

黒部川第四ダム地点の岩盤試験について

野 瀬 正 儀

1. まえがき

黒部川第四ダム（黒四ダム）の基盤について行われてきた一連の調査（地表踏査、ボーリング、調査横坑の掘削などによる地質調査にはじまり、弾性波試験、透水試験及び水室試験などを経た）の最終的な段階として基盤の安定性を確認するために、大規模な現場岩盤試験が実施された。そのねらいは岩盤及び断層の強度と変形性、下記要素への依存性を明らかにする点にある。すなわち岩自体の性質、地質学的分離面の状態、荷重状態並びに荷重の方向である。

大規模な現場試験は、かつてオーストリーの STINI¹及び MÜLLER² によつて提案されたが、今日まで岩盤の現場試験は殆んど変形性に関するものに限られてきた。強度試験も行われたことはあるが僅かな例を数えるに過ぎず黒四におけるような広範なものはない。

現場岩盤試験の結果は、広範な一般的試験（コアの1軸及び3軸圧縮試験、ジャッキによる岩盤の変形試験、断層物質の土質試験等）によつて補足され、これ等の試験の結果と現場岩盤試験の結果を比較することによつて、他のダム地点における類似の岩盤の強度と変形性を推定するための手がかりも得られた。本文では、黒四で行つた現場岩盤試験の種類、方法並びに実施要領を述べ結果の一部を提示する。

2. 試験位置

試験の位置は次の観点から決定された¹；地質状態に最も多くの問題をほらみ、応力の方向及び大きさにも或る程度注意を要する領域を、選定すること；その領域内で平均的なクラスの岩盤を試験対象の主体とすること；ダムの基盤表面から50 m程度の位置におくこと、これは基盤の安定性にとつて重要な領域にありしかも地質調査は最も行きとどいてゐる。断層の試験は、断層自体の性質が場所的に大きく変わることがないので、実施に便利な場所を選んだ。以上の結果、試験の位置は左右両岸とも殆んどものが BL・1.360 m から、BL・1.390 m の間に集中された。冬期の問題、他工事との関係、接近の

¹ 関西電力 K・K・取締役兼向井黒部川第四水力発電所建設事務所長

² STINI, J. : Beheltemäßige Untersuchungen der Gebirgsfestigkeit.

GEOL. U. BAUWES., 20, S. 34 (1953).

MÜLLER, L. : Wo steht die Ingenieurgeologie. ? GEOL. U. BAUWES., H. 3, (1943).

方法などを考慮して、試験チャンバーはすべて地下に設けられ、また工費及び時間の節約のために可能な限り既存のトンネルを利用した。Fig. 1 に試験チャンバーの平面位置を、Fig. 2 に標高を示す。

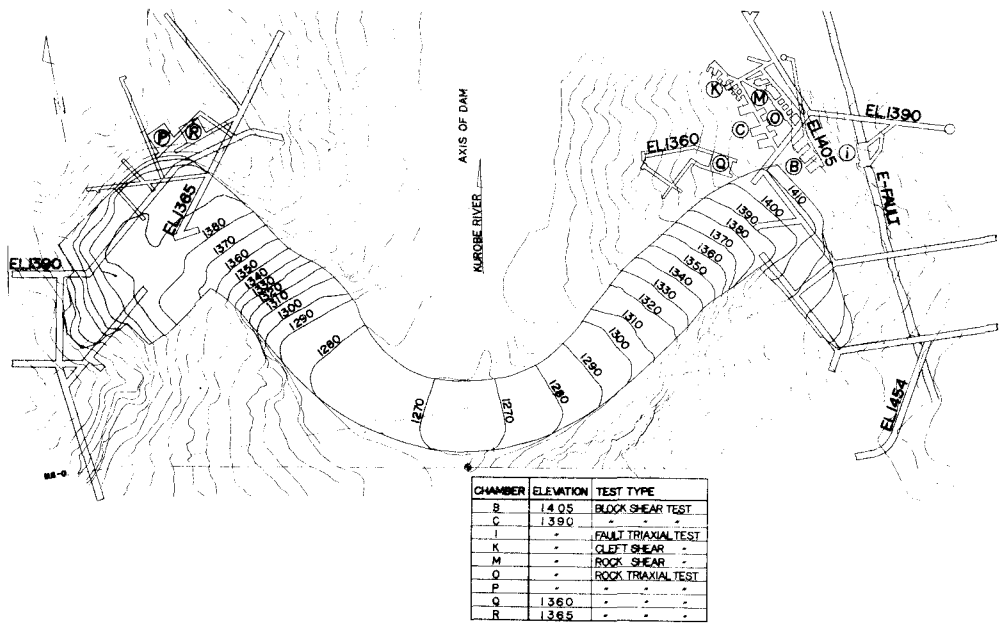


Fig. 1 GENERAL PLAN

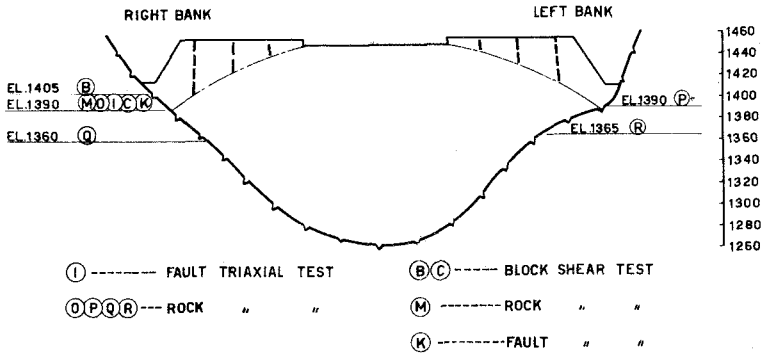


Fig. 2 ELEVATION OF TEST CHAMBERS

3 試験方法

3.1 試験ブロックの大きさ

岩盤は断層やクレフトなどの地質学的分離面の存在による不連続性と力学的異方性のため、土その他の材料とはかけ離れた性質をもっている。従つて強度や変形性の試験も岩盤の特殊な性格に適した方法によらなければならない。すなわち岩盤を代表するに実用上十分な試験ブロックの寸法は、ブロックが岩石学的並びに面構造的に統計上の価値を失わぬことと試験技術からする制約の両者を考慮して定められた。前者に対しては地質学的な方向に発達している分離面を十分に含まなければならないのでブロックの大きさは場合により10m以上に及んだ。一般に岩盤試験ブロックの必要寸法は、クレフトの平均間隔の10倍程度なければならない。断層物質もその中全体にわたつて一様ではなく、ローム質の層もあれば破碎された岩の層もある。従つて、その試験にはやはり10m程度のブロックが要求される。

3.2 試験形式

試験の内容は剪断試験と圧縮試験の2種類に分類される。

前者はコンクリートブロックと岩盤の境界面沿いの剪断（ブロック剪断試験）、岩盤の剪断（岩盤剪断試験）並びに断層沿い

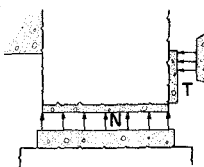
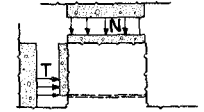
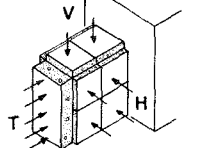
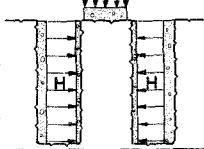
CHAMBER	TYPE OF TEST	PRINCIPLE OF TEST	LOCATION	NUMBER OF BLOCKS
B.C	BLOCK SHEAR TEST		RIGHT BANK: EL.1390 EL.1405	6
M	ROCK SHEAR TEST		RIGHT BANK: EL.1390	2
K	FAULT SHEAR TEST		RIGHT BANK: EL.1390	2
O.P Q.R	ROCK TRIAXIAL TEST		RIGHT BANK: EL.1390 EL.1360 LEFT BANK: EL.1390 EL.1365	12
1	FAULT TRIAXIAL TEST		RIGHT BANK: EL.1390	3

Fig.3 TYPE AND PRINCIPLE OF TEST,
LOCATION OF CHAMBER, AND
NUMBER OF BLOCKS

の剪断（断層剪断試験）を含み、後者は岩盤及び断層物質の3軸圧縮（岩盤3軸圧縮試験及び断層3軸圧縮試験）を含む。試験の形式、载荷の要領、試験ブロックの数及び試験位置をFig.-3に一括する。

これ等の試験の形式を以下簡単に説明する。

3. 2. 1 ブロック剪断試験 (Fig.-4)

コンクリートブロック（ $375\text{mm} \times 25\text{mm} \times 2\text{m}$ ）の基盤面は水平に対して 20° 傾斜し、ダムの基盤に準ずる方法で仕上げた。剪断力は12本のピストンジャッキにより、垂直力は6グループのフラットジャッキによつて与えられる。

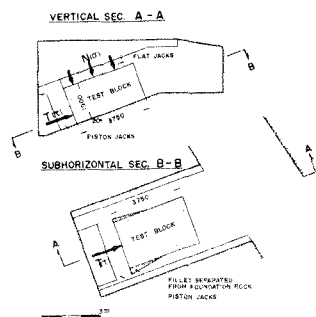


Fig.4 ARRANGEMENT OF TEST BLOCK

— BLOCK SHEAR TEST —

3. 2. 2 岩盤剪断試験 (Fig.-5)

試験の要領はブロック剪断試験と同じであるが試験ブロック（ $26\text{m} \times 24\text{m}$ ）を岩盤から切出したものであること、及び予想剪断面を地質力学上の考慮に基づいて鉛直にした点異なる。Fig.-5に示すように試験ブロックの上下の面は連続ラインドリリングで周囲の岩盤から切り離されている。剪断力は10本のピストンジャッキにより垂直力は4グループのフラットジャッキによつて与えられる。

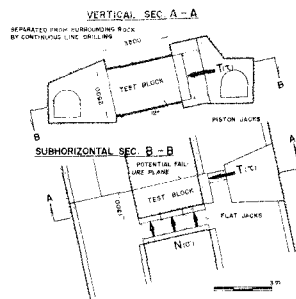


Fig.5 ARRANGEMENT OF TEST BLOCK

— ROCK SHEAR TEST —

3. 2. 3 断層剪断試験 (Fig.-6)

要領は3.2.2と同じである。試験の対象となつた断層の厚さは、 $1\text{mm} \sim 5\text{mm}$ で砂質の軟弱物質をかんでいる。試験ブロック（ $21\text{m} \times 14\text{m} \times 14\text{m}$ ）の上下の面は同じく連続ラインドリリングで切離されている。剪断力は3本のピストンジャッキにより、垂直力は2グループのフラットジャッキによつて与えられる。

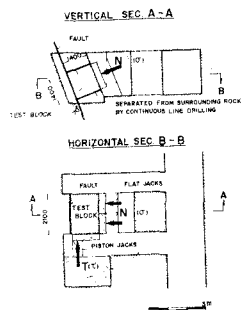


Fig.6 ARRANGEMENT OF TEST BLOCK

— FAULT SHEAR TEST —

3. 2. 4 岩盤3軸圧縮試験

強度と変形性について都合のよいデータが得られる点で重要である。試験ブロック（ $28\text{m} \times 28\text{m} \times 14\text{m}$ ）の方向及び傾斜角（ $0 \sim 38^\circ$ ）は、予想される地山内部の主応力の方向から大きく外れないこと、及び試験ブロック

に含まれる分離面の強い局部的影響を避けることを眼目として決定した。この2点は岩盤主軸圧縮に限らず、すべての試験ブロックに対して適用した基本的な規定である。荷重は4つの自由面に作用させ残りの1面は岩盤につながり他の1面はコンクリートマスに付着している。Fig-7の拘束力H及びVは夫々タグループ及び2グループのフラットジャッキにより、Tは2本のピストンジャッキによつて与えられる。試験ブロックの底面拘束の影響は光弾性実験及び石膏模型による破壊実験を通じて、詳細に検討されたが前者による応力分布がある程度拘束の影響を示したのに

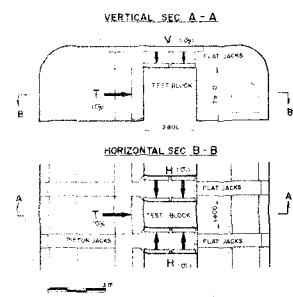


Fig.7 ARRANGEMENT OF TEST BLOCK
— ROCK TRIAXIAL TEST —

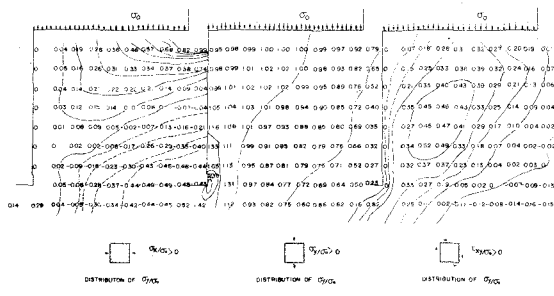


Fig.8 DISTRIBUTION OF STRESS OBTAINED BY BIDIMENSIONAL PHOTOELASTIC TEST ON ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

対し、後者は破壊荷重に関する限り円筒供試体との間に重大な差のないことを明らかにした。

Fig.-8 は、光弾性実験の結果を、Fig.-9 及び10は石膏模型実験の結果を示す。

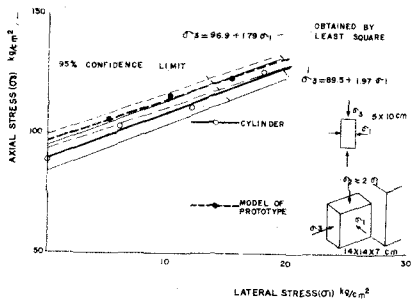


Fig.9 RELATION BETWEEN AXIAL AND LATERAL STRESSES

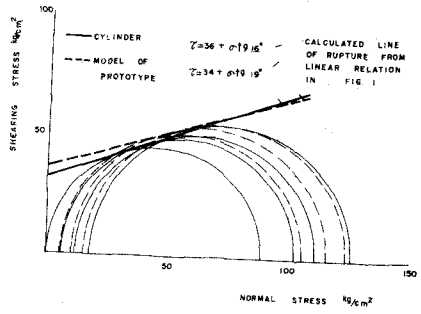


Fig.10 MOHR'S CIRCLES AND LINES OF RUPTURE

3 黒部川第四ダムロックテストに関する光弾性応力解析

電力中央研究所技術研究所 第2部 林正夫、1962年3月25日

3.2.5 斷層3軸壓縮試驗 (Fig. 11)

黒四ダム地点における最も重要な断層の一つについて行われ、試験ブロック(28m×1.4m×3.5m)は、砂質ローム層と、甚しく破砕された岩とからなる。図に示すように、試験ブロックの一方はコンクリートマスによつて、壺形を拘束され拘束力Hは片面6グループのフラットジャッキによりVは8〜12本のピストンジャッキによつて与えられる。

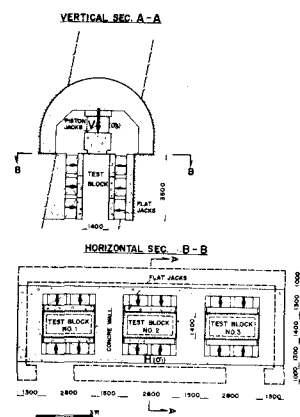


Fig.11 ARRANGEMENT OF TEST BLOCK

3.3 盤荷方式

Fig. 12~15に載荷方式を图示する。荷重の新たな増分は先行する荷重による試験ブロックの動きが事実上止まるまでは加えない。載荷方式として次の2つの基本型を採用した。

3.3.1 靜的載荷 (Fig. 12)

荷重の各段階で3回だけの繰返し荷重を含む載荷方式で、全試験ブロックの60%に適用した。3回の繰返し荷重は、弾性的リバウンドの状態を觀察するためである。試験はブロックに破壊が起るか、又は破壊が起らない場合は載荷装置の容量/杯まで継続した。そのため上述の荷重増加の規定と相俟つて1ブロックの所要時間は4~15日になった。荷重の増分は岩盤3軸圧縮試験では $\Delta \sigma_3 \approx 7 \text{ kg/cm}^2$ 、断層3軸圧縮試験では $\Delta \sigma_3 \approx 1 \text{ kg/cm}^2$ 、岩盤剪断試験及びブロック剪断試験では $\Delta \tau \approx 2 \text{ kg/cm}^2$ 、又断層剪断試験では $\Delta \tau \approx 1 \text{ kg/cm}^2$ である。

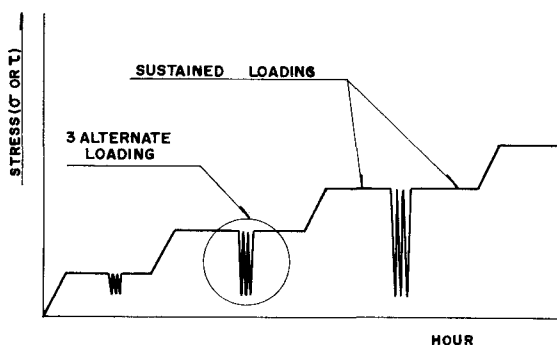


Fig.12 STRESS—TIME DIAGRAM — STATIC LOADING —

3 3 2 繰返し载荷 (Fig. 13)

40%の試験ブロックに適用し特定の荷重段階で原則として200回づつの繰返し荷重をかけた。繰返しの回数は総計500~1000回に達

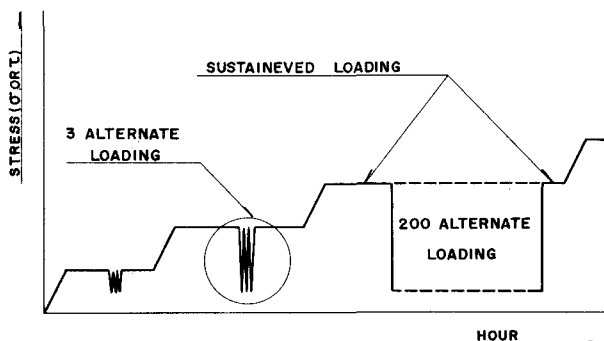


Fig. 13 STRESS-TIME DIAGRAM — ALTERNATE LOADING —

した。この目的は岩盤の性質を静的荷重のみならず繰返し荷重についても求めることであつて、ある程度風化の進んだ岩では貯水位の変動による繰返し応力の影響は無視できない。ボーリングコアの軸圧縮試験の結果にも、静的載荷と繰返し載荷の間には明確な強度の差が認められた。勿論この載荷方式は現実には考えられぬ苛酷なものであろうが、3.3.1及び3.3.2を併せ適用することによつて、実際の

荷重の効果を判断するための資料の

巾が得られた。Fig. 14 は剪断試験、

Fig. 15 は3軸圧縮試験の載荷方法を6-7図上で示したものである。

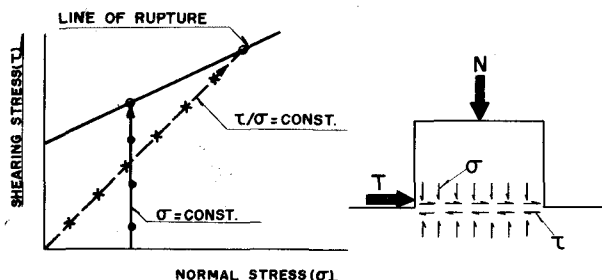


Fig. 14 CONCEPT OF STRESSING — SHEAR TEST —

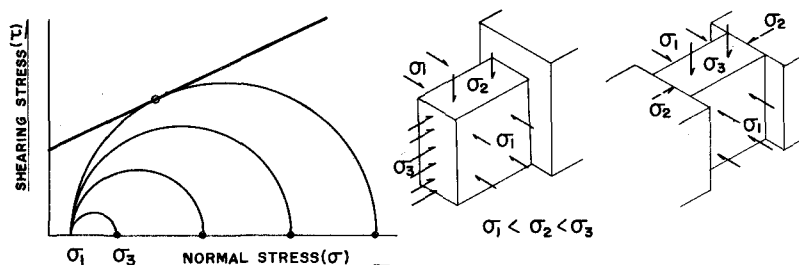


Fig. 15 CONCEPT OF STRESSING — TRIAXIAL COMPRESSION TEST —

準備工事

4 / 掘削

前述の通り試験はすべて地下で行われた。既存のトンネルもかなり広範に利用することができたが所定の位置に試験ブロックを設けるためには相当量の新しいトンネルを掘削することが必要であつた。掘削による地山、特に試験ブロックの損傷を最少限に止めなければならないことは勿論であるが、工地上の要求も加えて掘削法を次の3クラスに分類した。

クラス1・・・通路トンネルの試験チャンバーから10m以遠の部分に適用する。普通の導坑掘削法と同じで、免破孔深さ1.5m、装薬量は最大1.5kg/mである。

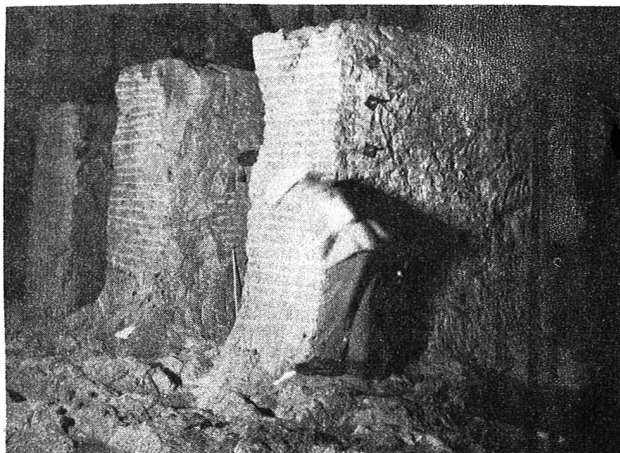
クラス2・・・試験チャンバーから10m以内の通路トンネル及びチャンバー内部の通路掘削に適用する。トンネルの切羽周辺には15cm 間隔のラインドリリングによつて緩衝面を形成し、免破孔はラインドリリングの線から、最少50cm 離して穿孔する。(すなわち装薬しない岩を最少

50 cm 厚を残す)。亀裂孔の深さは最大80 cm、装薬量は1.0 kg/m以下である。

クラス3・・・手掘り工法である。試験ブロックの周辺1 m以内の部分に適用する。

以上の方法は嵐四の場合効果的であり、すべての掘削を所要期間内に、しかも試験ブロック及び周辺の地山を甚しく傷めることなく終ることができた。岩盤剪断試験及び断層剪断試験で、試験ブロックを周辺の岩盤から切離す手段として特殊な工具による連続ラインドリリングを採用した。最も時間と労力を要求される手掘り掘削の代案として、2～3列のラインドリリング(CIC, 100 mm)と極度に制限した小亀裂を併用する方法も

一部に用いた。実施に先立つて注意深い試験を行つたが、この多孔列ラインドリリングは有効で、孔列の内外で掘つた調査ボーリングの結果では、周囲の岩盤の損傷は極めて軽微であつた。Fig. 16 は切出しの完成した試験ブロックの1例を示す。



4.2 試験ブロックの掘削
に先立つコアボーリングとグラウト及びブロック切出し後のグラウト

Fig. 16 TEST BLOCK — R CHAMBER —

通路トンネルの掘削終了後ブロックの切出しに先立つてコアの採集とブロックのコンソリデーションを兼ねてボーリングとグラウトを実施した。更に切出し終了後再度グラウトを行つたブロックもある。これはブロックに発生した小亀裂若しくはクレフトの緩みなど(掘削に当つて最大限の注意を払つたがある程度の弛緩は避けられなかつた)を癒着させるためである。ジャッキによる拘束力をかけながら実施したことはいうまでもない。断層についてはグラウトの効果は元来期待しにくいことから試験ブロックにも実施しなかつた。

5. 地質調査

岩盤の構造に関する地質力学的データは下記の目的のために重要である：試験位置及び試験ブロックの方向と傾斜の決定；試験結果の評価と他の試験を行わない場所の岩盤または分離面の評価；他のダム地点の類似の岩盤の性質の推定。

そのためまず従来地質データを参考にして大体の試験位置を選定した上、既付のトンネル並、新たに掘削したトンネルについて調査を行い試験ブロックの位置、方向を決定し、最後に実際の試験チャンパー及びブロックについて、非常に詳細な地質力学的データを集積した。入手すべきデータは次の

通りである；岩の等級；地質学的分離面の分類（例えば断層、重要なクレフト、微少なクレフト、スリッケンサイドの有無などの分類）；シユミット網による統計的な整理；各分離面のグループの状態すなわち巾、介在物質と分離面の凹凸に基く推定摩擦角、分離面の平均間隔、平均的なひろがり又は面積、⁷ 限られた容積の岩壁中に含まれる分離面の総面積の平均値。

6 試験装置

6 / 載荷装置及び制禦装置

ピストンジャッキ（容量300ton、ストローク200mm）は剪断力あるいは圧縮力を与え、フラットジャッキ（約0.9m²、最高油圧150atm、許容最大ふくらみ24mm）は剪断試験では垂直力、3軸圧縮試験では拘束力を加えるのに用いる。ピストンジャッキの最大設置本数は岩壁3軸圧縮試験における1ブロック当り20本（総容量6000ton）である。Fig. 17はピストンジャッキの設置状況を示す。フラットジャッキのふくらみは7~8mmにおさえた方が繰返し載荷のためにはよいのでスペーサーを用いて2~3枚をサンドイッチにして用い試験ブロックの変形を吸収する。フラットジャッキが試験ブロックの変形を拘束することのな

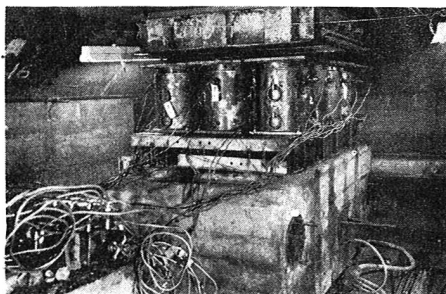


Fig. 17 PISTON JACKS INSTALLED IN I CHAMBER

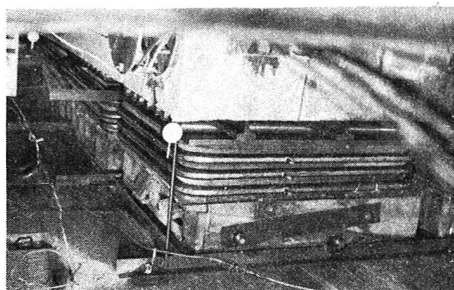


Fig. 18 FLAT JACK SANDWICHES WITH ROLLERS
— B CHAMBER —

⁷ GEOLOGI UND BAUWESEN, Jahrg. 24, Heft 3-4 P. 223
Kennziffern des Flächengefüges von F. Pocher

いようにローラー群を荷重伝達の媒介に用いるか、あるいはグリースを塗布した鉄板2枚を合せて設置すると共に、試験の形式に応じて総計15~25mmのふくらみを事前に与えておく (Fig. 18)。ピストンジャッキの油圧はバルブの開閉によりフラットジャッキの油圧は定荷重装置 (モーターによつて回転するニードル弁と、バネの組合せで圧力を調節する方式) またはバルブの開閉によつて調整する。ジャッキの油圧は連続的に記録計にプロットされる。(Fig. 19)。

4.2 測定装置

試験ブロックの動きをすべての外力方向について測定した。測定計器の主体は最少読取値1/100mm、最大測定範囲50mm及び10mmのインダクティブストレインゲージ (Fig. 20) でその読みは連続的に記録計にプロットされる。(Fig. 21) 1部の試験ブロックについてセルシンモーターを用いた遠隔読みダイヤルゲージを併用した⁸。

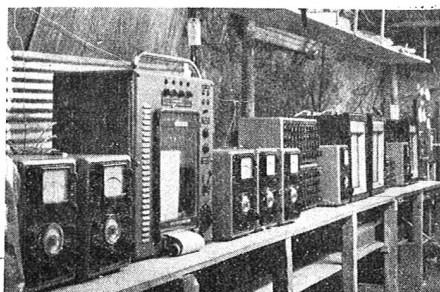


Fig.21 CONTINUOUS AND POINT RECORDERS FOR INDUCTIVE STRAIN GAUGES

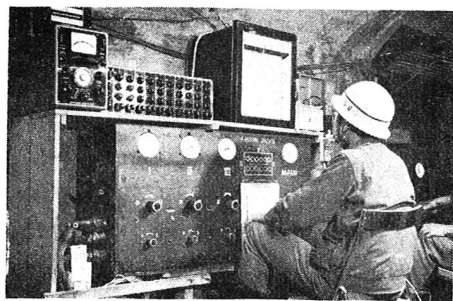


Fig.19 OIL PRESSURE CONTROLLER AND RECORDER FOR PISTON JACKS

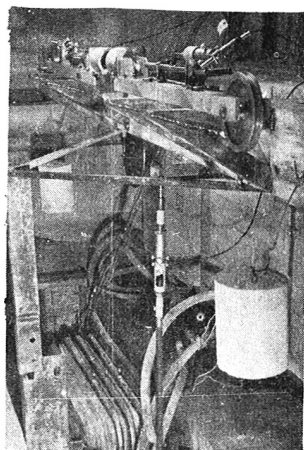


Fig. 20 INDUCTIVE STRAIN GAUGES

⁸ 東京大学生産技術研究所 岡本舜三教授試作

2. 試験結果

2.1 ブロック剪断試験

Fig. 22 は現場の記録から直接作成した時間と荷重、及び時間と動きの関係を B_2 ブロック（静的載荷）について例示したものである。図の上部に時間と荷重の関係を、下部に時間と特定の測定点の動きの関係を示す。Fig. 22 から、時間を消去した荷重と動きの関係を Fig. 23-25 に示す。測定点の位置は Fig. 22 に記載されており、Fig. 23 は荷重 T （応力 τ 、Fig. 4）の方向の全体的な動きを、Fig. 24 は同じく T の方向の各荷重状態（荷重増加中、荷重一定の状態及び3回の繰返し荷重）における動きの増分の集計を、Fig. 25 は、荷重 N （応力 σ ）の方向の動きを示す。荷重の増加に伴い、基盤面及びチャンパー周壁のかなり広い範囲にわたって亀裂が発生したが、最終的な破壊は基盤のごく浅い部分に生じた。

2.2 岩盤剪断試験

Fig. 26-29 は、 M_2 ブロック（静的載荷）について求めた図で、夫々2.1の Fig. 22-25 に対応する。

B_2 は τ/σ の値が終始おおむね一定であるのに対し、 M_2 では σ を一定に保ち、 τ のみを変化させた点が異なる。荷重の増加につれて予想剪断面のヒストンジャッキ軸に亀裂が入り、逐次反対側の方向に及んだ形跡が見られる。試験終了後の調査によれば、破壊面は今回生じた新鮮な面と、元来の分離面の組合せで成立っていた。

2.3 断層剪断試験

Fig. 30-33 は、 K_1 ブロック（繰返し載荷）について求めた図で Fig. 22-25 あるいは Fig. 26-29 に対応する。この試験の場合も σ を一定に保つて τ を増加せしめたのであるが、断層沿いに滑りを生じたのち、 σ の値を変えて再度 τ を与えた場合に生ずる2回目以後の滑りをおこした点と最初の滑りをおこした点とは $\sigma \sim \tau$ 図上でよく一直線上に来ている。これは断層が比較的平滑で介在物質もスムーズなため、それに沿う動きも固体間の滑りに似た現象を呈する結果と思われる。

2.4 岩盤3軸圧縮試験

Fig. 34-37 は、夫々上述の各図に対応し、 Q_2 ブロック（繰返し載荷）について求めたものである。Fig. 35及び36は荷重 T （応力 σ_3 、Fig. 7）の方向の動きを、Fig. 37は荷重 H （応力 σ_1 及び V （応力 σ_2 ）の方向の動きを示している。試験終了後の調査によれば、既存の分離面に沿う破れとともに新たに発生した亀裂（既存の分離面におおよそ平行）の存在が認められた。

2.5 断層3軸圧縮試験

Fig. 38 - 41 も I_3 ブロック（静的載荷）について求めた同趣旨の図である。Fig. 39及び40は荷重 V （応力 σ_3 , Fig. 11）の方向の動きを、Fig. 41は荷重 H （応力 σ_1 ）の方向の動きを示している。試験終了後の調査では明瞭な破壊面は発見できなかった。これは例えば粘土のような塑性的な物質にあり勝ちなことであり、変形特性も粘土のそれに似ている。

2.6 岩盤及び断層の変形特性及び強度

Fig. 22 - 41 の曲線群によつて表現される岩盤並びに断層の変形特性から、断層剪断試験の場合を除いて次の3点の存在を認取ることができる： IY^9 ・・・比較的低い応力の段階で現われる彎曲点； PY^{10} ・・・破壊に先立つて生じる顕著な彎曲線で、いわゆる降服点に対応するものと考えられる； F^{11} ・・・破壊点。

断層はもとより、岩盤でも応力が低い段階ですでに非弾性的な動きを示し、従つて変形係数は比較的低い。荷重履歴を経て引締められた場合にのみ、その最高荷重に等しいか或いはそれ以下の荷重に対しては弾性的に作用する。繰返し荷重のもとにおける岩盤の挙動がそれを物語り、繰返し荷重から得られる平均的な弾性係数も比較的高い。

IY 及び PY は軸方向（剪断試験及び岩盤3軸圧縮試験の T 、断層3軸圧縮試験の V の方向）のみならず、横方向（剪断試験の N 、岩盤3軸圧縮試験の V 及び H 、断層3軸圧縮試験の H の方向）の動きにも明らかに見られる。岩盤3軸圧縮試験の場合、両方向の動きから仮にポアソン比を計算すれば 0.5 あるいはそれ以上の値が得られるが、このような現象の理由を推定すると、以下の通りである。 IY 以下の応力状態では既存の分離面のみが変形の主役を演じ、横方向の動きもごく小さい。 IY と PY の間では多くの新しい局所的クラックが発達し、結果として岩盤の見掛けの容積が増大するので横方向の動きも急激に増加し始める。上述のポアソン比もこのような容積増大の結果としてみればうなづけぬことではない。

TABLE 1 に各試験形式毎に IY 、 PY 、 F 各点の応力、変形係数、弾性係数並びに剪断強度の範囲を示す。剪断強度は剪断試験の場合における破壊の値、3軸圧縮試験の場合に Mohr の包絡線の勾配を $45^\circ \sim 55^\circ$ と仮定して求めた。Fig. 42 は変形係数及び弾性係数の定義を示す。

⁹ Initial Yield Limit

¹⁰ Principal Yield Limit

¹¹ Failure

TABLE I SUMMARY OF TEST RESULTS

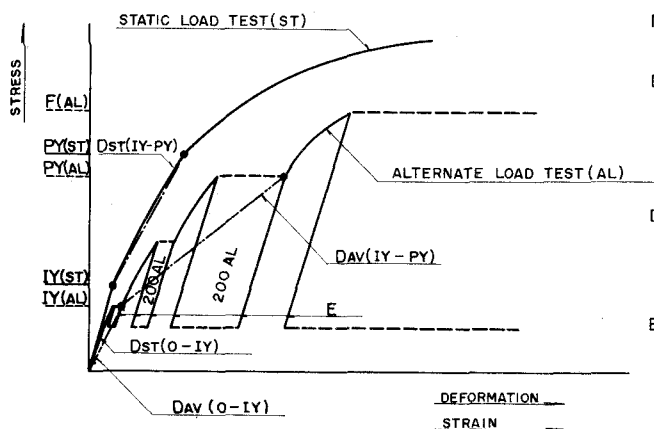
TYPE OF TEST	STRESS kg/cm ²			DST kg/cm ²		DAV kg/cm ²		E kg/cm ²	SHEAR STRENGTH kg/cm ²	
	IY	PY	F	O-IY	IY-PY	O-IY	IY-PY			
BLOCK SHEAR TEST	σ	4 -6	4 -17	8 -20					*1. 10 - 15	
	τ	5 -6	10 -25	20 -35						
ROCK SHEAR TEST	σ	6 -6	3 -6	3 -6					*1. 20 - 30	
	τ	10 -10	10 -18	20 -38						
FAULT SHEAR TEST	σ			4 -11					*2. = 2	
	τ			4 -12						
ROCK TRIAXIAL TEST	σ ₁	0 -1	0 -1	0 -1	20000	11000	15000	11000	38000	*1. = 25
	σ ₂	0 -7	0 -7	0 -7	—	—	—	—	—	
	σ ₃	20 -75	80 -140	*4. ≥ 130	35000	23000	60000	23000	60000	
FAULT TRIAXIAL TEST	σ ₁	1 -2	1 -2	1 -2	4000 —	300 —			15000 —	*3 5 - 6
	σ ₃	12 -15	20 -30	25 -40	10000	5000			27000	

NOTE : *1 ASSUMED ANGLE OF INTERNAL FRICTION IS 45° - 55°

*2 " " " " " " " 35°

*3 " " " " " " " 40° - 45°

*4 FAILURE OF BLOCKS WAS REACHED ONLY BY ALTERNATE LOADING



NOTE :

DST..... MODULUS OF DEFORMATION
DERIVED FROM STATIC
LOAD TEST

DAV..... MODULUS OF DEFORMATION
DERIVED FROM ALTERNATE
LOAD TEST

E MODULUS OF ELASTICITY
DERIVED FROM ALTERNATE
LOADING

Fig. 42' DEFINITION OF MODULUS OF DEFORMATION AND MODULUS OF ELASTICITY

8. むすび

岩盤試験の結果を要約すると

- 1) 基盤の変形性や安全性検討のための数値的根拠を得た。
- 2) 岩盤の強度は勿論のこと、変形性にも注意を要する。
- 3) コアーと岩盤との間には著しい強度と変形性の差があることを確認した。

9. 謝 辞

本試験の実施に当つてはMÜLLER 氏の指導を得、同氏のスタッフの協力を得た。また東京大学岡本益三教授には基本的な問題についてその都度御意見いただいた。試験を直接担当したのは黒部川第四水力発電所建設事務所土木設計課のスタッフである。

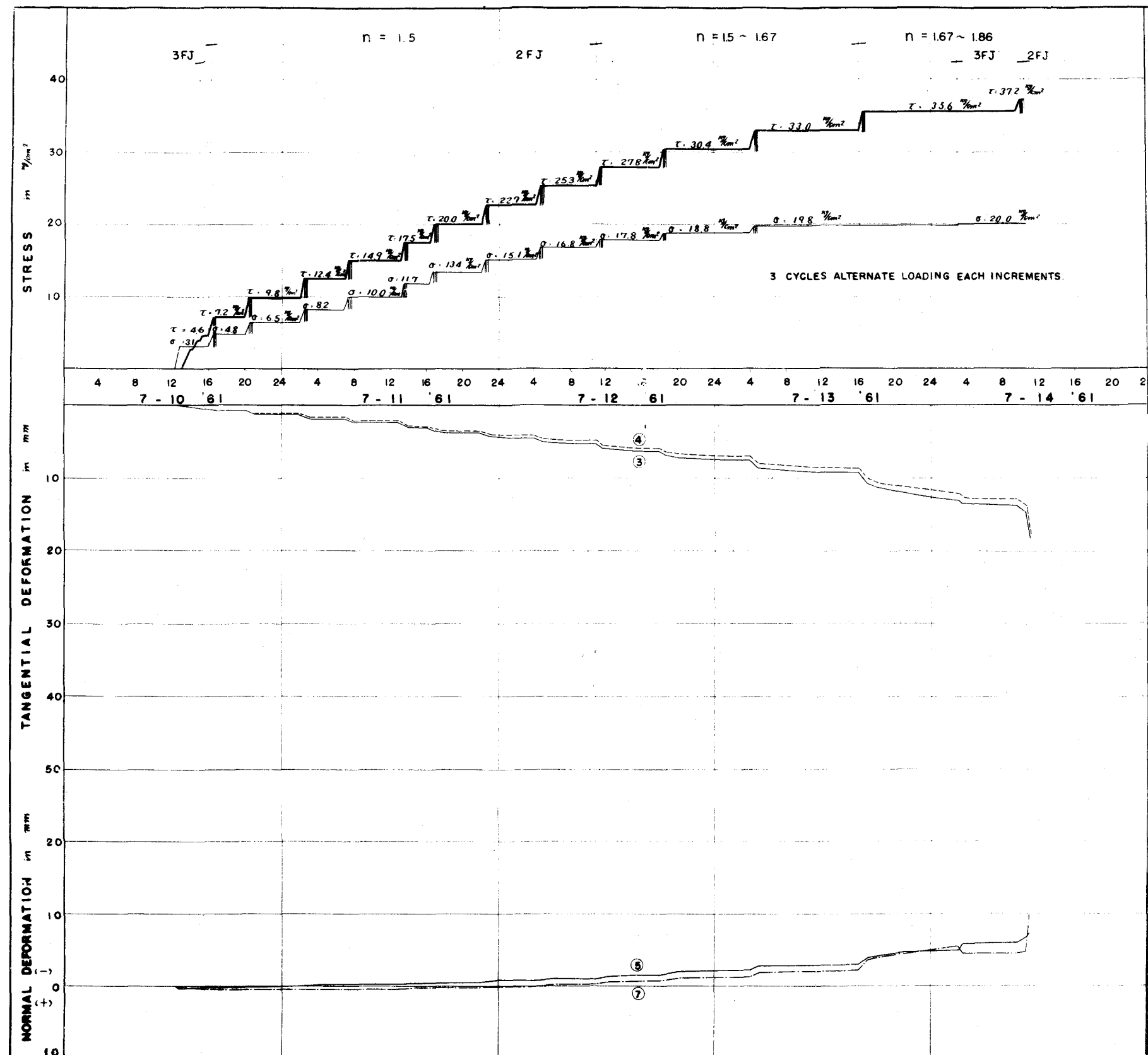


Fig22 STRESS - TIME AND
DEFORMATION - TIME
DIAGRAM
— B₂ BLOCK —

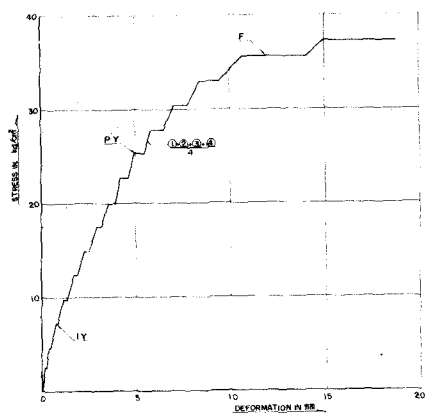


Fig. 23 STRESS

- TOTAL TANGENTIAL
DEFORMATION
DIAGRAM

- B₂ BLOCK -

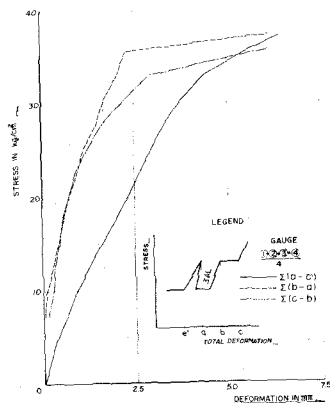


Fig. 24 STRESS

— Σ (TANGENTIAL DEFORMATION
INCREMENT)
DIAGRAM

— B₂ BLOCK —

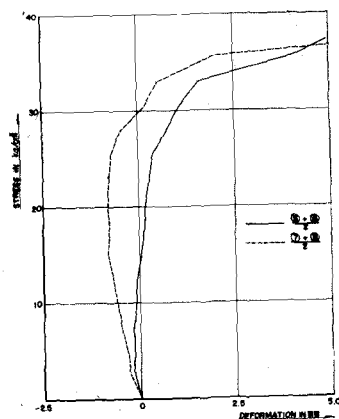


Fig. 25 STRESS

— TOTAL NORMAL
DEFORMATION
DIAGRAM

— B₂ BLOCK —

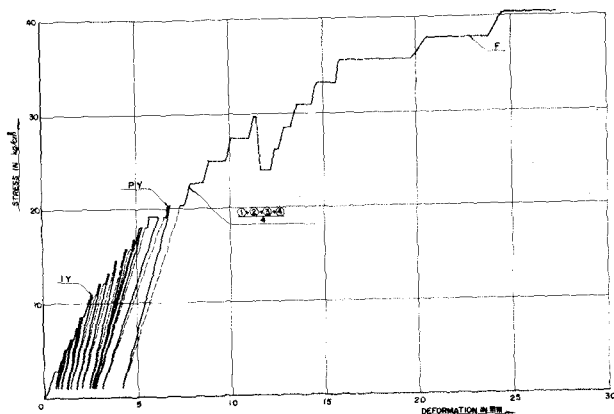


Fig. 27 STRESS

— TOTAL TANGENTIAL
DEFORMATION
DIAGRAM
— M_2 BLOCK —

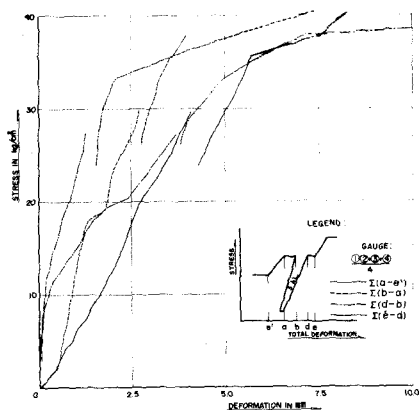


Fig. 28 STRESS

— Σ (TANGENTIAL DEFORMATION
INCREMENT)
DIAGRAM
— M_2 BLOCK —

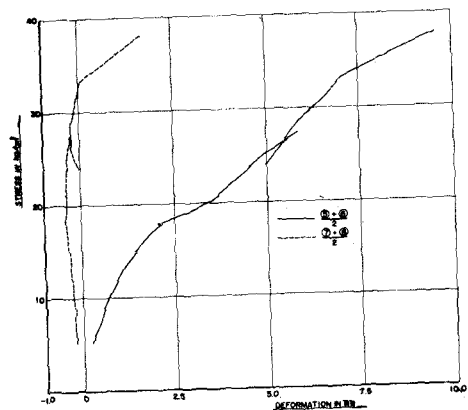


Fig. 29 STRESS

— TOTAL NORMAL
DEFORMATION
DIAGRAM
— M_2 BLOCK —

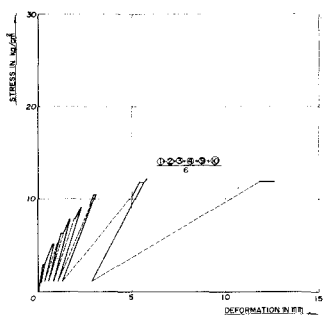


Fig. 31 STRESS
— TOTAL TANGENTIAL
DEFORMATION
DIAGRAM
— K_1' BLOCK —

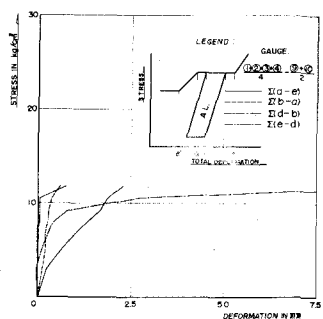


Fig. 32 STRESS
— Σ (TANGENTIAL DEFORMATION
INCREMENT)
DIAGRAM
— K_1' BLOCK —

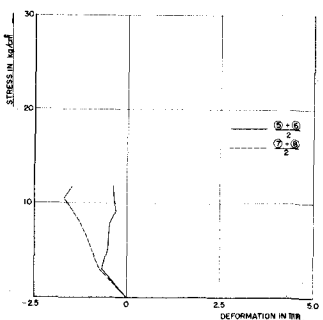
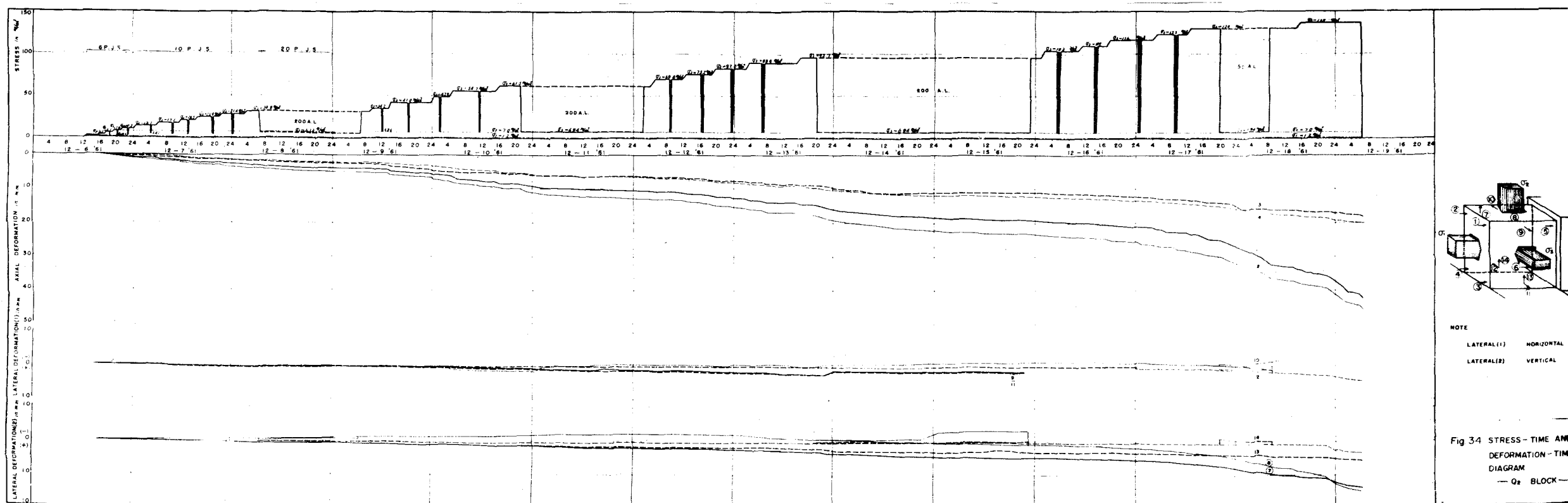


Fig. 33 STRESS NORMAL
— TOTAL
DEFORMATION
DIAGRAM
— K_1' BLOCK —



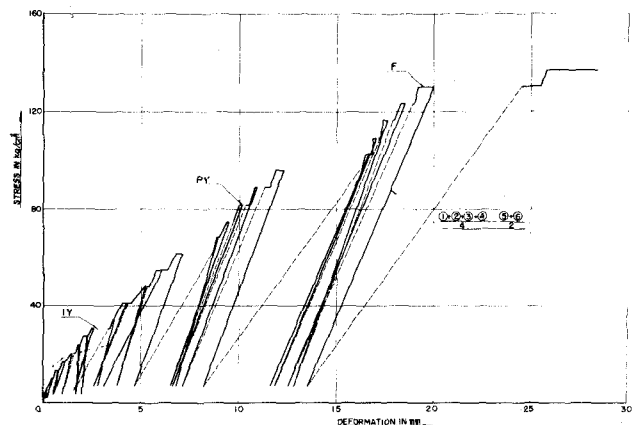


Fig. 35 STRESS
 — TOTAL AXIAL
 DEFORMATION
 DIAGRAM
 — Q₂ BLOCK —

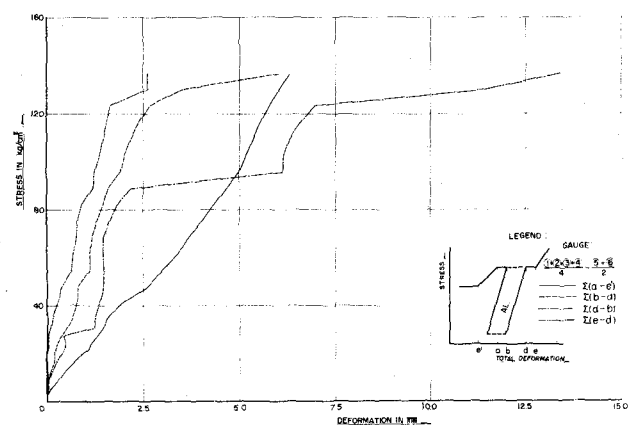


Fig. 36 STRESS
 — Z(AXIAL
 DEFORMATION
 INCREMENT)
 DIAGRAM
 — Q₂ BLOCK —

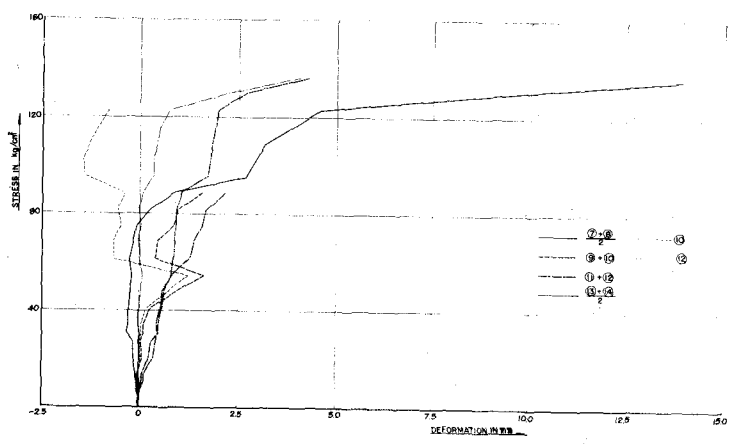
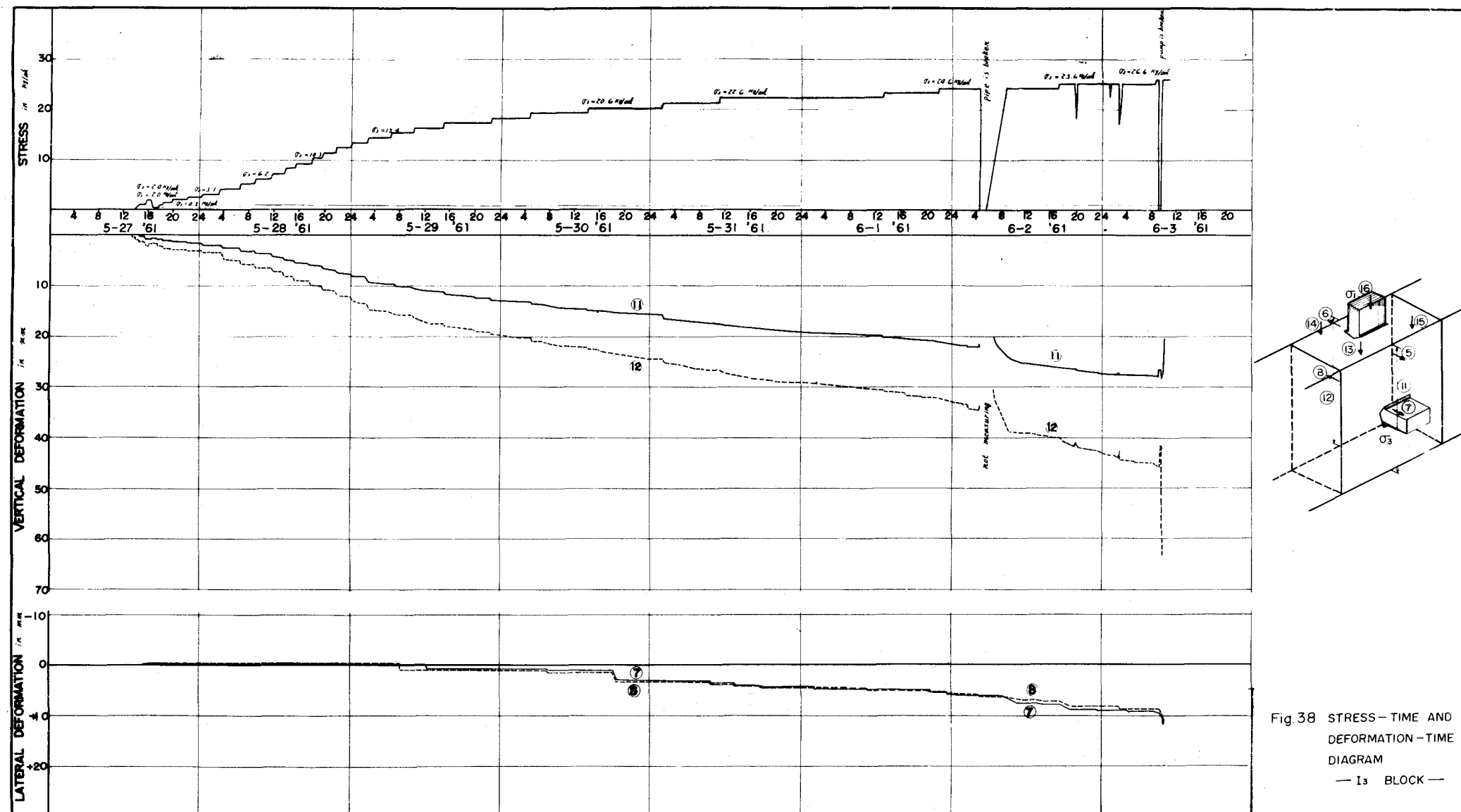


Fig. 37 STRESS
 — TOTAL LATEAL
 DEFORMATION
 DIAGRAM
 — Q₂ BLOCK —



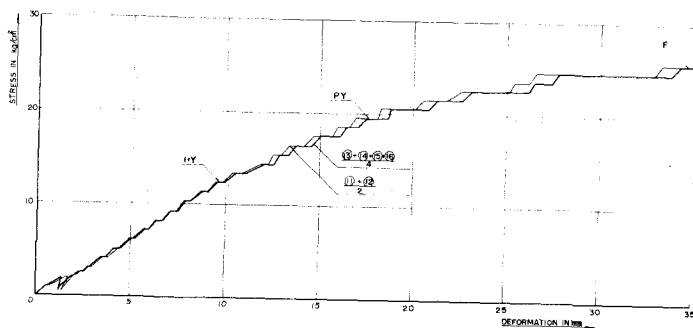


Fig. 39 STRESS - TOTAL AXIAL DEFORMATION DIAGRAM

— I₃ BLOCK —

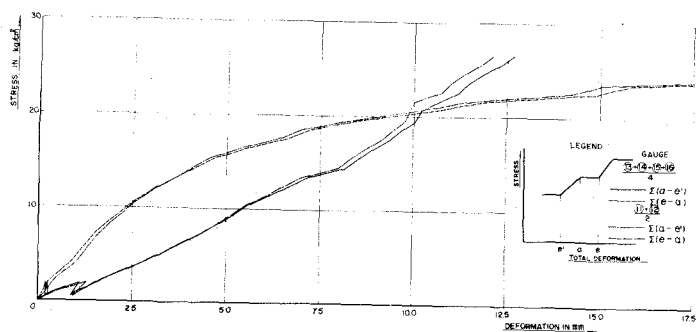


Fig. 40 STRESS - Σ (AXIAL DEFORMATION INCREMENT) DIAGRAM

— I₃ BLOCK —

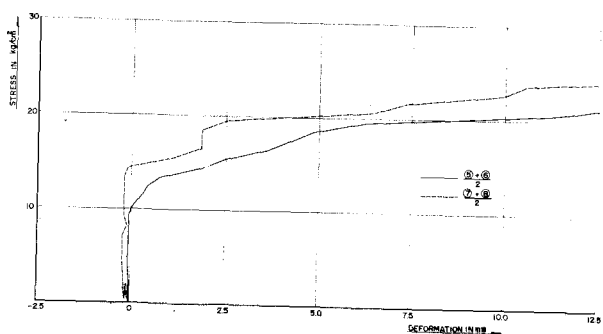


Fig. 41 STRESS

— TOTAL LATERAL
DEFORMATION
DIAGRAM

— I₃ BLOCK —