

綾北ダム施工に関する二、三の問題

田 島 正 彦*
元 永 正 紀**

1. ダムの概要

綾北ダムは治水、発電、かんがい兼ねた高さ 75.30 m、天端長 171.64 m、有効貯水量 $14.7 \times 10^6 \text{m}^3$ を有する多目的ダムである。ダムにはサドルを設け、周辺継目により堤体は左右対称形の変中心型等厚アーチとしている。その体積はサドル コンクリート $8 \times 10^3 \text{m}^3$ 、ダム本体のコンクリート $54 \times 10^3 \text{m}^3$ 、合計 $62 \times 10^3 \text{m}^3$ である。ダム

本体の型式および構造は建設省土木研究所の研究調査により巾 5.60×高 4.50 m のコンディット チューブ左右おのおの 1 門および自由越流頂部 27.60 m を設けている。その概要は 図-1 (a),(b),(c) に示すとおりである。

2. ダムの基本形状

(1) 基本座標および Base circle

基本座標は x 軸が上下流方向 y 軸が左右岸方向 z 軸が

図-1(a) 綾北ダム平面図



* 正員 宮崎県企業局建設部長
**正員 宮崎県綾北堰堤工区長

$$x_C = 18.6249 - \sqrt{0.154707(Z-250)^2 + 41.225509}$$

.....(2)

$$T = 0.1379315(319.250 - Z) \text{(3)}$$

$$S_C = 72.929 + \sqrt{145.709041 - (295 - Z)^2}$$

(EL 291.00 ~ EL 286.465)

$$= Z - 205 \text{ (EL 286.465 ~ EL 245.00)}$$

$$= 4\sqrt{5(Z-225)} \text{ (EL 245.00 ~ EL 225.00)}$$

.....(4)

$$R_a = (r - x_C) \text{ (EL 291.00 ~ EL 225.00)(5)}$$

$$x_U = x_C + \frac{T}{2} \text{ "(6)}$$

$$x_D = x_C - \frac{T}{2} \text{ "(7)}$$

$$R_U = r + \frac{T}{2} \text{(8)}$$

$$R_D = r - \frac{T}{2} \text{(9)}$$

$$\varphi/2 = S_C/r \text{ (弧度)(10)}$$

$$x_A = -(R_a - r \cos \varphi/2) = x_C - r(1 - \cos \varphi/2)$$

.....(11)

$$y_A = \pm r \sin \varphi/2 \text{(12)}$$

また EL 291.00 m 以上は厚さ T が (3) 式にて表わされ、中心が EL 291.00 m の円弧の中心にある下流面が鉛直の同心円としたその基本形状寸法は 図-1 (d), (e) のごとくである。

図-1(d)

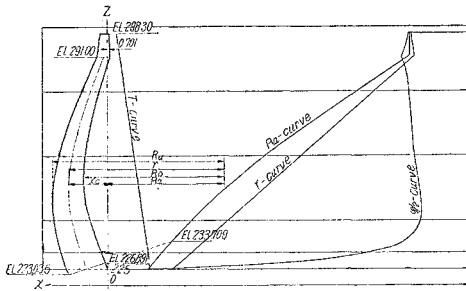
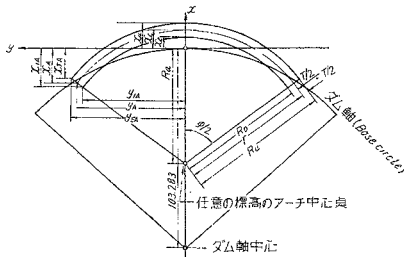


図-1(e)



3. 周辺継目およびサドルの形状

(1) サドル

サドルの形状をアーチ頂部で 図-2(a) のごとく EL 233.709 以上の水平面で 図-2(b) のごとく規定する。

(2) 周辺継目およびサドルの形状

図-2(a)

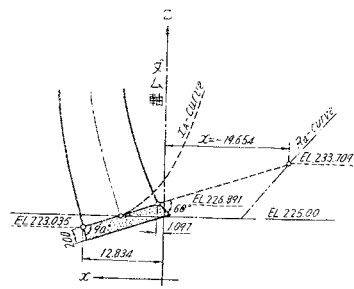
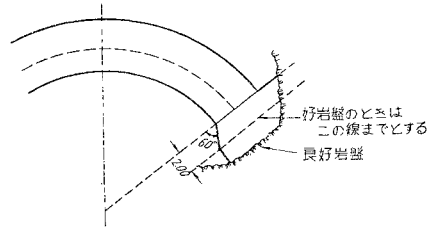


図-2(b) サドル水平断面図

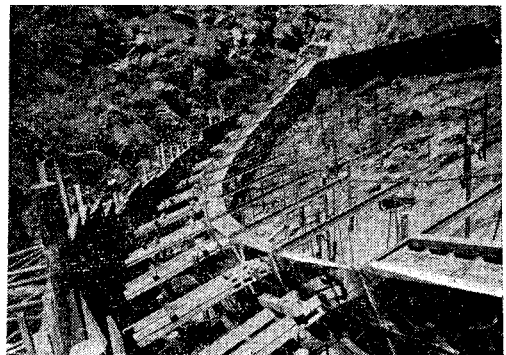


周辺継目すなわちサドルと本体との接触面はアーチの中心線とアバットとの交点 x_A, y_A をとおりアーチ中心点に向う直線と規定したが EL 233.709 m 以下は次のように修正した。すなわち定点 $x = -19.654, y = 0, z = 233.709$ と x_A, y_A を結ぶ直線の連続により得られる面とダム本体との交差面をもってサドルと本体との接触面とした。

(3) サドル修正部の施工

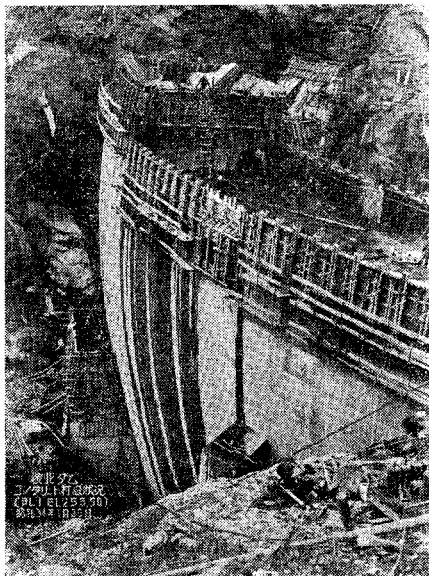
図-2(e)に示すようにサドルの表面はかなりうるさい形状である。この施工に当り可能な限り叩きつけの面が出ないように、また銅板、グラウト ストッパー鉄筋、ドレン パイプ等の位置は正確に保持できるように 図-2 (e) の 1, 2, 3, 4, 5, 6 の点へ EL 233.709 の定点方向へ I ビームを設置し (写真-3)、コンクリート打設 1 層ごとに上木をそう入しながら十分締固めを行なった (写真-4, 5)。しかし銅板の前面は 写真-3 のごとく銅板の位置確保と表面仕上げの定規型わくを 2 m 間隔に設置し叩きつけの仕上げを行なったが、傾斜面ではあ

写真-3

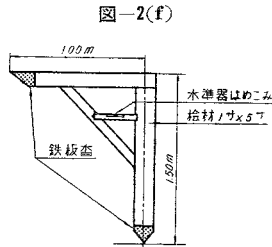


が、打上り面と打継面で同一寸法のものを用いてはやはりモルタル漏洩を完全には防げず、図-2(e)に示すごとく打継面に大きい寸法のものを用いて好結果をえた。この型わくは予想以上の好成績をもたらしたが、なお改良すべき点はもう少し縦端太を大きくし(現在3×5寸を4×6寸とする)、上下端のつなぎ棧は中央部にも増設してこれにともない横棧を1本増設した方がよいと思われる。型わく測量は各ブロックをとおる直角座標をあらかじめ設置しておき、次に打設しようとするリフトの上面

写真-6 下流面型わくの新しい部分



の1m内側の4隅の点を測出し、この4点を基準として曲線設置を行ない2mごとに測点を設けた。求める型わくのスライド位置はこれらの測点より鉛直上方1.50m、水平外方1.00mの点である。

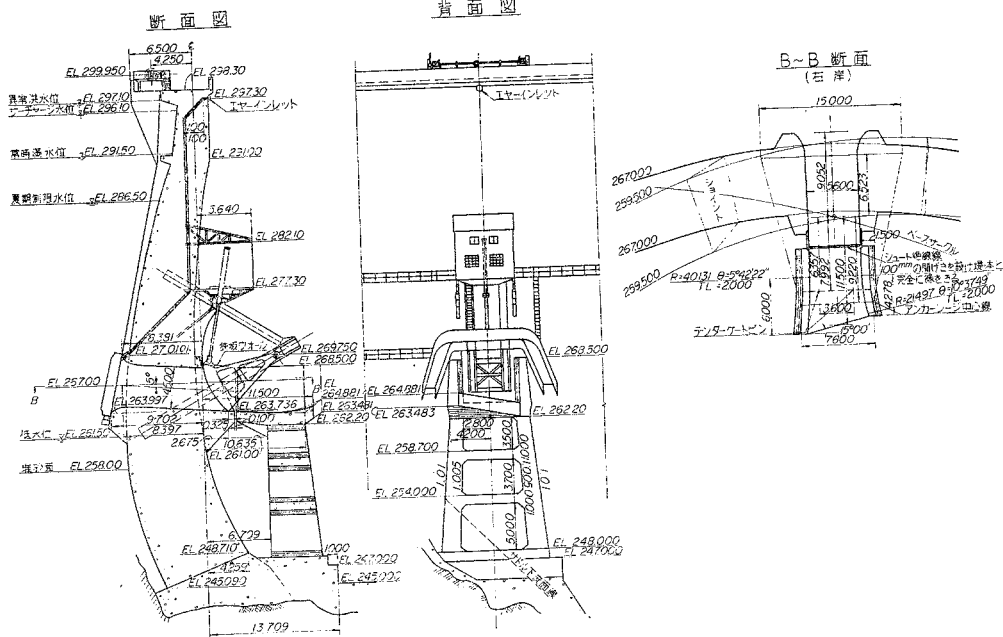


る。よって図-2(f)のごとき定規を製作し、この定規を測点上に垂直に立て水準器によりアームをレベルに保てば、アームのシュー先端が求める型わくの設置点である。スライドフォームは上部金物によって傾斜の調節が可能である。大工の1人がこの定規を確保しほかの1人が上部金物を調節して型わくの面が正しく定規の先端に接するようにすれば型わくの組立は完了する。もちろんこのためにはコンクリートの打上り面を正しくリフトの高さにそろえておくことが必要である。この方法により型わく組立終了後三角点よりの交合法によりそのアーチの中心線上の2点を求め、その2点より型わくの検測を常に行なったのであるが、その誤差は0~15mm程度におさまり大きく差を生ずるようなことはなかった。

5. コンジット チューブおよびアンカー レッジ付近の施工

緩北ダム放水管は図-3(a)のごとき構造のもので上流側に副ゲートとしてローラーゲートをおき、下流側に主ゲートとしてテンターゲートを設置している。この位

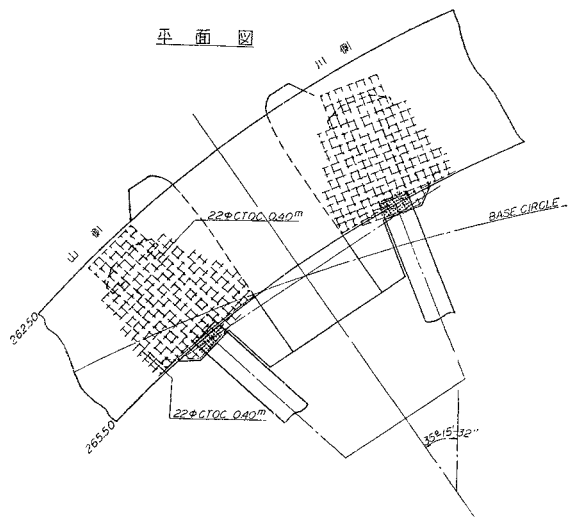
図-3(a) コンジット 設計図



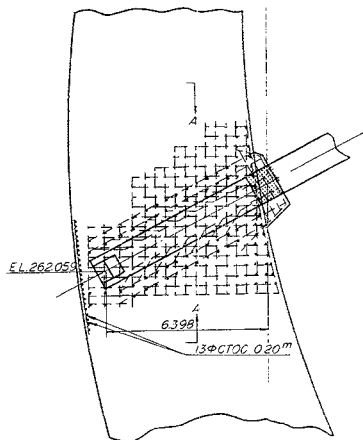
置付近でダムはかなりのデフレクション（約 12mm）を生ずるので副ゲートは単に水密を保つため、また主ゲートは洪水調節の目的にそぐべく設置したものである。副ゲートについては別に問題はないが主ゲートはテンターゲートとしたため引張材として用いたアンカーレ

ジへの応力集中はかなり大きく、その対策を種々検討したが決定的なものはなく、図-3(b)に示すごとく補強した。写真-7および8はアンカーレッジ付近の鉄筋組立状況である。コンジットチューブは前にも記したようにその寸法は5.60×4.50mで、10mm厚の鉄板で

図-3(b) アンカーレッジ付近配筋図



山側アンカーレッジ



A-A SECTION

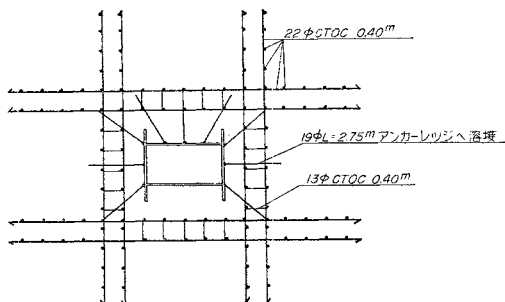


写真-7

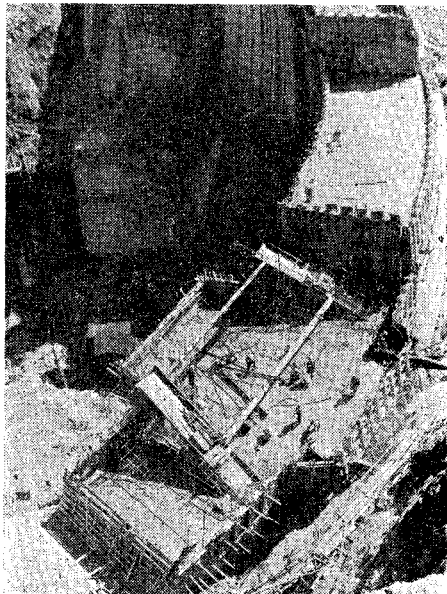


写真-8

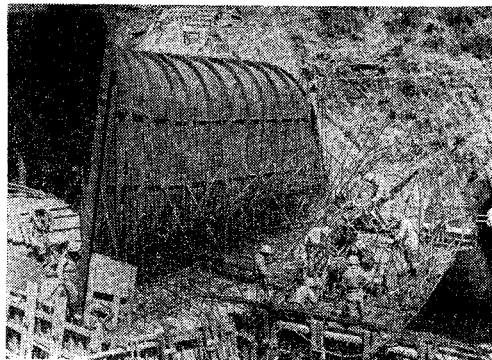


写真-9

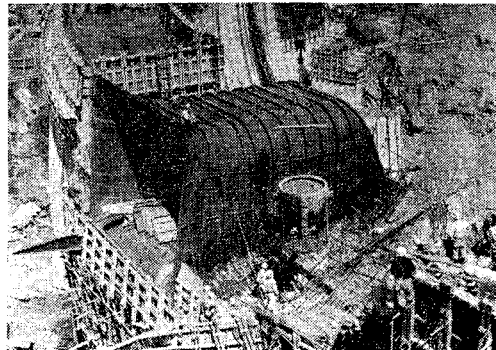


図-3(d) コンジットチューブグラウト配管図

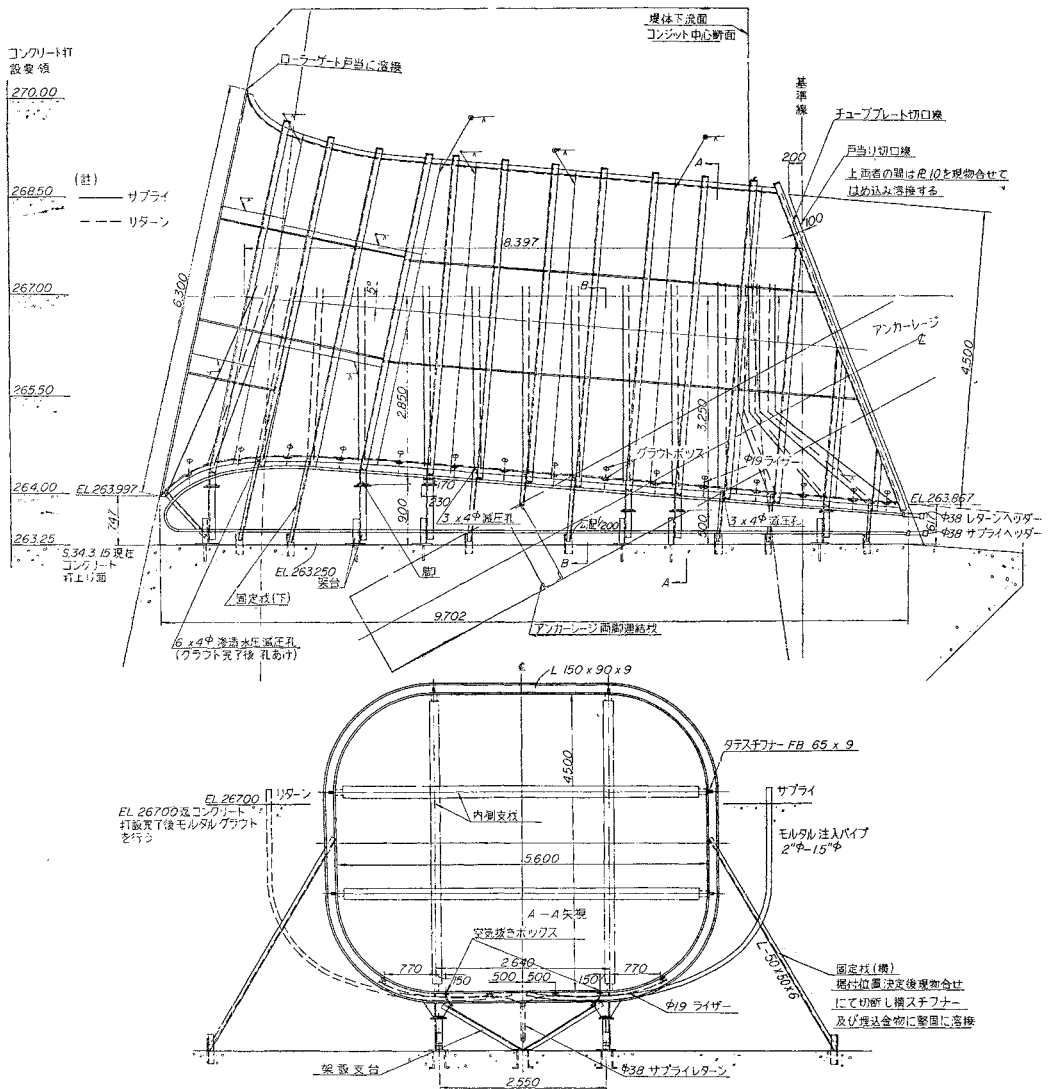
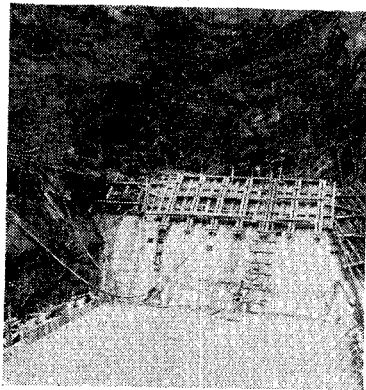


写真-10



工上はかなり益するところが多かったと考えられる。

(2) 岩盤の補強範囲

岩盤の補強範囲はダム基礎が一様な等方性の弾性体

から成ると仮定した場合に推力せん断力、曲げモーメントが作用する場合の応力分布を求め、これらの値を合成してえた計算値より大体の目安をたてたものである。EL 260 m におけるその結果を示すと 図-4(a) のようである。

図-4(a) の中にこの標高を横切るグラウトラインを入れると 図-4(b) のごとくである。

図中①は上流側カーテングラウトの線で、当初設計どおり施工したものであり、②は下流側より追加施工したカーテングラウトの線であり、③、④、⑤も工事完了後追加施工したコンソリデーショングラウトの線である。①は半径方向へ15°の傾斜をもって施工したのであるが、この傾斜は不必要でむしろ鉛直な面に近い範囲内で施工した方がよいと考えられる。

図-4(a) 岩盤内の応力

EL=260.00

$\alpha=45^\circ$

$t=8.172$

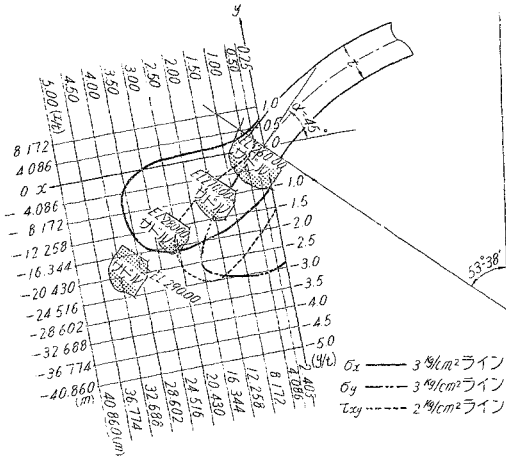


図-4(b) 岩盤の補強範囲

EL=260.00

$\alpha=45^\circ$

$t=8.172$

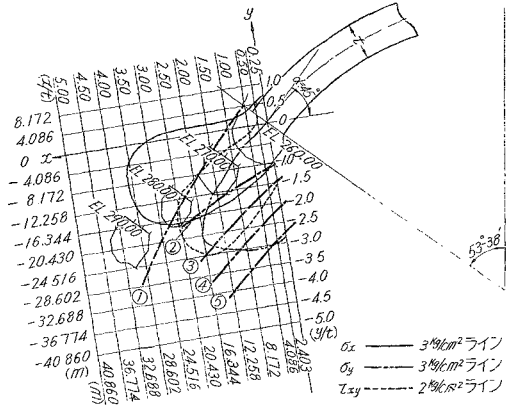
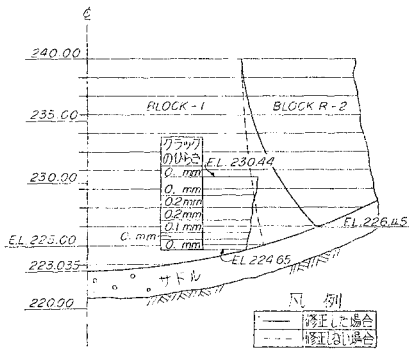
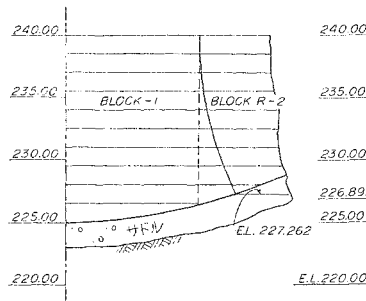


図-5(a) 右岸側ジョイント 1(JR-1) 付近クラック

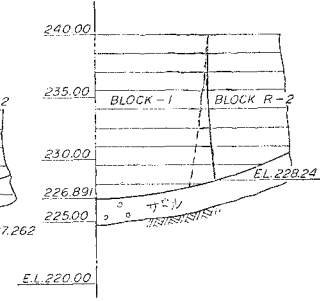
JOINT R-1 附近
上流面展開図



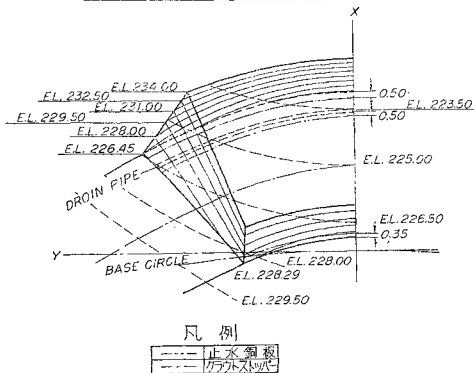
センター展開図



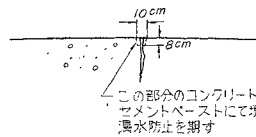
下流面展開図



JOINT R-1 詳細平面図



クラックの処置



クラックの処置はジョイントグラウトを行なったのち左図のごとく行なう。填充用セメントペーストは体積変化によるひびわれを防ぐためテストピースキャッピングの要領にて施工する。このクラック付近のコンクリート温度は約13°Cである。

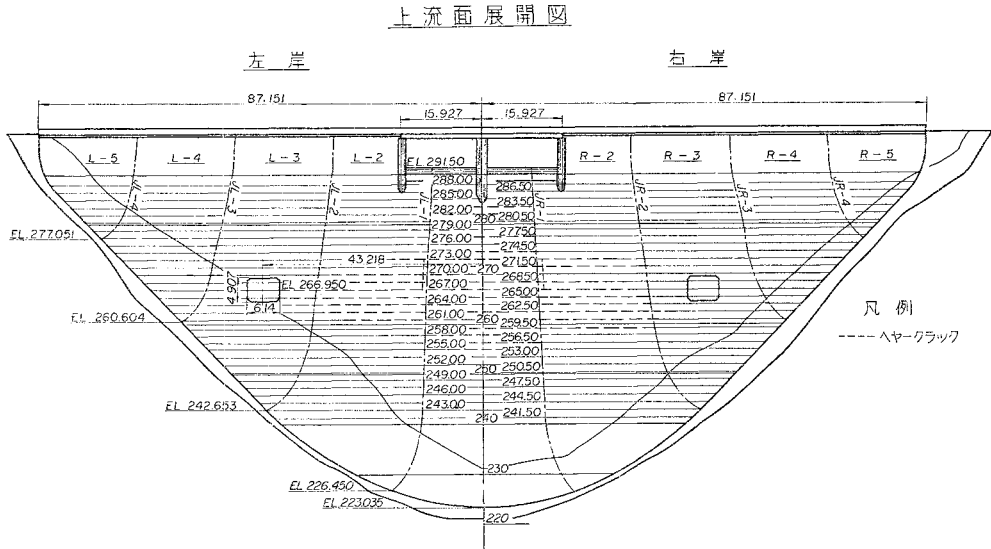
7. 施工中ダムに生じたクラックとその処理

(1) ダム施工

ダム施工中 図-5(a) に示すごとく上流面底部にクラックの発生が認められた JR-1 は上下流面および中心線

展開図に実線で示してあるが、これは中心線展開図でサドル面になるべく直交に近くなるよう修正したものである。ところがクラック発生後検討の結果ジョイントの修正のやり方がまずくて、剣先部が割れていると予想された。ジョイントの修正を行なわぬ場合は展開図のうち点

図-5(b) 水平クラック分布図



線のごとくなる。この部分は自重もかなり大きく施工中の不測の外力、例えば洪水による水位上昇などの場合にも応力の集中する所である。このような所に鋭角突起部を設けたのは明らかに検討不足である。この図面よりむしろこの部分のジョイントは修正しない方がよい結果を与えるものと考えられる。

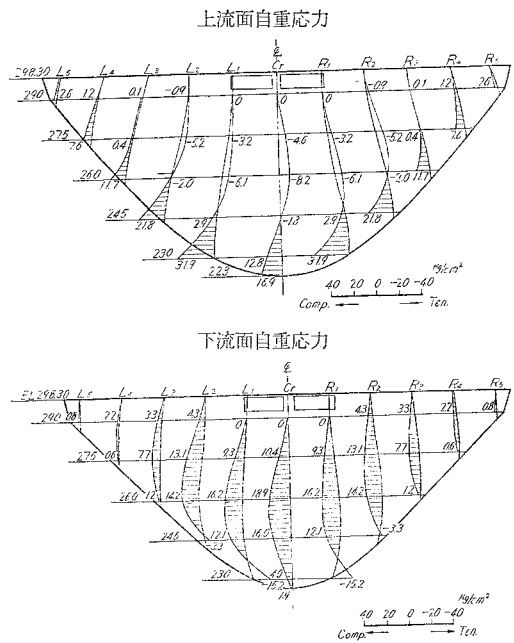
(2) ダム上流面に発生したハヤークラック

このクラックはコンクリート打継面に沿って水平に発生したものである。

これらのクラックは全般的にはほとんど分らないくらいのものであり、EL 270 m および EL 267 m のものをのぞいてはグラウトの漏洩もなく温度の日変化による開閉も全く認められない。上流面は西に面し強い日射を受けてかなりの温度の日変化を受けている。一方下流面の自重による引張応力が発生している部分では、水平クラックは認められない。なおこの部分は東に面したコンジットのシュート台等が近くにあるため上流面ほど強い温度の日変化はうけていない。

以上より明らかのごとく水平クラックの分布は、自重応力が引張りである範囲とほとんど一致している。しかし自重による引張応力は最大 8 kg/cm^2 程度で 1 kg/cm^2 くらいのものでクラックが入っているのは常識的に考えても不可解である。これは上流面が日光の直射を受けて温度の日変化がかなり大きいため温度応力によりコンクリートの許容引張応力に近い応力が発生し、それに自重応力が加わったためと思われる。すなわち上流面での温度の日変化の振巾が 10°C とすると、これにより 100×10^{-6} のひずみの変化が生ずる。温度の日変化は表面近くしか影響を与えないから、これはすべて温度応力に変わるとすると $E_c = 350000 \text{ kg/cm}^2$ とすれば毎日 35 kg

図-5(c) ダム上下流面自重応力図



cm^2 の振巾の応力変化が表面に生じていることになる。これよりほとんど安全率のないような大きさの温度応力が生じている所にもってきて、これに引張りの自重応力が加わるとダム コンクリートのなかで最も弱点である打継面にわずかなクラックが生ずる可能性があるといえる。われわれはこのことの対策として自重による引張応力が生じないような形を選定するか、温度の日変化を減少させるか、あるいは表面近くに配筋してクラックが深くまで入らぬような構造にする必要があると思われる。下流面にクラックが入らなかったのは日光の直射が

少なく温度の日変化が小さかったこと、上流側に設けたバットレスが有効にきいたこと、および施工掘削しなずりがこの部分をおおっていたので保温したためと思われる(写真-11)。この水平クラックの中でグラウトミルクの漏洩のあった所は将来漏水等のないようアラルダイトでクラック充填を行なった(写真-12)。

写真-11 上流側バットレス施工状況

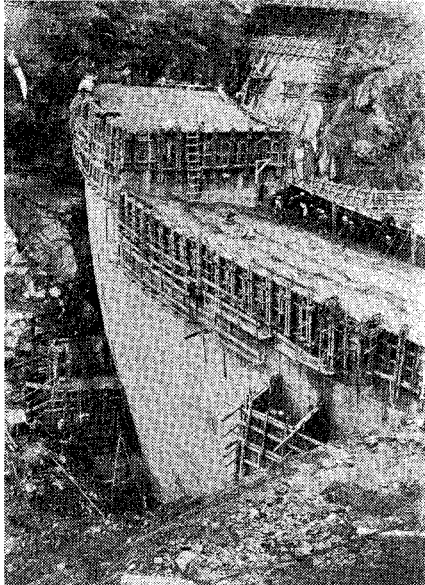
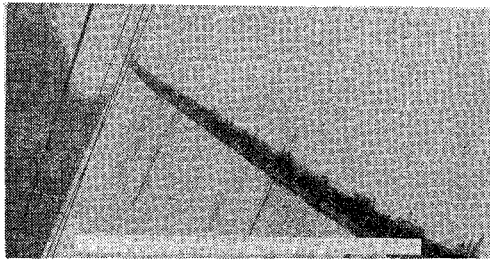


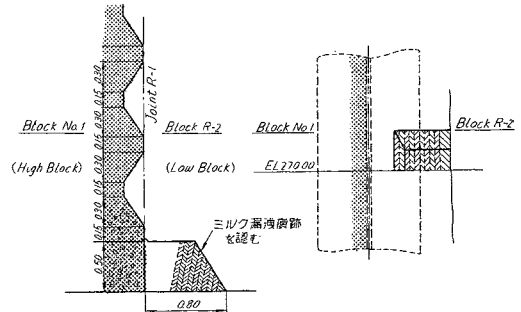
写真-12 アラルダイト施工状況



(3) ジョイントグラウトの際生じたクラック

このクラックは図-5(b)に示すごとく EL 270 m の水平クラックを中心に2ブロック側にそれぞれ対称に生じた縦クラックである。左岸側はグラウト圧力 2.6 kg/cm² のとき右岸側は圧力 1.8 kg/cm² のとき発生した。比較的低い圧力で生じたのでジョイントの内部に欠陥があり、それがグラウトで表面に出てきたのではないかという懸念があり、図-5(d)のごとく銅板の所まで手掘りを行ない調査した結果銅板の端よりミルクの漏洩した痕跡が認められたが、その原因について確かな結論は得られなかった。

図-5(d) クラック追跡施工図



- (1) クラック調査は図示斜線部のごとく 5cm ごとに手掘りを行なうこと。
- (2) 銅板付近は銅板を痛めないよう特に慎重に行なわねばならない。

このクラックは EL 270 m の水平クラックにより2ブロック側の銅板がコンクリートより離れていたために生じたものと考えられる。

8. むすび

以上簡単ではあるが綾北ダム施工にあたり、よかった点および失敗だった点をあらいざらい記述したつもりである。今後アーチダムが各地で建設される傾向にある。本報告が今後施工されるアーチダムの一助ともなれば幸いである。

(原稿受付: 1960.6.24)

45 巻 9 号 “岡本舜三著: 第 2 回世界地震工学会議を終って” 訂正表

会議出席者の正式調査の結果 7 ページ左欄上から 5 行目の参加者 325 名を 486 名にするほか表-1 を次のとおり訂正いたします。

表-1

国名	旧	新	国名	旧	新	国名	旧	新	国名	旧	新
レバノン	1		インド	5	3	イタリア	3	2	インドネシア	2	
イラン	5		ポルトガル	1		チリ	7		アルゼンチン	1	2
メキシコ	8	7	日本	211	371	ギリシャ	1		ガーナ	1	
イギリス	1	4	中華民国	3		パキスタン	2		韓国		1
フィリピン	14	13	カナダ	1		ガテマラ	1		ペルー		1
トルコ	4	5	ソビエト連邦	5	4	ブラジル	1				
ルーマニア	2		フランス	1		東ドイツ	1				
アメリカ	37		ニュージーランド	4		ベネズエラ	2		計	325	486