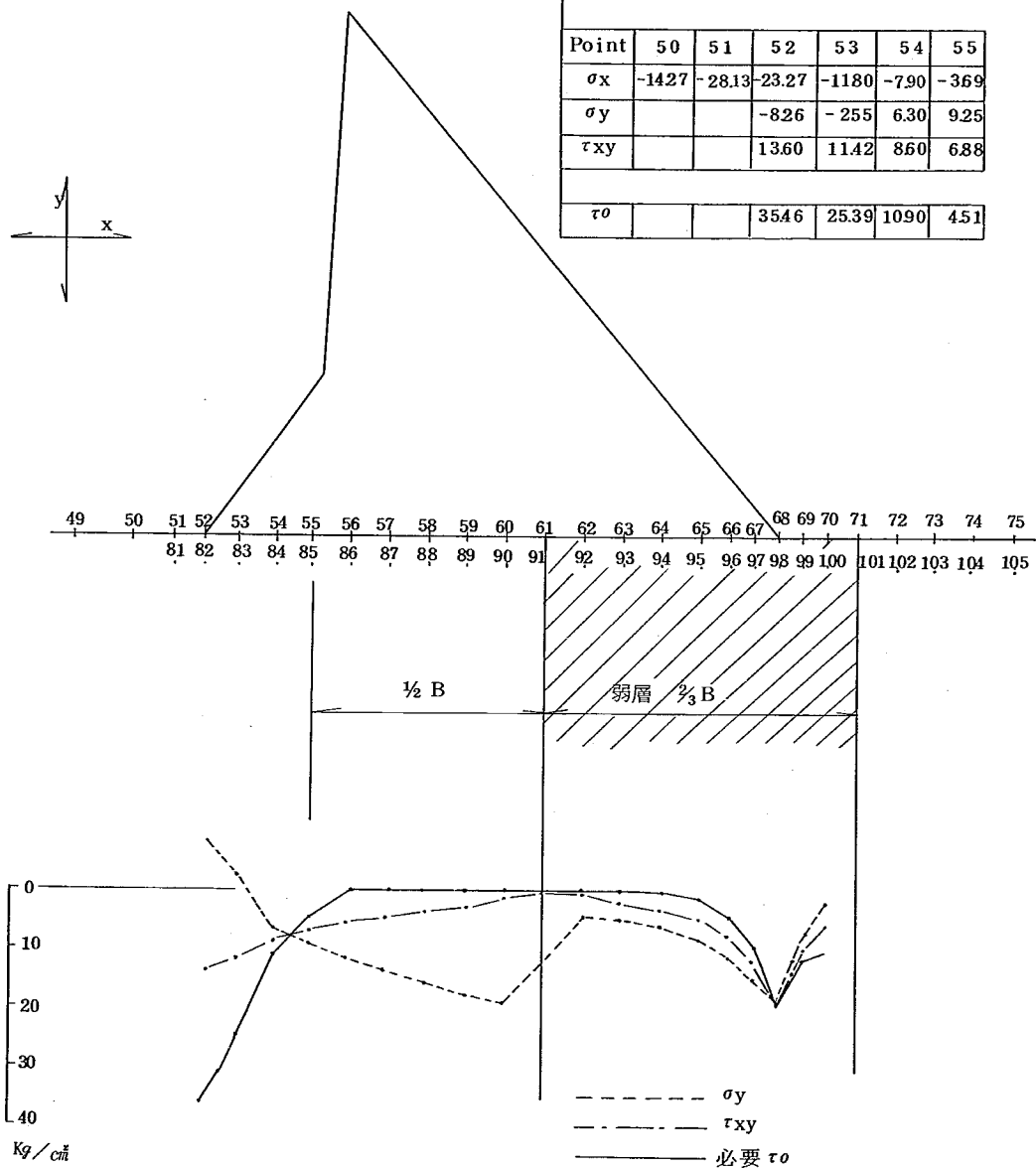


表 - 8

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)														
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
-205	-054	038	081											
1173	1359	1571	1723	1873	1203	452	491	602	819	1162	1501	1879	825	186
553	457	372	295	121	004	041	216	320	467	785	1230	1924	1007	596
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)														
0	0	0	0	0	0	0	0	0.38	1.15	408	959	1969	1189	1006

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

$$= \frac{(250 \times 56.5 + 100 \times 39) + 9094}{5232} = 5.18$$

ダムベースより 5 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)														
Point	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
σ	-592	027	704	1060	1240	1433	1618	1809	2076	1328	327	434	543	681
τ	853	662	565	483	430	356	322	266	172	087	092	163	230	314
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)														
τ_0	2298	1297	426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Point	96	97	98	99	70
σ	852	1010	1069	1630	1351
τ	409	501	805	041	118
τ_0	0	0	541	0	0

(σ は揚圧力考慮)

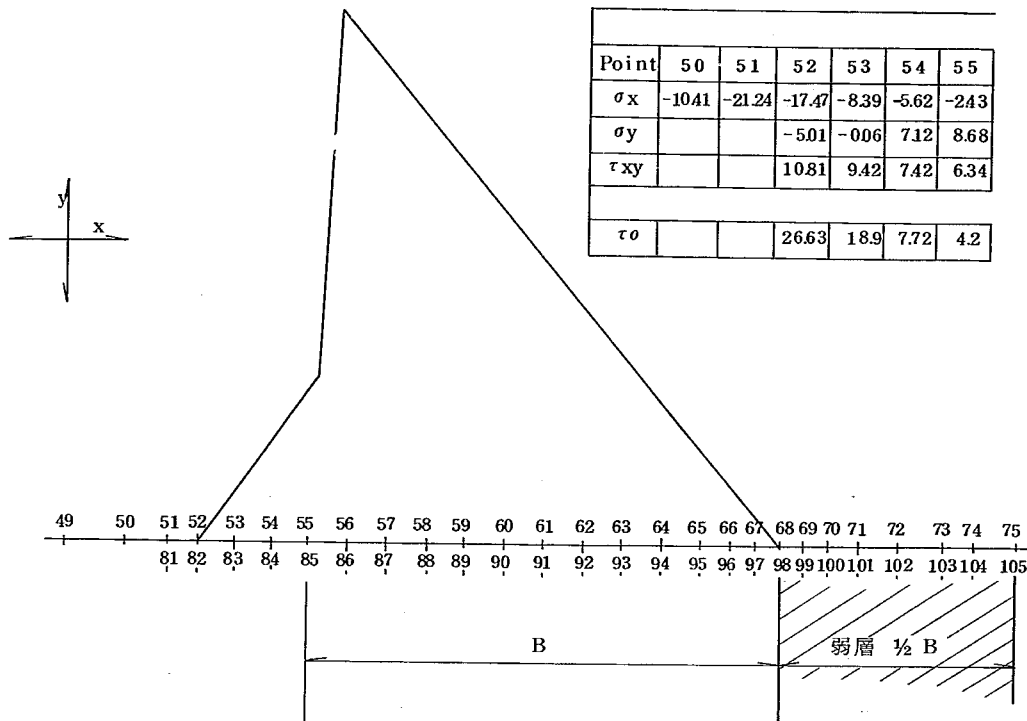
ダム基礎ベース 5 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

$$N = \frac{(250 \times 56.5 + 100 \times 50) + 10770}{3719} = 8.03$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 9

Point	50	51	52	53	54	55
σ_x	-1041	-2124	-17.47	-839	-5.62	-243
σ_y			-501	-006	712	868
τ_{xy}			1081	942	742	634
τ_o			26.63	18.9	7.72	4.2



- - - σ_y
 - - - τ_{xy}
 — 必要 τ_o

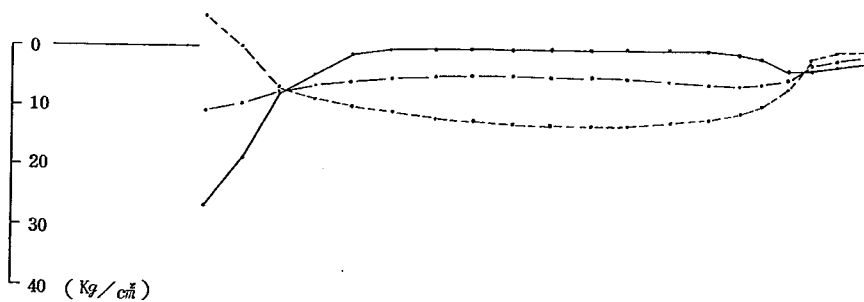


表 - 9

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)															
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
-153	-041	-001	057	084											
9.96	10.61	11.51	12.11	12.52	12.70	12.98	12.80	12.31	10.53	10.63	9.41	6.64	1.54	0.33	0.17
5.47	4.87	4.45	4.41	4.44	4.50	4.61	4.91	5.23	5.41	5.56	5.38	4.90	2.15	1.27	0.76
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	1.35	3.16	2.76	2.21	1.35

(σ_y は揚圧力考慮)

ダム基礎ベースに於ける岩盤のせん断摩擦抵抗

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m (\tau_{oi} + f_i \cdot \sigma_i) \Delta l_i}{H}$$

$$= \frac{(250 \times 95.5) + 9258.4}{5503.3} = 6.03$$

ダムベースより 5 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)														
Point	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
σ	-362	1.90	7.42	9.53	10.32	11.07	11.64	12.13	12.52	12.81	12.88	12.84	12.29	11.79
τ	7.15	5.90	5.32	4.90	4.68	4.29	4.16	4.09	4.18	4.21	4.35	4.47	4.72	4.59
点安全率 2 以上を満足する岩盤せん断強度 (Kg/cm ²)														
τ_0	17.92	9.9	3.22	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Point	96	97	98	99	70
σ	10.82	10.03	5.66	6.46	4.39
τ	4.50	3.77	3.08	0.45	0.03
τ_0	0	0	0.52	0	0

(σ は揚圧力考慮)

ダム基礎ベース 5 m 地点の岩盤せん断摩擦抵抗

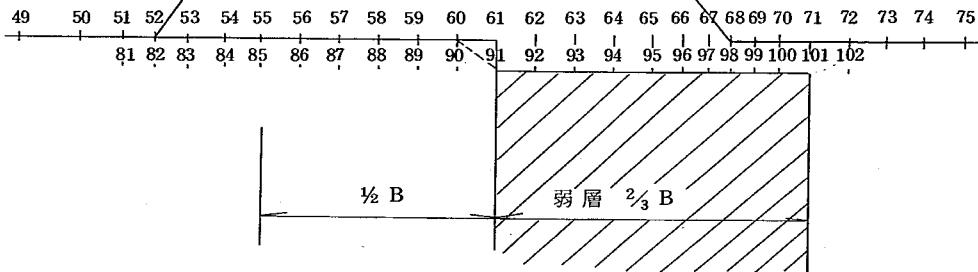
$$N = \frac{(250 \times 95.5) + 10227.5}{4567.9} = 7.46$$

大石ダム底辺節点応力

ケース 10

(弱層深さ 5 m コンクリート置換)

Point	50	51	52	53	54
σ_x	-825	-1741	-1356	-545	-278
σ_y	1376	1262	-333	153	831
τ_{xy}	2.37	484	8.91	7.57	5.75
τ_o	0	0	2115	1361	319



- - - σ_y
 - - - τ_{xy}
 — 必要 τ_o

Point	82	83	84	85	86
σ	-2.01	3.29	8.76	10.96	11.89
τ	5.61	4.41	3.80	3.20	2.76
τ_o	13.23	5.53	0	0	0

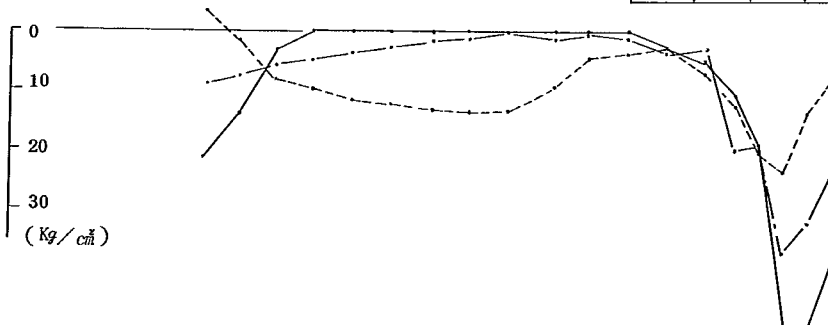


表 - 10

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)															
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
0.08	116	219	272	3.20	3.03	4.35	5.77	6.57	11.27	14.50	32.55	35.24	81.65	61.51	40.39
9.95	1133	1219	1327	1350	13.31	10.02	4.51	3.8	2.75	6.84	12.10	20.31	23.51	13.09	8.20
4.59	357	273	194	1.15	0.20	1.43	0.68	1.34	3.00	4.73	10.81	19.51	37.14	32.02	23.29
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.25	2.62	19.52	18.71	50.77	50.95	38.38

(σ_y は揚圧力考慮)

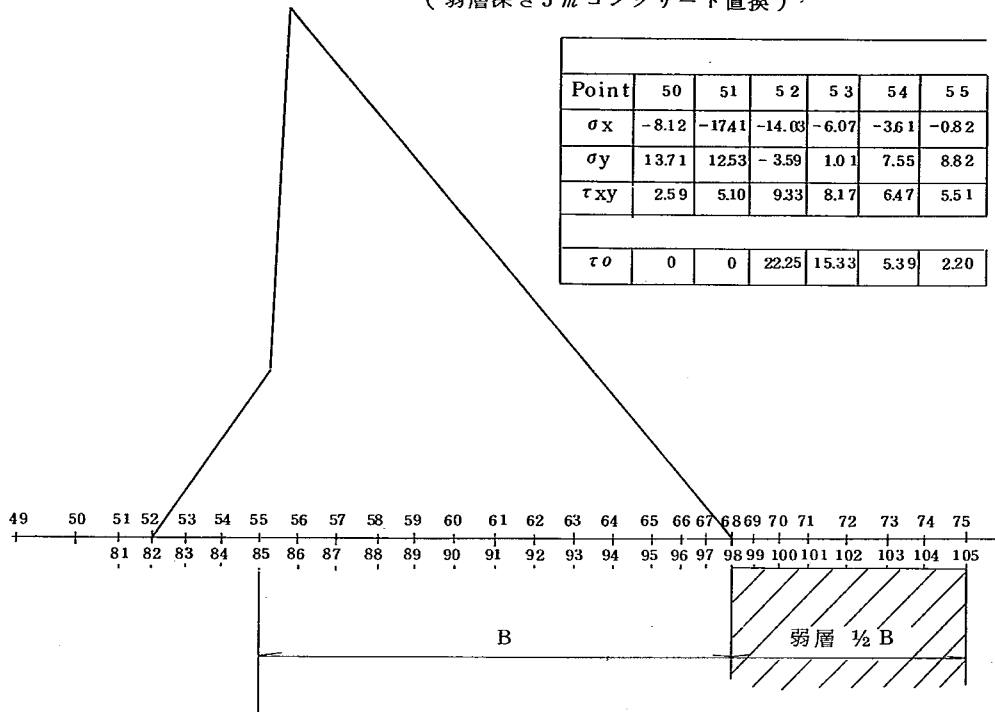
ダムベースより 5 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)															
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	72
17.92	13.77	14.70	14.83	12.43	5.23	3.88	4.02	6.01	7.63	11.30	9.90	7.61	8.11	46.09	4.10
2.11	1.68	0.98	0.36	2.14	0.09	0.69	0.83	0.81	1.89	5.23	13.11	16.93	19.41	7.30	0.37
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.32	26.25	30.71	0	0

(σ は揚圧力考慮)

大石ダム底辺節点応力

ケース 11

(弱層深さ 5 m コンクリート置換)



Point	50	51	52	53	54	55
σ_x	-8.12	-17.41	-14.03	-6.07	-3.61	-0.82
σ_y	13.71	12.53	-3.59	1.01	7.55	8.82
τ_{xy}	2.59	5.10	9.33	8.17	6.47	5.51
τ_0	0	0	22.25	15.33	5.39	2.20

- - - σ_y
 - - - τ_{xy}
 — 必要 τ_0

Point	82	83	84	85	86
σ	-2.50	2.68	7.83	9.59	10.21
t	6.20	5.13	4.63	4.24	4.01
τ_0	14.90	7.58	1.43	0	0

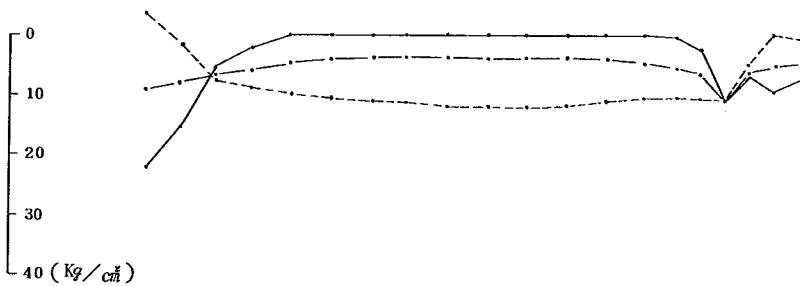


表 - 11

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)															
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
0.72	1.02	1.46	2.07	2.49	3.26	3.97	5.19	7.19	9.35	16.04	18.46	41.11	36.67	45.99	3276
9.86	10.36	11.1	11.46	11.91	11.99	12.10	11.80	11.21	10.86	10.59	10.53	10.60	5.34	-0.60	0.92
4.72	4.17	3.79	3.74	3.77	3.82	3.92	4.20	4.51	4.83	5.54	6.48	10.90	6.05	5.02	4.08
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.49	2.43	11.20	6.76	9.44	7.24

(σ_y は揚圧力考慮)

ダムベースより 5 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)															
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	70		
10.81	11.25	11.63	11.94	12.18	12.09	11.94	47.20	11.12	10.54	9.53	6.11	3.47	-0.60		
3.63	3.48	3.38	3.43	3.38	3.40	3.34	3.22	2.46	1.68	0.54	1.93	3.01	5.02		
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.55	10.64		

(σ は揚圧力考慮)

大石ダム底辺節点応力

ケース 12

(弱層深さ10mコンクリート置換)

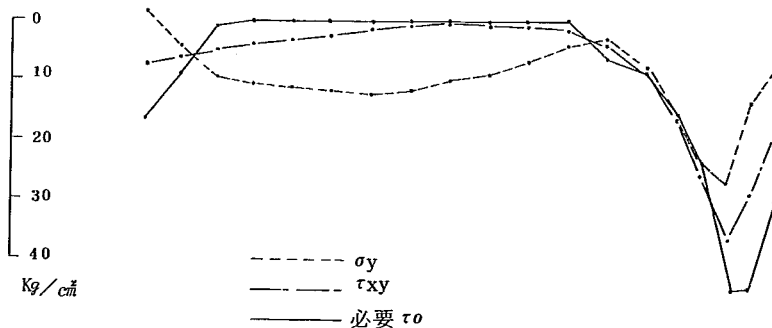
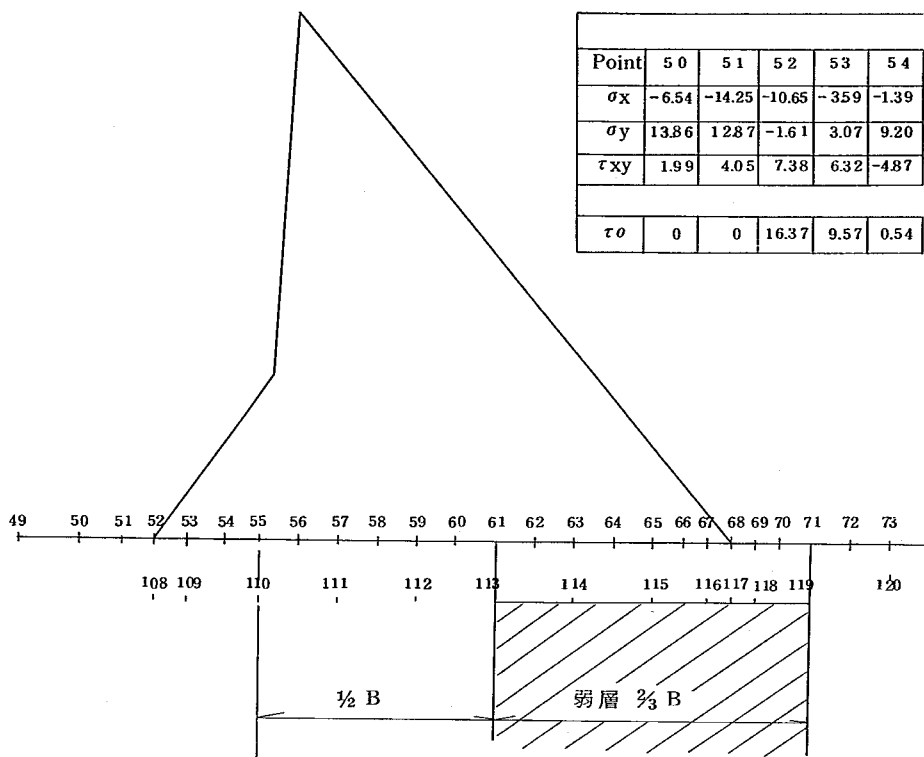


表 - 12

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)															
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
102	181	264	288	333	385	530	777	10.26	16.14	20.42	35.60	41.01	69.72	49.19	25.74
10.34	11.27	11.65	12.22	11.44	9.87	8.71	6.76	3.92	2.43	7.75	15.11	23.05	26.84	13.36	8.07
3.91	3.01	2.20	1.36	0.41	0.16	0.53	0.76	1.23	4.38	8.17	15.23	23.55	36.33	28.95	18.94
点安全率2以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.33	8.59	15.35	24.05	45.82	44.54	29.81

(σ_y は揚圧力考慮)

ダムベースより10m地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)												
Point	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
σ	0.07	4.90	11.28	12.49	13.85	10.35	3.02	4.48	6.48	8.76	6.84	16.06
τ	3.11	2.09	1.85	1.45	0.22	1.38	0.04	0.86	4.11	9.29	15.77	14.92
点安全率2以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)												
τ_0	6.15	0	0	0	0	0	0	0	1.74	9.82	24.70	13.78

(σ は揚圧力考慮)

大石ダム底辺節点応力

ケース 13

(弱層深さ10mコンクリート置換)

Point	50	51	52	53	54
σ_x	-7.22	-15.91	-12.68	-5.16	-2.82
σ_y	13.74	12.61	-30.5	1.42	7.71
τ_{xy}	2.43	4.79	8.76	7.69	6.10
τ_0	0	0	20.57	13.96	4.49

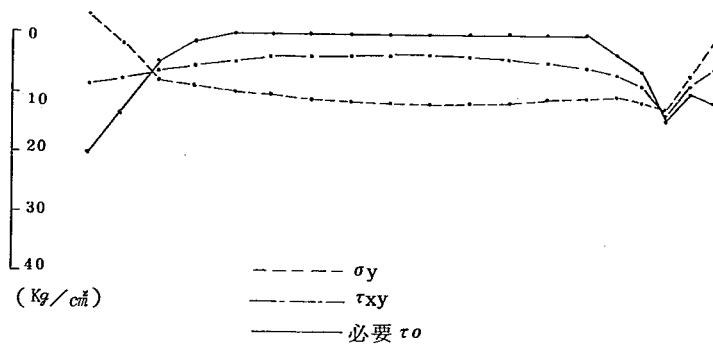
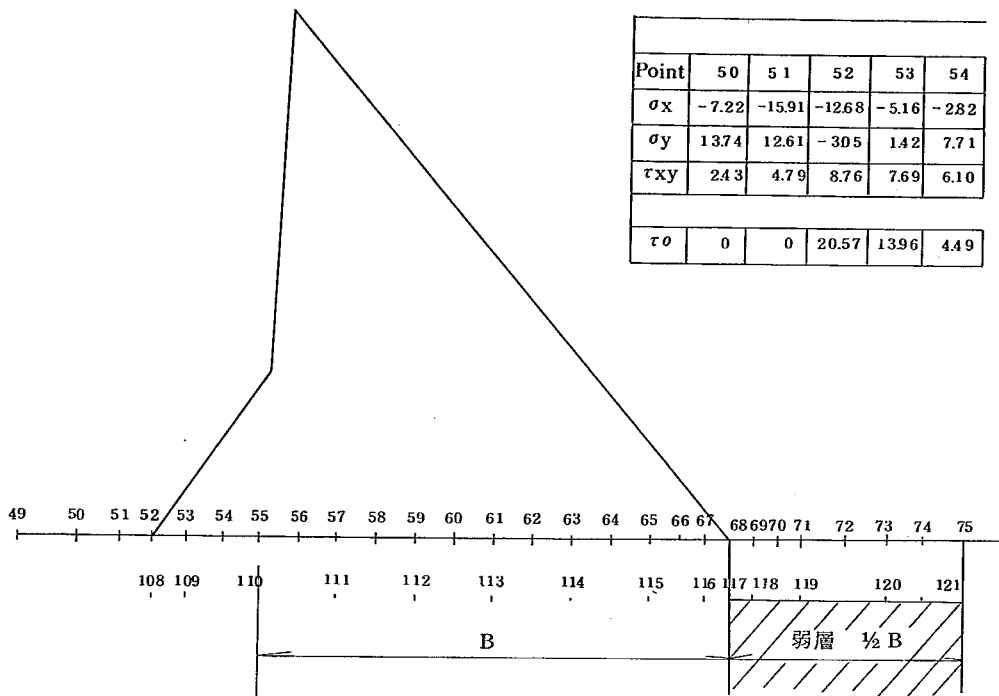


表 - 13

ダム底辺の節点における応力 (Kg/cm ²)															
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
-0.19	0.61	1.58	2.03	2.66	3.12	3.96	4.80	6.20	8.57	11.20	18.62	22.18	43.28	38.11	43.78
8.87	9.61	10.26	10.93	11.25	11.66	11.69	11.72	11.37	10.70	10.50	10.22	11.36	12.83	6.60	0.17
5.19	4.43	3.91	3.55	3.51	3.54	3.62	3.75	4.09	4.53	5.17	6.67	8.71	13.70	7.79	5.63
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)															
1.51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.12	6.06	14.57	8.98	11.09

(σ_y は揚圧力考慮)

ダムベースより 5 m 地点の岩盤内応力 (Kg/cm ²)														
Point	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
σ	-1.10	3.44	9.58	10.67	11.33	11.70	11.60	11.01	9.15	5.91	3.15	1.87	1.12	4.62
τ	4.15	3.15	3.04	2.95	2.71	2.76	2.39	1.32	0.22	0.17	2.84	4.18	4.07	6.63
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度 (Kg/cm ²)														
τ_0	9.40	2.86	0	0	0	0	0	0	0	0	2.53	6.49	7.02	8.64

(σ は揚圧力考慮)

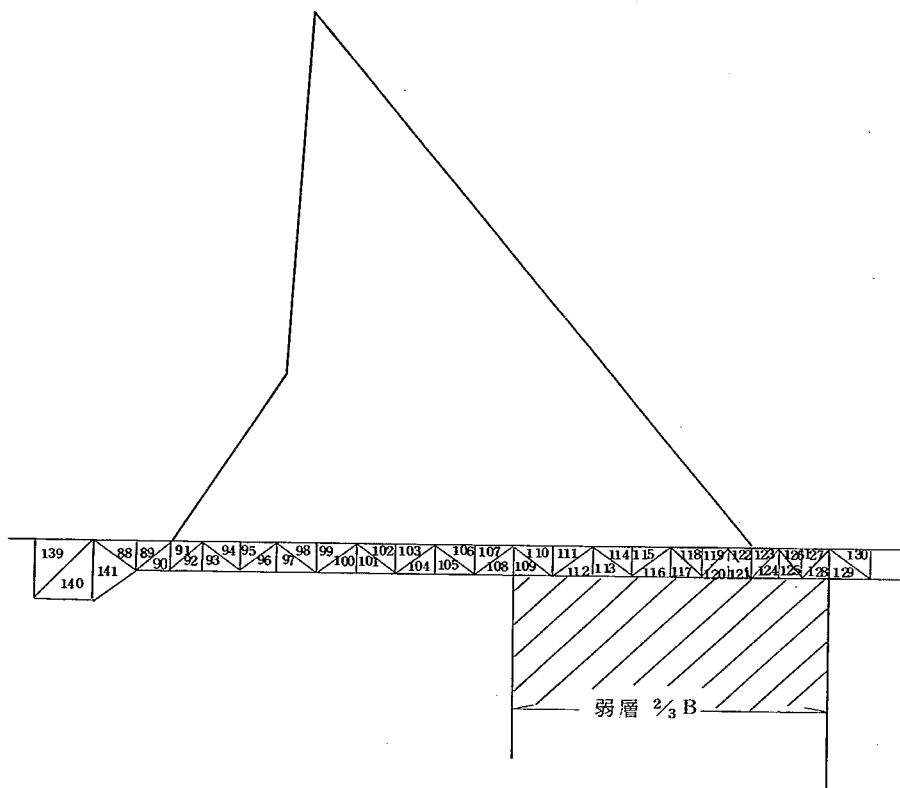


表 - 14

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
σ_y	13.71	13.88	12.22	14.08	9.69	0.27	0.05	4.72	5.81	8.44	9.26	11.78	12.43	13.45	13.78	15.42
τ_{xy}	2.26	3.06	3.81	5.10	9.49	14.36	7.80	9.43	7.61	6.81	6.28	6.15	5.60	4.97	4.61	4.41
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	9.29	28.45	15.05	14.14	9.41	5.18	3.30	0.52	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
σ_y	15.83	17.20	17.35	18.95	19.16	20.79	20.67	25.01	2.92	4.43	4.40	5.17	5.30	6.30	6.35	7.40
τ_{xy}	3.98	3.55	3.26	3.28	2.66	2.25	0.75	1.30	0.57	0.72	0.96	1.53	2.11	2.35	2.47	3.16
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130		
σ_y	7.7	9.3	9.4	10.8	11.1	12.2	18.1	5.9	5.8	3.2	0.6	2.1	0.8	0.7		
τ_{xy}	4.2	4.1	4.6	5.4	6.6	6.3	1.69	8.2	7.6	7.5	4.4	5.9	0.7	11.8		
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	2.1	0.4	15.7	10.3	9.4	11.8	8.2	9.7	0.6	22.9		

大石ダムベース付近岩盤要素応力

ケース 9

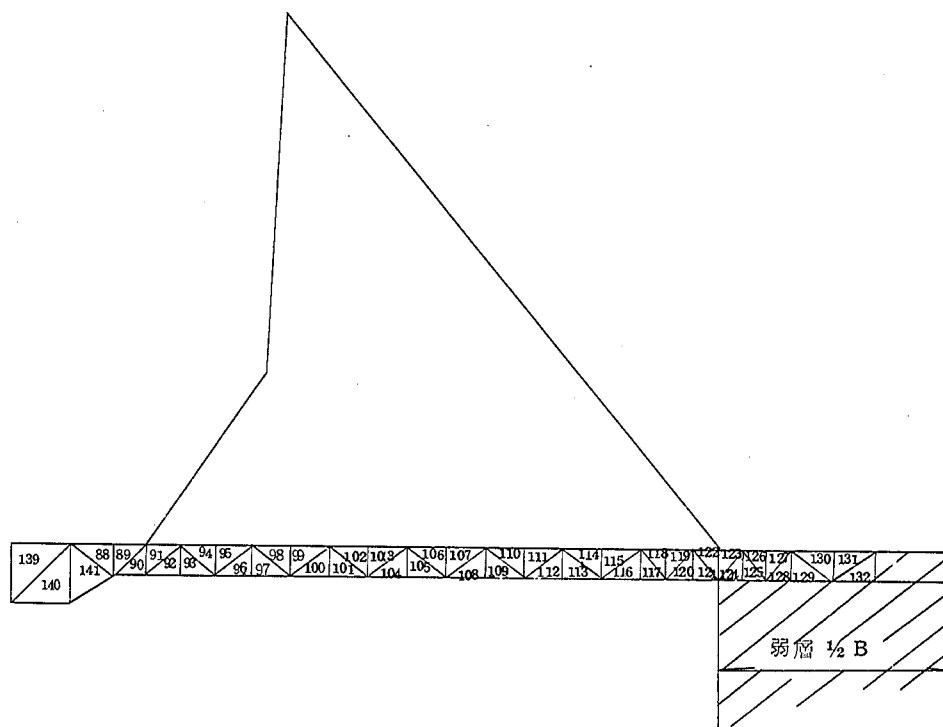


表 - 15

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
σ_y	13.78	13.94	12.66	14.09	10.53	2.93	3.65	6.84	7.65	9.14	9.71	11.04	11.48	11.59	11.80	12.44
τ_{xy}	1.97	2.42	3.41	4.17	7.62	11.42	6.76	7.82	6.80	6.08	5.93	5.59	5.62	5.08	4.97	4.60
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	4.71	19.91	9.87	8.80	5.95	3.02	2.15	0.14	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
σ_y	10.66	12.85	12.92	13.38	13.51	13.55	13.62	13.81	13.91	13.71	13.77	13.61	13.72	12.94	13.07	10.12
τ_{xy}	4.65	4.28	4.33	4.13	4.44	4.24	4.36	4.20	4.52	4.39	4.58	4.44	4.85	4.87	5.06	4.81
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
σ_y	12.2	10.8	11.0	9.7	9.3	6.9	3.1	1.3	1.2	0.6	0.0	0.3	0.1	0.0	-0.1	0.0
τ_{xy}	4.7	5.0	5.0	4.4	3.6	4.5	3.5	1.8	1.7	1.5	1.0	0.9	0.5	0.5	0.4	0.6
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	2.1	3.9	2.3	2.2	2.4	2.0	1.5	0.9	1.0	0.9	1.2

表 - 16

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
σ_y	13.96	14.03	12.98	14.08	11.16	4.73	5.42	8.28	9.02	10.41	10.95	12.34	12.78	13.04	13.25	14.13
τ_{xy}	1.49	1.96	2.57	3.44	6.23	9.53	5.26	6.19	5.21	4.56	4.31	4.03	3.74	3.22	2.98	2.66
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	1.30	14.33	5.10	4.10	1.40	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	101	102	103	104	105	106	107	108	157	158	159	160	161	162	163	164
σ_y	14.37	14.77	14.85	15.58	15.66	14.71	14.64	8.87	24.3	2.4	4.0	3.8	3.8	5.3	5.3	5.3
τ_{xy}	2.31	1.92	1.68	1.46	0.73	0.58	0.17	1.68	2.9	0.3	0.4	0.7	0.9	1.3	1.4	1.7
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	0	0				0		0.42		2.36	
エレメント No.	165	166	167	369	168	169	170	171	172	173	129	130				
σ_y	7.7	7.2	7.2	7.7	7.8	5.3	5.8	4.1	3.9	3.6	3.6	0.6				
τ_{xy}	2.7	3.2	3.9	4.2	5.7	6.7	7.1	6.4	6.2	28.1	3.6	0.6				
τ_0	0	0	0.2	0.7	3.6	8.1	8.4	8.4	8.5	52.6	3.6	0.6				

大石ダムベース付近岩盤要素応力

ケース 11

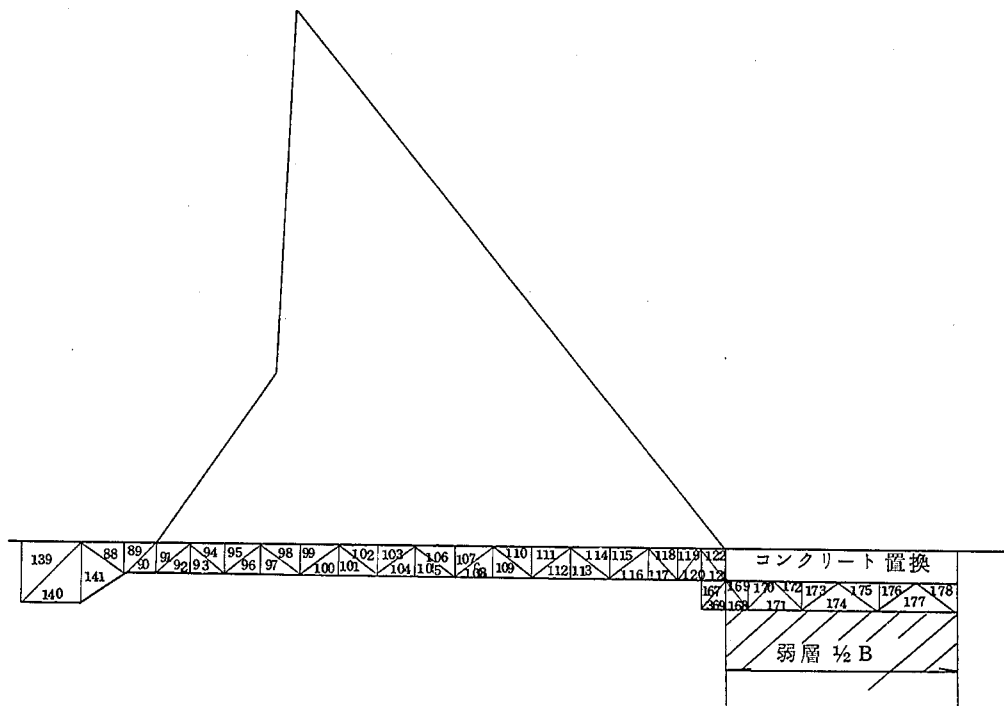


表 - 17

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
σ_y	1387	1399	1291	1407	1099	441	507	776	845	959	1009	1112	1151	1150	1168	1218
τ_{xy}	1.70	2.04	3.00	3.61	6.59	9.85	5.90	6.77	5.93	5.30	5.18	4.84	4.85	4.37	4.27	3.92
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	2.19	15.29	6.73	5.78	3.41	10.1	0.27	0	0	0	0	0

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
σ_y	1238	1243	1252	1288	1300	1293	1302	1315	1326	1279	1293	1265	1281	1171	1209	1128
τ_{xy}	3.94	3.61	3.65	3.44	3.72	3.50	3.64	3.44	3.69	3.54	3.71	3.44	3.75	3.56	3.75	2.93
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

エレメント No.	117	118	119	120	121	122	167	369	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178
σ_y	114	10.0	11.0	9.5	9.2	3.1	10.0	9.6	1.4	1.7	1.8	2.4	1.5	1.5	10	0.6	0.7	0.2	1.0
τ_{xy}	2.5	1.8	2.4	0.3	0.3	0.8	0.8	0.0	1.5	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.4	2.5	2.3	2.3	2.1
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																			
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.3	1.8	1.8	3.3	3.5	3.8	4.4	3.9	4.4	3.2

大石ダムベース付近岩盤要素応力

ケース 12

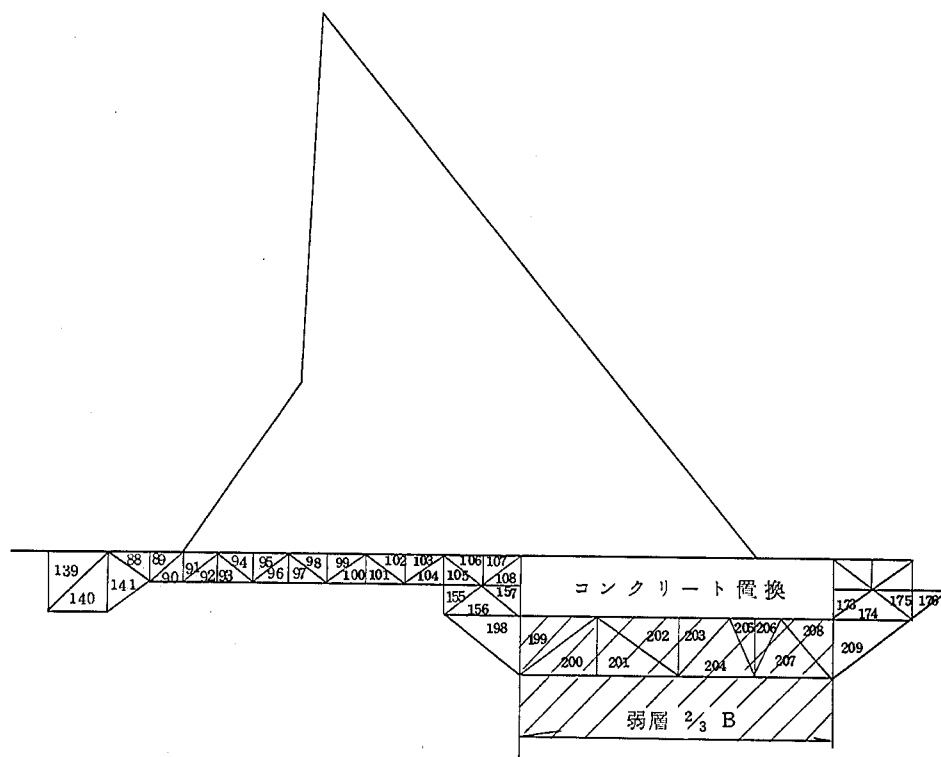


表 - 18

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
σ_y	14.04	14.08	13.22	14.09	11.64	6.41	7.09	9.64	10.27	11.26	11.70	12.69	13.04	12.98	13.14	13.67
τ_{xy}	1.25	1.64	2.16	2.94	5.16	8.00	4.44	5.15	4.48	3.86	3.75	3.40	3.25	2.76	2.57	2.17
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	9.59	1.79	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																
エレメント No.	101	102	103	104	105	106	107	108	155	156	157	198	199	200	201	202
σ_y	13.82	13.77	13.78	14.00	13.88	10.77	10.86	7.61	14.7	11.7	7.9	20.9	2.1	3.6	3.6	4.6
τ_{xy}	1.88	1.48	1.21	0.76	0.29	0.50	0.18	1.29	0.1	1.0	1.2	1.4	0.0	0.5	1.1	1.1
点安全率 2 以上を満足する岩盤のせん断強度																
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エレメント No.																
	203	204	205	206	207	208	209	173	174	175	176					
σ_y	4.5	5.5	4.4	4.6	4.5	2.9	26.0	19.0	0.3	1.6	0.9					
τ_{xy}	2.0	2.7	3.7	4.4	4.3	4.5	19.2	2.8	0.6	3.1	0.1					
τ_0	0	0	3.0	4.2	4.1	6.1	12.4	0	0.9	4.6	0					

大石ダムベース付近岩盤要素応力

ケース 13

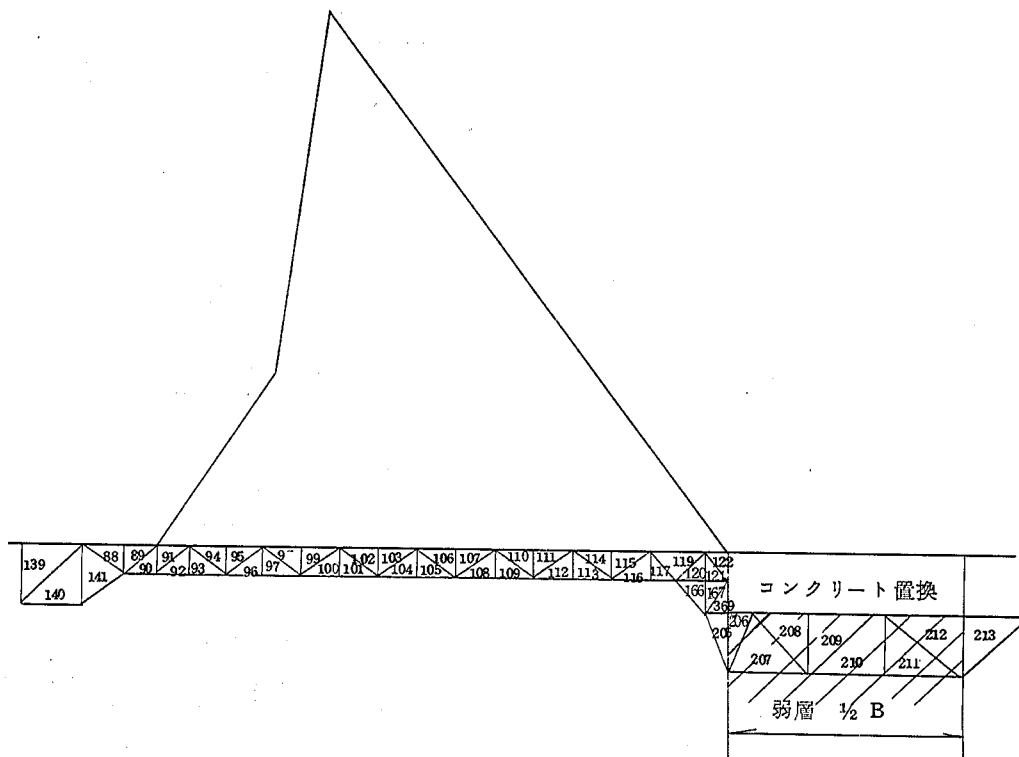
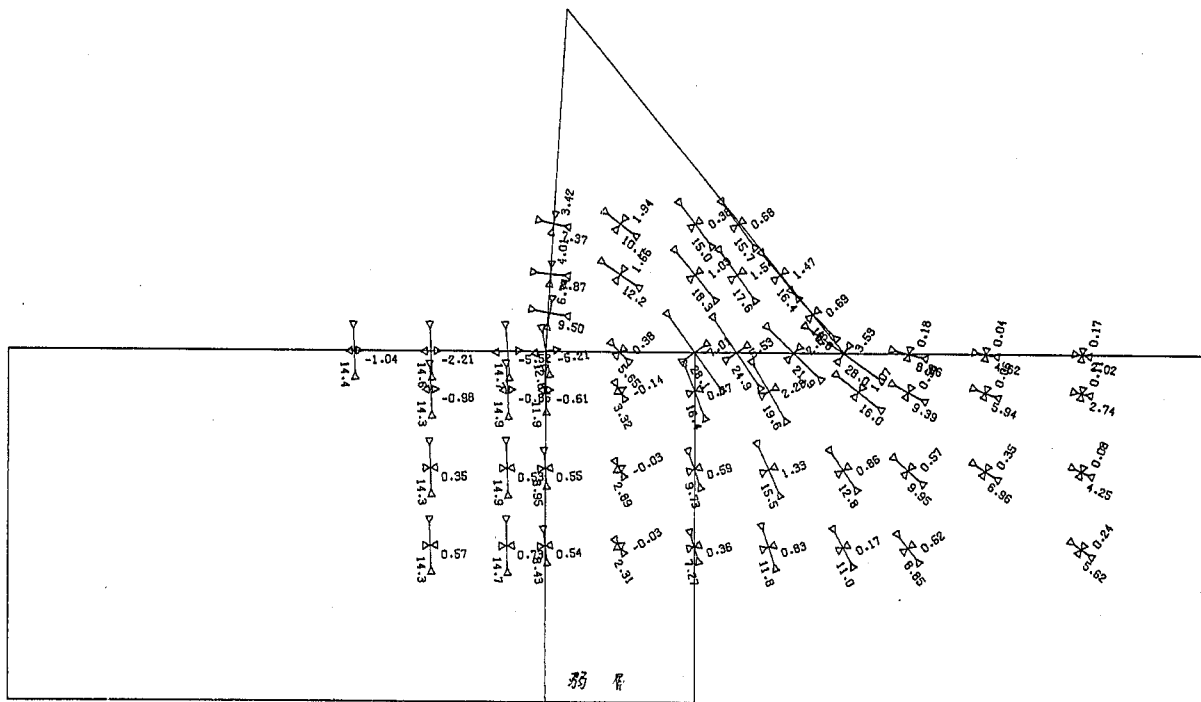


表 - 19

ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																	
エレメント No.	139	140	141	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
σ_y	13.90	14.00	13.00	14.06	11.17	4.99	5.62	8.10	8.76	9.76	10.23	11.15	11.51	11.47	11.63	12.08	
τ_{xy}	1.59	1.90	2.83	3.40	6.19	9.24	5.57	6.36	5.59	5.01	4.89	4.56	4.56	2.51	2.68	2.57	
点安全率 2 以上を満足するせん断強度																	
τ_0	0	0	0	0	1.11	13.49	5.50	4.62	2.42	0.26	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																	
エレメント No.	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	
σ_y	12.26	12.27	12.35	12.67	12.80	12.68	12.77	12.85	12.98	12.40	12.56	12.18	12.39	11.12	11.56	10.53	
τ_{xy}	2.76	2.90	2.98	2.93	3.47	3.28	3.40	3.21	3.43	3.31	3.49	3.22	3.52	3.39	3.67	2.96	
点安全率 2 以上を満足するせん断強度																	
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ダムベース付近における応力 (Kg/cm ²)																	
エレメント No.	117	118	119	120	121	122	166	167	369	205	206	207	208	209	210	211	212
σ_y	11.0	9.1	10.2	9.3	9.9	4.8	8.9	9.5	4.9	9.5	0.9	1.9	1.7	1.9	1.0	1.1	1.1
τ_{xy}	2.5	2.3	3.3	2.1	2.5	2.8	1.0	0.6	4.9	2.6	0.8	1.7	2.0	2.4	2.4	2.3	2.2
点安全率 2 以上を満足するせん断強度																	
τ_0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	4.9	0	0.7	1.5	2.3	2.9	3.8	3.5	3.3
点安全率 2 以上を満足するせん断強度																	
τ_0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	4.9	0	0.7	1.5	2.3	2.9	3.8	3.5	3.3

☒ - 6

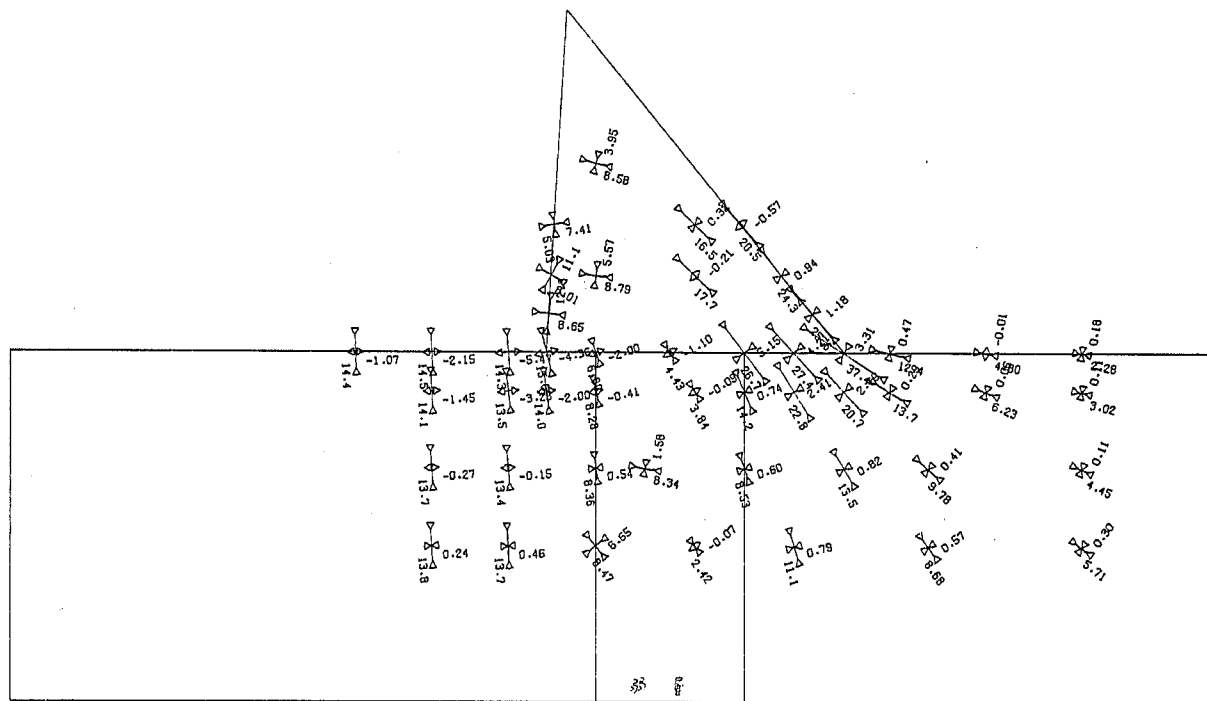
OOISHI-DAM OORYOKU CASE1
PRINSPAL STRESS



-10 0 10
SCALE
KG/CM

図 - 7

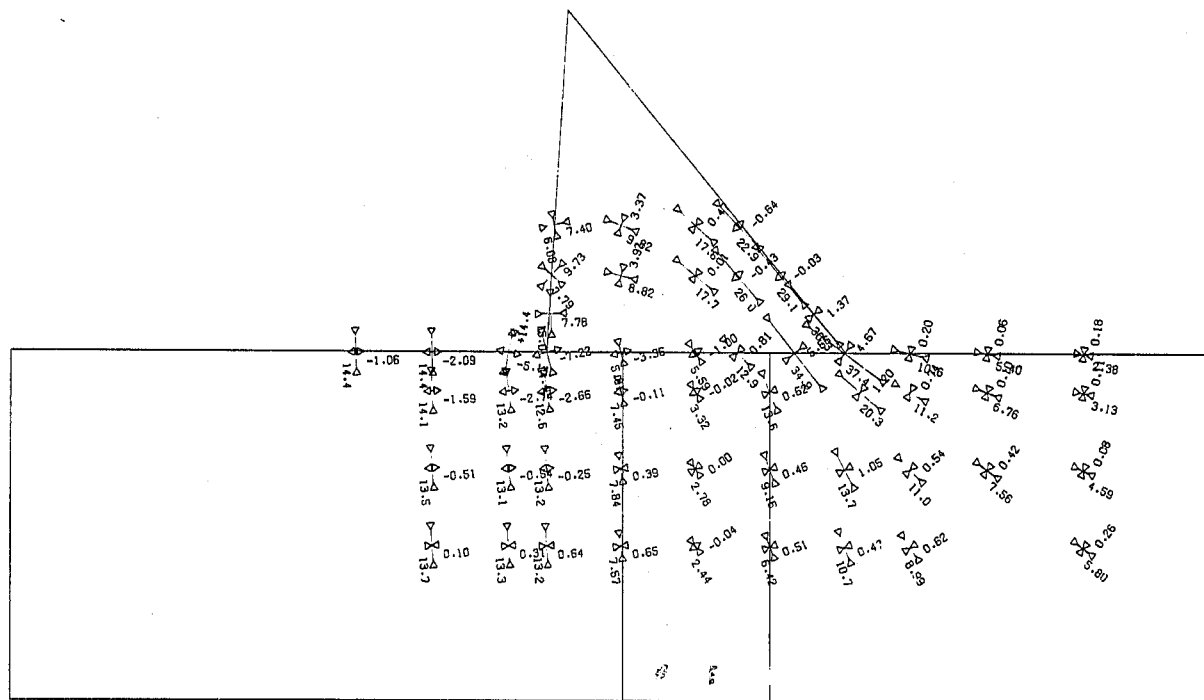
OOISHI-DAM OORYOKU CASE2
PRINSPAL STRESS



-10.010
SCALE
KG/CM

図 - 8

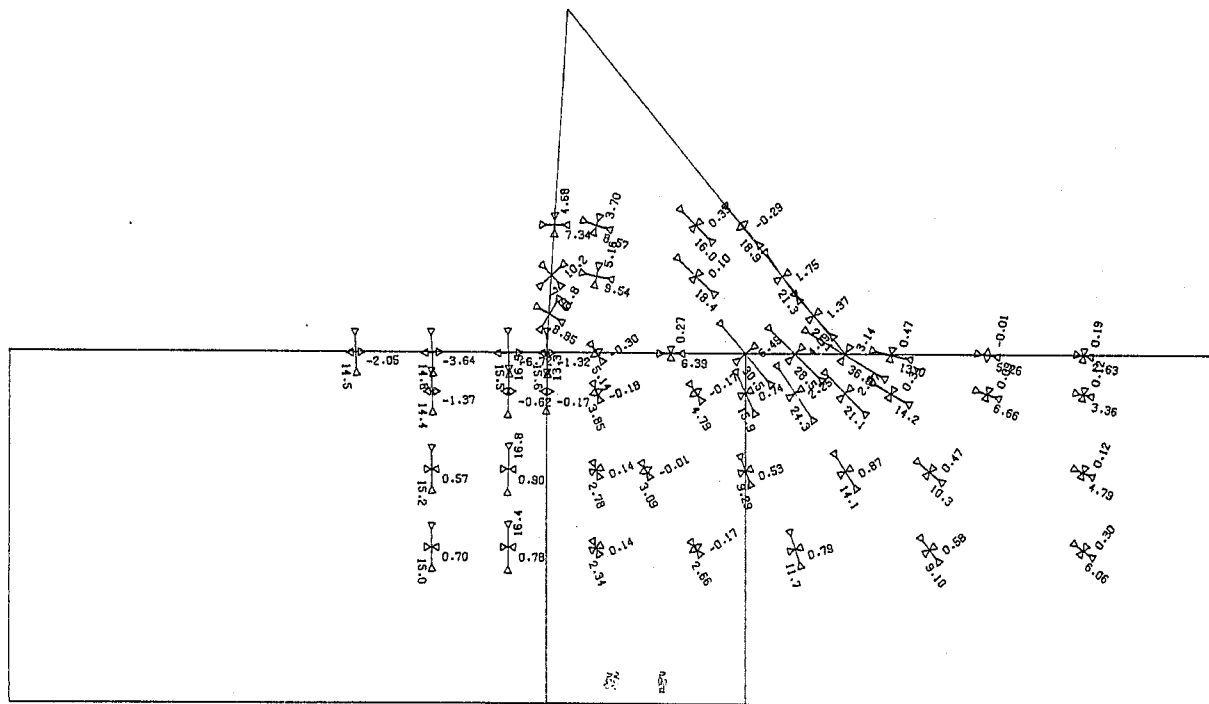
OOISHI-DAM OORYOKU CASE3
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

☒ - 9

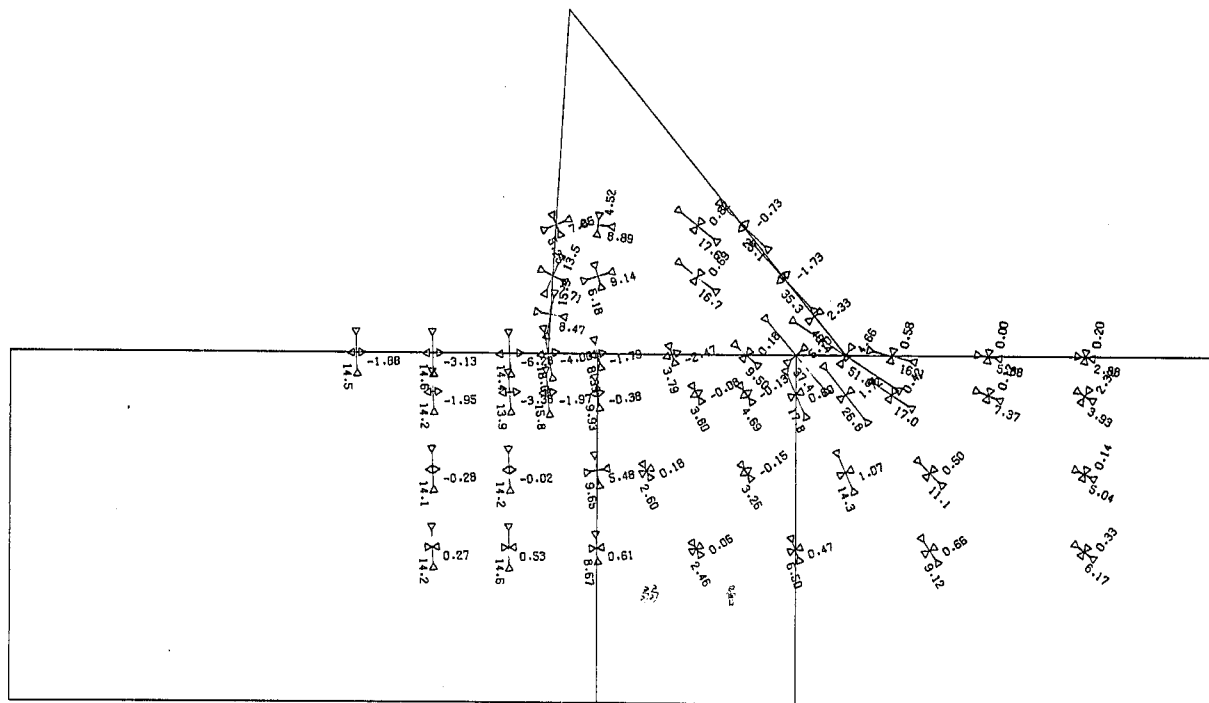
OOISHI-DAM OORYOKU CASE4
PRINSPAL STRESS



-10.010
SCALE
KG/CM

図 - 10

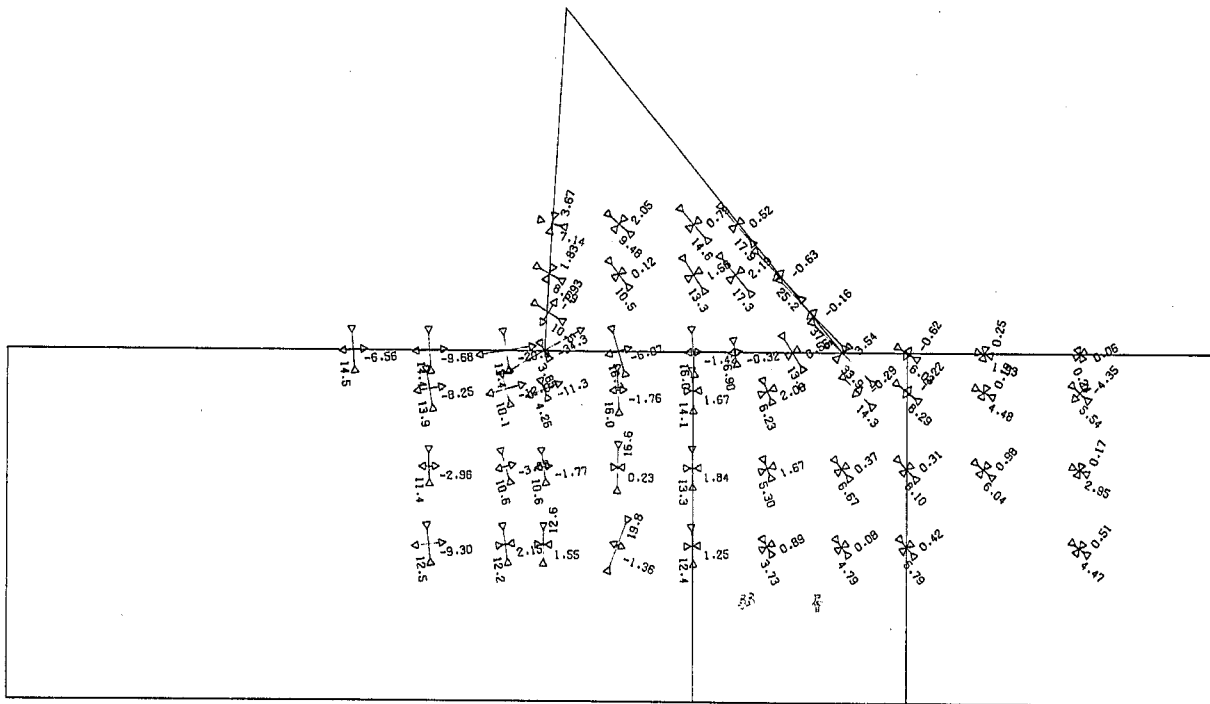
OOISHI-DAM OORYOKU CASE5
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

图 - 11

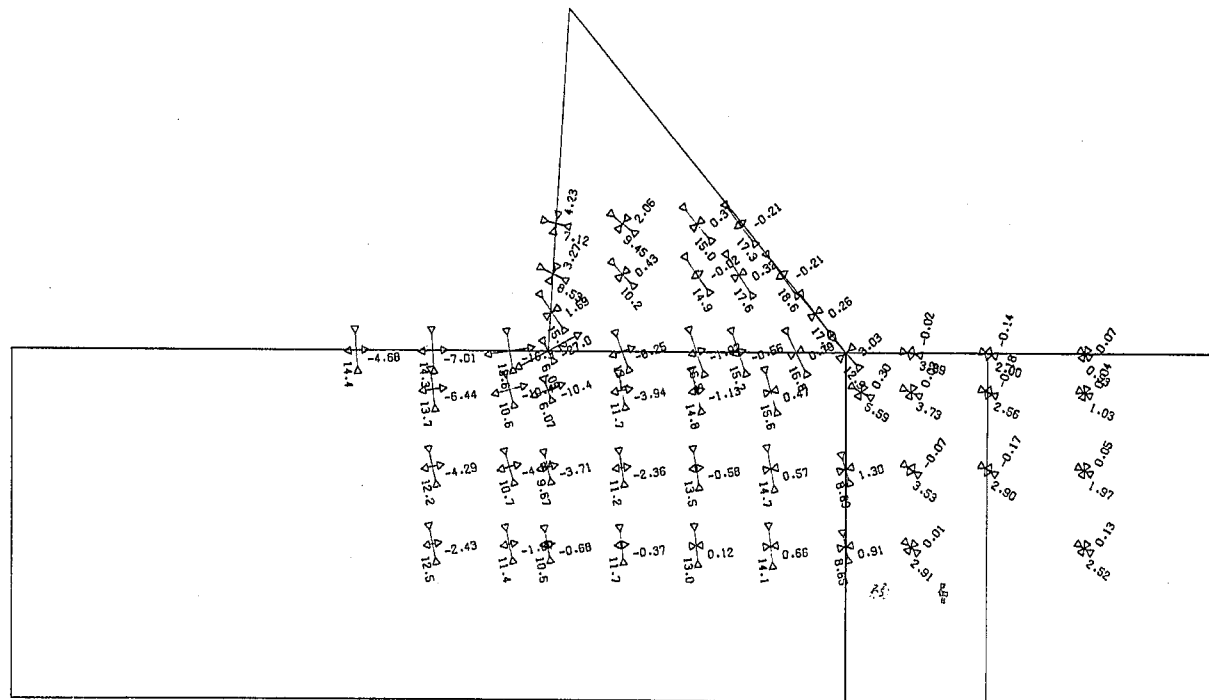
OOISHI-DAM OORYOKU CASE6
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

図 - 12

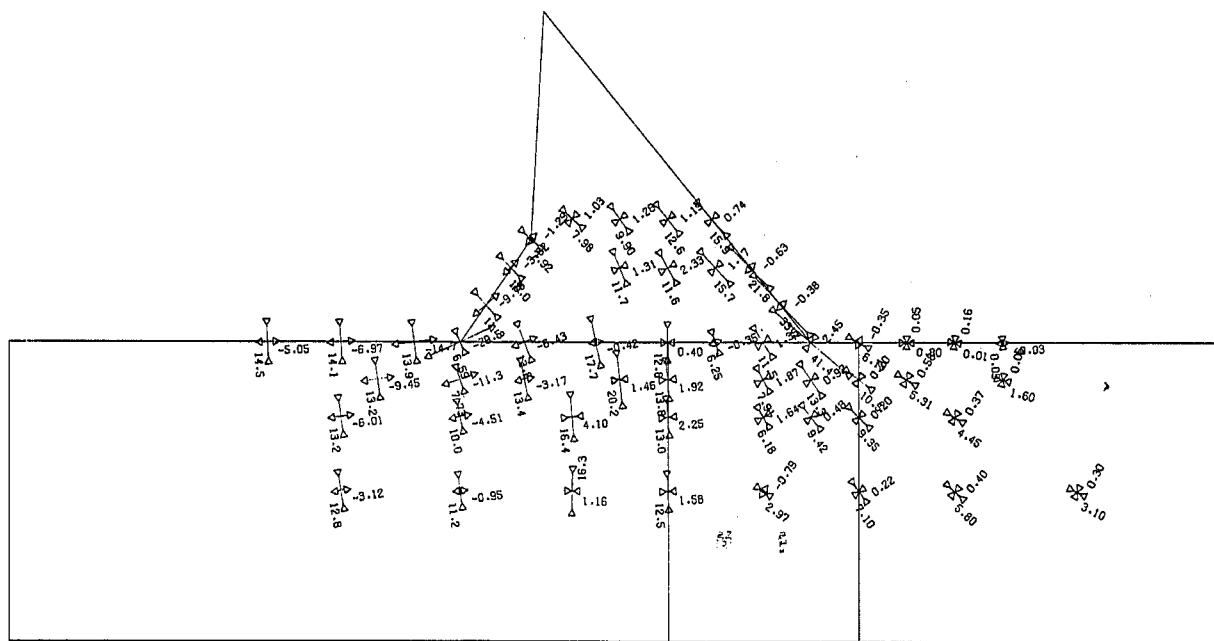
OOISHI-DAM OORYOKU CASE7
PRINSPAL STRESS



-10 0.10
SCALE
KG/CM

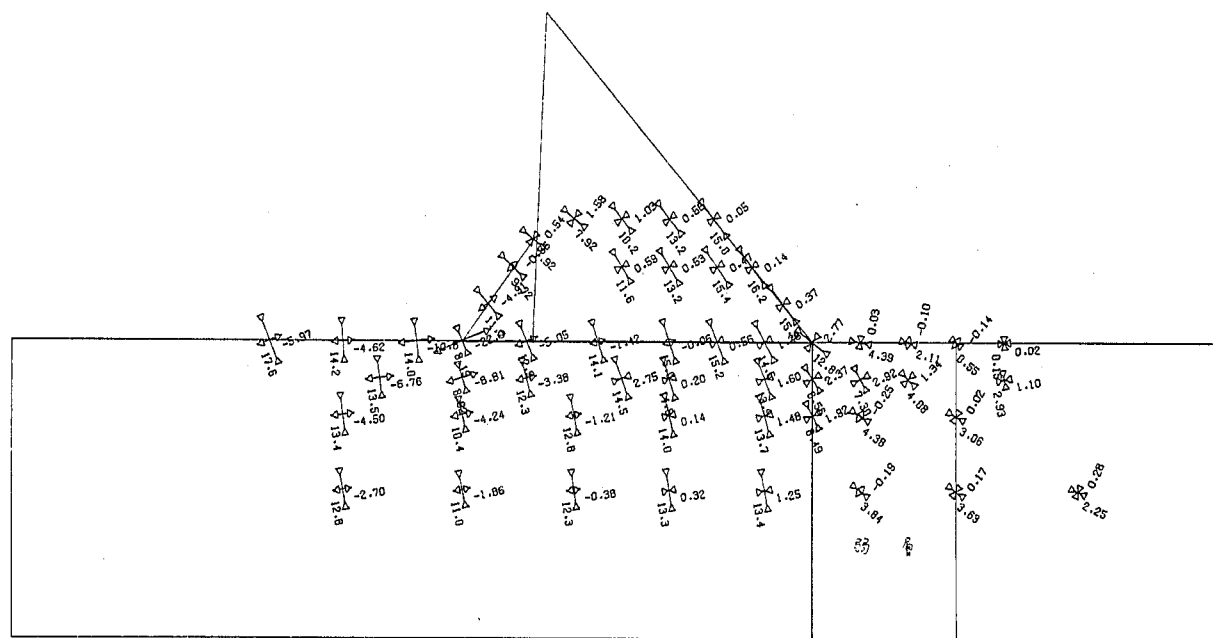
図 - 14

OOISHI-DAM OORYOKU CASE8
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

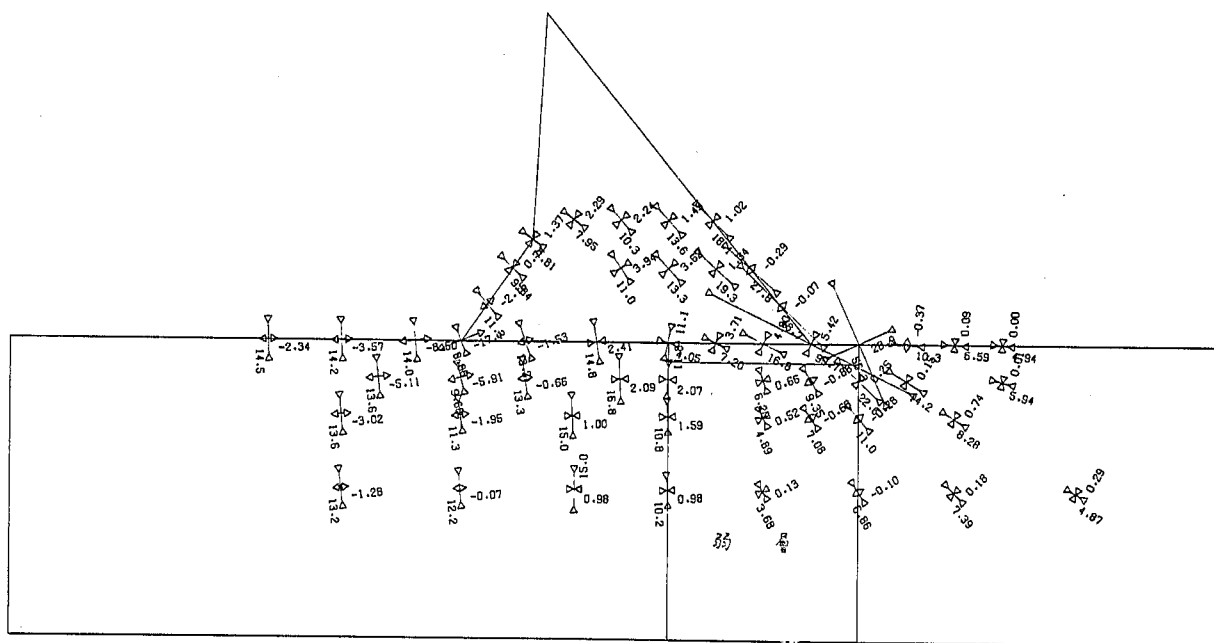
OOISHI-DAM OORYOKU CASE-9
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

図 - 16

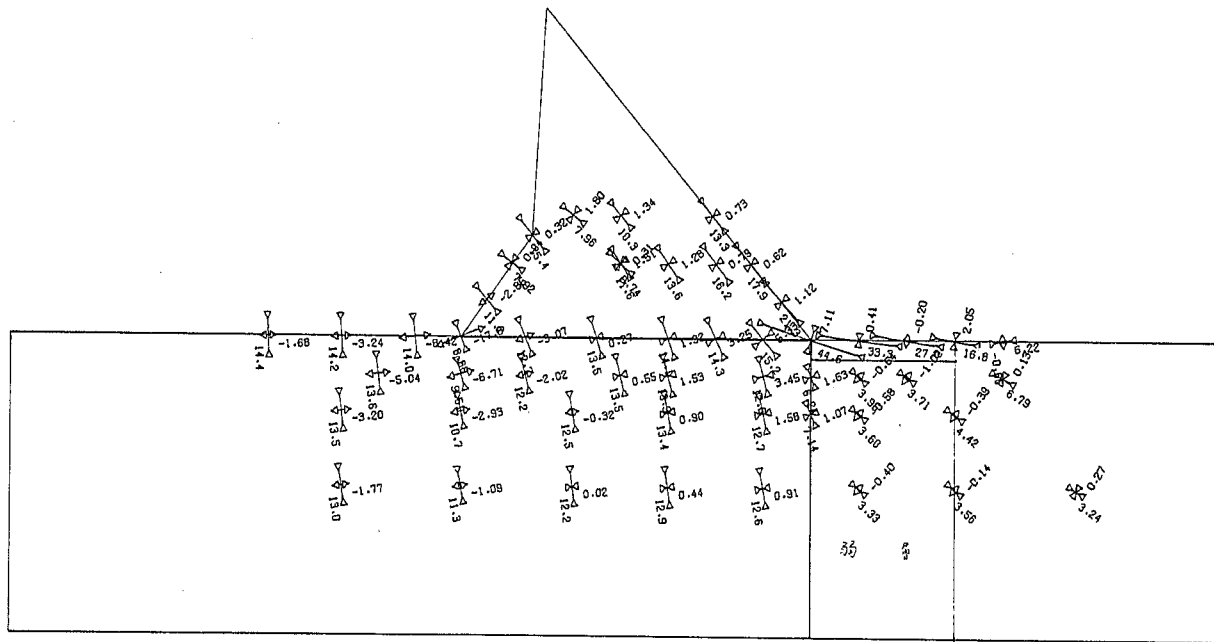
OOISHI-DAM OORYOKU CASE10
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

図 - 17

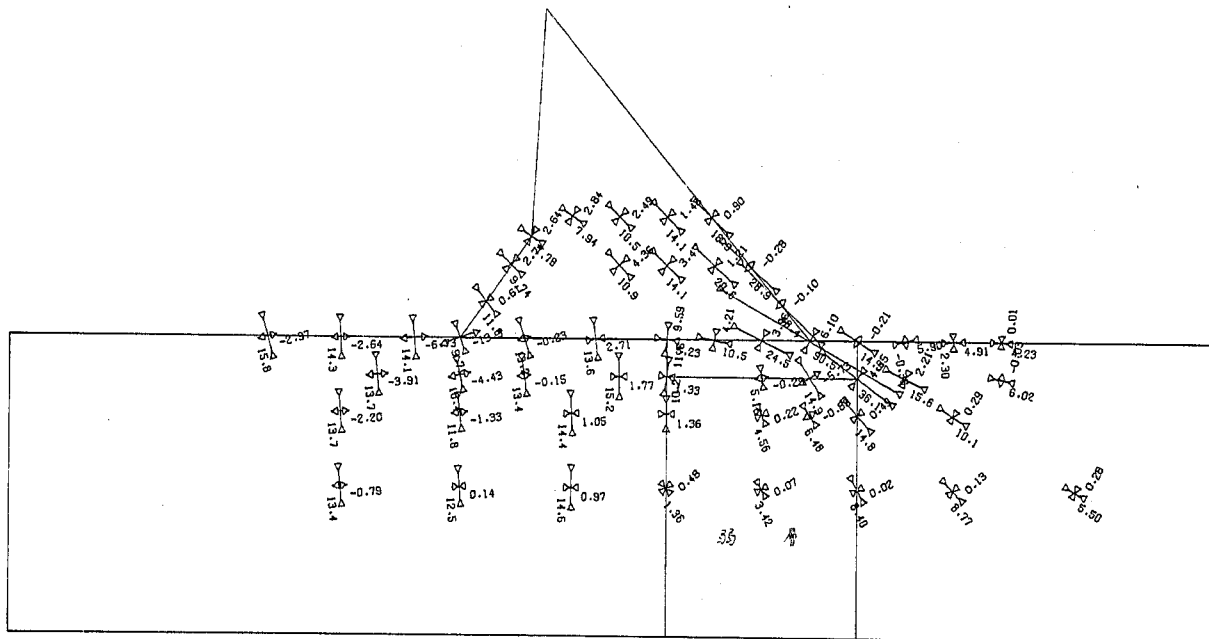
OOISHI-DAM OORYOKU CASE-11
PRINSPAL STRESS



-10.010
SCALE
KG/CM

図 - 18

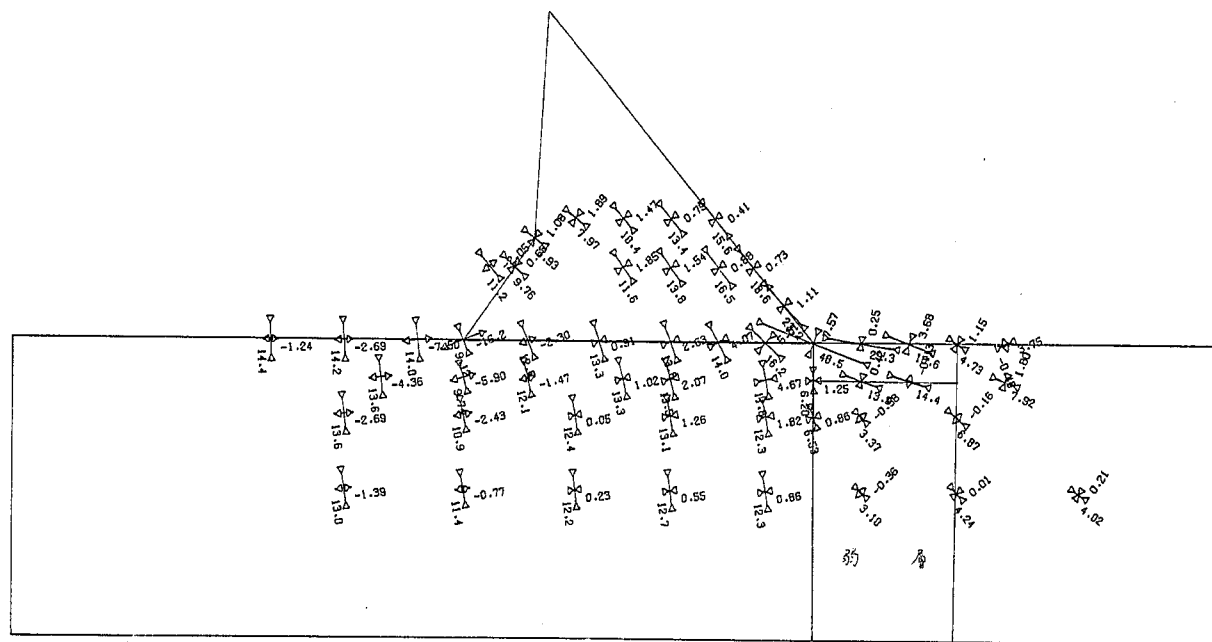
OOISHI-DAM OORYOKU CASE12
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

図 - 19

OOISHI-DAM OORYOKU CASE-13
PRINSPAL STRESS



-10 010
SCALE
KG/CM

図 - 20

OOISHI-DAM OORYOKU CASE14
PRINSPAL STRESS

