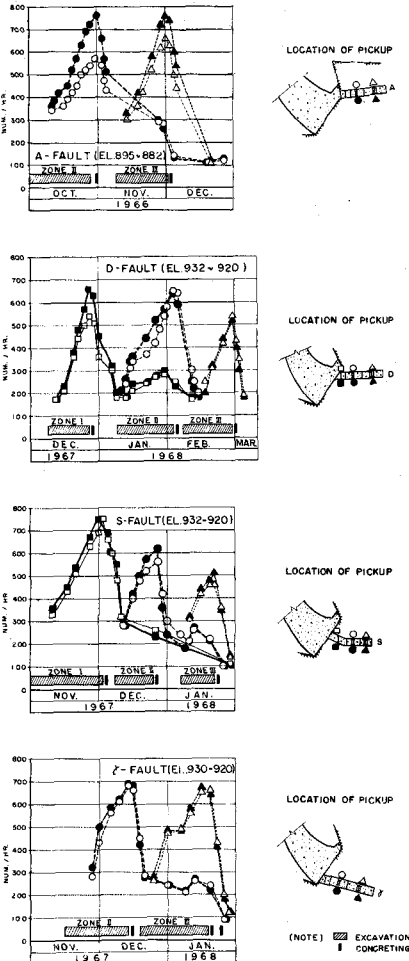


充後（PC鋼棒緊張時の計測を含め）、断層処理部の挙動を観測するために、温度、歪、変位等を測定しているが、測定記録は概ね正常な経過を示している。測定している計器は、温度計21,歪計88, 継目計191, プラムライン2, 傾斜計72（ほかに地震計19を設置する予定）である。

3. コンクリート置換処理工事中の断層周辺岩盤の挙動

断層部の掘削に当っては、上述の通りジェット工法を用いて、掘削そのものによる周辺岩盤の損傷を避け、さらに、掘削速度を制限し、掘削区画を分割して、極力岩盤の緩みを局限することに努めたが、これらの対策が実際にどの程度実現されているかは、現場施工管理上最大の関心事であると同時に、当断層処理工事の成否をかけるキーポイントであるので、施工途上における岩盤の挙動を把握するために、変位、ロックノイズ、および、透水量の測定を実施し、これらの測定結果を総合的に検討した。

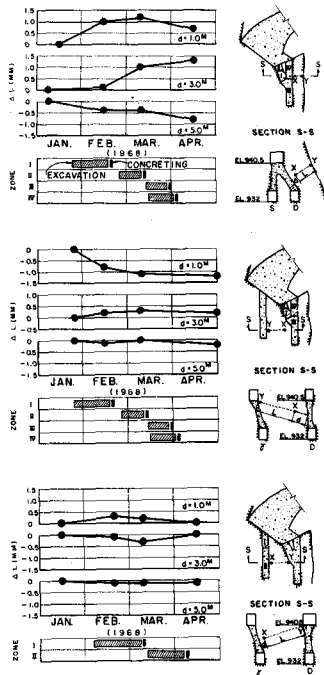
FIG-2 ROCK NOISE COUNTED DURING EXCAVATION



3.1 変位の測定

地山内部の掘削に伴う岩盤の緩みに関する一般的な現象が、断層部の掘削において生じることが考えられたので、断層掘削に伴う周辺岩盤の変位を把握するために図-1

FIG-1 DISPLACEMENT OF ROCK AROUND FAULT DURING EXCAVATION



に示す様な変位測定を実施した。測定結果の一部が同図に示してあるが、測定の範囲では変位の最大値は1mm前後のもので、全体としては10分の数mmの程度におさまっており、断層部掘削に伴う岩盤の挙動として、とくに問題とする点はないものと判断される。なお、測定値は場所により不規則にvari、測定結果から岩盤の緩みに関する一般の傾向をうかがうことは難しいが、これは、節理の比較的発達している岩盤は、局所的な動きを示すことが多く、これに対し、その動きを測定する計器の配置が余程密でないと、測定結果もまた局所的な値を示すに止まるからであって、変位測定については上述の結論を以て、その目的を達したものと考え、さらに、岩盤全体の挙動を観測するために、直接の変位量を求める代りに、間接的ではあるが簡単でしかも数多くの記録がとれ、岩盤全体としての緩みの判定に役立つロックノイズおよび透水量を測定することとした。

3.2 ロックノイズの測定

鉾山方面においては、すでに落盤や崩落などの岩盤の大きな動きの前兆としてロックノイズが記録されることを利用して、その測定結果を保安に役立たせている。断層部の掘削の際に生じる周辺岩盤の緩みの程度も、ロックノイズの計測値によって、ある程度数量的に把握できるものと考え、掘削の開始前、施工中、および、終了後コンクリートでん充完了に至る間、掘削箇所近傍にピックアップを配置し、ロックノイズを記録した。計測結果は、図-2～4に示す通りであって、これらの結果から次の点が認められる。ノイズカウント数は、掘削の進展とともに漸増し、掘削終了時に最大となり（最大値は毎時360～1020の間に分布し、500～700に最も多く集中しており、平均520程度の値となっている）、コンクリートでん充後急減する（でん充後も毎時100～200、平均160程度の値が記録されている）。また、断層の山側に配置したピックアップのカウント数の方が、川側のそれよりも、幾分多くなっている（平均で8%増）。これらの記録から、断層部の掘削に伴う周辺岩盤の緩みについて、次の事が推定される。ノイズカウント数が、掘削の進展に伴って比較的規則正しく増加しており、しかも、掘削の最終段階における最大値が大半、毎時500～700に集中していることは、ジェット工法による掘削の方法と速度とが適正であったことを示している。即ち、掘削速度にあまり変動がなく、（平均10 m³/day、礫処理時間を除くと平均16 m³/day程度である。図-5）、カウント数の増加率にもさほどの変動もなく、（平均増加率は1日当り毎時20前後の値を示している）掘削の全過程において、岩盤の緩みに伴うロックノイズに異常が認められなかったことが、それを裏付けている。なお、断層の山側のノイズカウント数の方が、川側のそれよりも、多少とも多くなっていることは、地山固有の応力の分布と、掘削に伴う緩みの範囲に関する示唆に富んだ記録として興味深い。以上要約すれば、ロックノイズのカウント数の増加率や最大値そのものから、岩盤の緩みを適確に決定することは、一般には困難であるにしても、当工事の場合、それらの計測記録に異常な値が認められないこと、絶対値がかなり低い値であること等から、測定結果は、断層掘削中の周辺岩盤の緩みについて、とくに考慮すべき点のないことを示すものと判断される。

3.3 透水量の測定

断層周辺の岩盤の透水量を、断層掘削の前および後（コンクリートでん充後）において測定し、比較することにより、コンクリート置換処理による止水効果、ならびに、周辺岩盤の緩みの程度が、数量的に把握できると考えられるので、図-6に示す方法で透水試験を実施した。測定結果を集約すれば、図-7に示す通りであって、これらの結果から、次の点が認められる。掘削前後の透水量の差は、断層により、また、同一断層でも場

FIG-3 FREQUENCY DISTRIBUTION OF ROCK NOISE (MAX.)

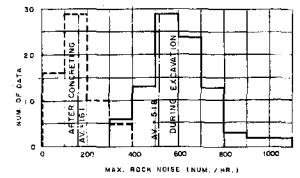


FIG-4 FREQUENCY DISTRIBUTION OF ROCK NOISE INCREMENT

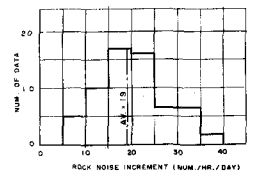


FIG-5 FREQUENCY DISTRIBUTION OF EXCAVATION SPEED

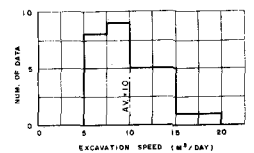
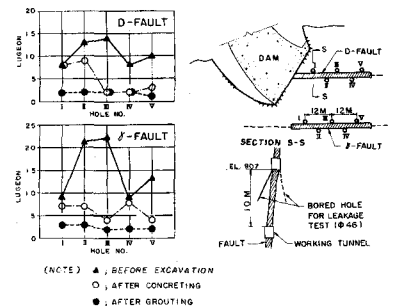


FIG-6 LEAKAGE TEST IN ROCK AROUND FAULT



所により異なるが、全体的に見れば掘削後（コンクリートてん充後）は、透水量が大巾に減少し、掘削前の4～8ルジオンの値が、掘削後は1～8ルジオンに減少しており、平均値としては、掘削前の12ルジオンに対し、コンクリートてん充後は4ルジオンとなっている。このことは、平均的に見れば、コンクリート置換により、透水量が8ルジオン以上減少していることとなり、止水効果が、かなりはつきり認められる。また周辺岩盤の緩みの程度についても、その限度が把握される。即ち、コンクリートてん充後の透水量の平均値4ルジオン（最大8ルジオン）を全て緩みによる透水とみなしても、図-8のボーリングコアの節理の密度（平均、m当り4個）を考慮すれば、節理の平均の開きは（開きを一定として）0.05～0.1mm前後の値と推定され、緩みの程度にも自づと限度がうかざされる。なお、断層周辺の岩盤に対して施工したコンソリデーショングラウティング（表-2）の止水効果も、グラウト注入後の透水量（2ルジオン程度）により確認される（図-6）。以上断層掘削の前後の透水試験の結果からも、掘削に伴う周辺岩盤の緩みについて、とくに検討を要する点はないものと判断される。

FIG.-7 FREQUENCY DISTRIBUTION OF LEAKAGE IN ROCK AROUND FAULT

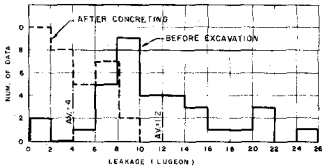


FIG.-8 FREQUENCY DISTRIBUTION OF JOINT IN ROCK AROUND FAULT

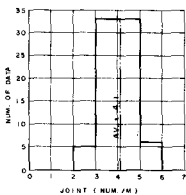


TABLE-2 CEMENT ACCEPTANCE IN GROUTING ROCK AROUND FAULT

FAULT	CEMENT ACCEPTANCE		
	(T.D.M)	(KG/M)	(KG/M ²)
RIGHT BANK	A	61	40
	K	20	35
	L	182	62
	S	27	35
	F	195	52
LEFT BANK	R	88	85
	B	50	27
	M	147	33
	AVERAGE	—	59

3. 4 測定結果の要約

コンクリート置換処理工事中に実施した諸測定の結果を要約すれば、掘削中の岩盤の緩みによる変位の量は、高々1mm程度であり、大半は10分の数mmとなっており、これは透水試験の結果から試算した節理の開きとほぼ同程度のものであり、岩盤の緩みについて問題はないことを示しており、またロックノイズのカウント数も、比較的少く、しかも異常値のないことが、それを裏付けており、当工事は順調に進められ、所期の目的が達せられたものと考えられる。

4. 基礎岩盤緊張工事のP.C鋼棒緊張に伴う断層周辺岩盤の挙動

断層部を掘削し、コンクリートでてん充した後、断層周辺岩盤に対し、P.C鋼棒によるコンソリデーションを施しているが、鋼棒の緊張の過程における地山の挙動を観測することは、断層掘削時における周辺岩盤の緩みの程度、従って、ジェット工法の施工の良否の判定に役立つと同時に、ダム基礎岩盤としての安定性の評価に、有力な手掛りを与えることとなるので、現在、諸測定を実施している。詳細の報告は別の機会にゆづることとするが、今までのところ、測定結果に異常はなく、当断層処理工事は、計画通り施工できたものと判断される。

5. あとがき

終りに、この工事は、東京電力ダム基礎処理分科会委員（東大、岡本教授。電研、畑野、田中、垣谷、林各博士。社内、永田顧問、水越委員長ほか）、電研等関係各位の御指導ならびに、鹿島建設ほか工事関係者の御協力により実施されているものであり、当所、金子、三村両建設所長の指揮のもと佐々木副長、池内主任ほか現場担当職員の尽力により遂行されていることを付記し、こゝに深甚の謝意を表する次第である。

「参考文献」 電力技術研究所 関係所報。 第2回岩の力学国内シンポジウム講演集、ほか

FAULT TREATMENT IN NAGAWADO DAM

TOSHIO FUJII

This paper gives an outline of the fault treatment in Nagawado dam and makes clear the structural behaviour of the foundation rock around fault during excavation in the work. Summary of the paper is as follows.

- (1) Excavation of fault was carried out by the water jet method, newly applied here, and about 20,000 m³ of faults were sluiced away by high pressure water of about 100 kg/cm² and 2 m³/min through a nozzle of 15 to 17 mm in diameter, and excavated cavity was filled with concrete at once.
- (2) Foundation rocks around faults have been mechanically consolidated by a number of steel rods of about 330 tons, applying tension of about 40,000 tons in total.
- (3) Observations of structural behaviour of the rock around fault during construction period have been continued and some conclusions on the matter are drawn.
 - a) According to the measurements, displacements of rock during excavation due to release of stress in mountain were within the limits of several tenths of mm in general, having maximum of around 1 mm.
 - b) The fact was verified too by the leakage test of rock carried out before and after the work. By measuring leakage through the rock and counting the frequency of rock joints in boring cores, movements of rock joints during excavation were able to be estimated and comparable with the displacements directly measured.
 - c) In order to examine the degree of relaxation of rock, another measurement that is counting of rock noise during excavation was carried out and counted noises were almost normal and maximum of them was rather conservative.
 - d) Prestressing works for the rock around fault are now under way and measurements of deformation of prestressing steel rods themselves and rock mass being applied the tension have been continued and they are all in good order until now.
- (4) It is finally to be concluded that the fault treatment in Nagawado dam have been carried out with good success, taking account of a number of measurements.