

土木研究所資料

第146号

矢作アーチダムの予備設計



昭和41年1月

建設省土木研究所

矢作アーチダムの予備設計

(昭和41年1月)

目 次

§ 1 ダムサイトの地形並びに地質	1
§ 2 ショルダーの取り方	3
§ 3 ダムの形状	4
§ 4 ダムサイトの比較及び決定	5

図 表

図-1 シュミットネット	9
図-2 崙十四,十五地質断面	10
図-3 崙14,15地質断面	11
表-1-1 ダムサイト左岸の断層一覧表	12
表-1-2 ダムサイト右岸の断層一覧表	13
図-4 ダム地質展開図	14
図-5 所要等高線図	15
図-6 クラウン形状	16
図-7 $\phi_A \sim \phi_A + \tan^{-1} \frac{V}{H}$ 図	17
図-8-1 水平スライス図	18
図-8-2 "	19
図-8-3 "	20
図-8-4 "	21
図-8-5 "	22
図-9 コンクリート量・掘削量比較図	23
図-10-1 水平スライス図	24
図-10-2 "	25
図-10-3 "	26
図-10-4 "	27
図-10-5 "	28

図-1 1	A-Ⅲ案 平面図	29
図-1 2-1	A-Ⅲ案 水平スライス図	30
図-1 2-2	A-Ⅲ案 "	31
図-1 2-3	A-Ⅲ案 水平スライス図	32
図-1 2-4	A-Ⅲ案 "	33
図-1 2-5	A-Ⅲ案 "	34
図-1 3-1	応 力 表	35
図-1 3-2	"	36
図-1 3-3	"	37
図-1 3-4	"	38
図-1 3-5	"	39

矢作アーチダムの予備設計

柴 田 功
小 倉 昭 三

§ 1. ダムサイトの地形並びに地質

ダムサイト付近では矢作川は直線的に北北西に流れ、ダムサイトのすぐ下流には時瀬発電所（中部電力）の取水堰堤があり、その下流では矢作川はほぼ直角（西南西）に向きを変えている。従ってダムサイトより下流では左岸側の山は著しく薄い尾根を形成している。

またダムサイトの山腹には左右両岸とも東北方向に刻まれた支谷がある。岩盤の風化は全般的にかなり進んでいるようであるが、道路の切取りより河床付近にかけては、かなり新鮮な岩盤が露出している。左岸の道路より高所の山腹では風化した真砂土が厚く、凹部に若干の崖錐があり、右岸の道路より高所には、山腹より崩壊した崖錐が厚さは薄い幅広く分布している。

河床部堆積砂礫層の厚さは取水堰堤があるため、10 m 程度である。

ダムサイトの基盤を構成する岩盤は中粒の結晶よりなる両雲母花崗岩であるが一般に深層風化の現象がみられ、結晶粒子間の結合力が若干低下している側向があるが、これは新鮮な花崗岩と比較しての事であって、ダムサイトを考える場合に特に問題になる程のものではない。

岩盤には次に述べるような傾向がみられる。

- i) E L. 240 以下は良好である。
- ii) E L. 240 以上の標高では、同じ標高で比較すると左岸の方が右岸より悪い。
- iii) F. 3 断層より下流では下流に行くに従い悪くなる。

ダムサイト上流には川を横断する巾の広い顕著な F. 3 断層がある。この断層は現設計の基礎面からははずれるが、（以前の設計では F. 3 断層とダムが交叉していたのであるが、F. 3 断層に対する処理を考慮すると莫大な工費を要する事になり、下流の現地点に移された経緯がある。）断層が下流に傾斜している為、ダムの下にもぐっている。

F. 3 断層とはほぼ直角に交わり、河床部を川に沿って走る河床断層が推定されている。この断層は弾性波探査とボーリング B-14, B-15, B-16, B-17, B-18, 及び B-19 の結果にもとづいて推定されたものである。その他河床にはボーリングによって軟弱部分が見つけられている。

ダムサイトの節理、断層の構造は右岸には R I (N50~60°W/70~80°N), 左岸には L I (N35~60°E/60~70°N), L II (EW/80~90°N), L III (N35~60°W/70~80°N) のグループに分けられるかなりの数の連続性をもつた断層がある。

（図-1 参照）

右岸のR Iグループ(左岸のL IIIグループと同じ構造に属する)および左岸のL Iグループはアバットメントに於けるアーチの切線には直交する走向、左岸のL IIグループは流心には直交する走向、及び左岸のL IIIグループは上記アーチ切線には平行な走行をもち、いずれも下流側(北落と)に傾斜している。断層の厚さは右岸R Iで約50 cm、左岸のL Iで1 m、L IIで50 cm、L IIIでおおむね20 cm以下となっている。

以上の重要な断層、節理の他に卓越した走向・傾斜をもつ割れ目が発達しており、その構造は上述の断層の構造とよく一致する。

全般的には左岸の方が右岸より割れ目の発達が著しく、上記の岩質、断層及び割れ目を総合すると、左岸と右岸とでは数等右岸の方がすぐれている。以下各断層の性状について述べる。(図-2, 3, 4, 5 参照)

1-1 F・3断層

F・3断層の正確な走向・傾斜は測定が困難であるが、おおむね左岸では $N 7^{\circ} E 55 \sim 60^{\circ} N$ 、右岸では $N 45^{\circ} E / 60^{\circ} \sim 70^{\circ} N$ であり、左岸と右岸とでは同一走向・傾斜を示さずゆがんでいる。(図-2, 8 参照) F・3断層は横坑L-2, L-3, R-1及びR-2で確認出来る(図-1 1参照)横坑の観察によると完全に粘土化した部分の巾は50~60 cm程度であるが著しく破砕された部分は10 m以上の巾に及んでいる。破砕帯と上盤との境界は割合はっきりして上盤は硬い岩になるが、下盤との境界は漸移的な変化を示すので明瞭ではない。この傾向は右岸よりは左岸で、同じ左岸でも標高の高いところほど顕著である。

1-2 河床断層

この断層は5本のボーリングで指摘されている。即ちB-14の深さ24.8~30.0 mの破砕部、B-15の深さ23.0~27.3 mの破砕部、B-16の深さ30.2~37.8 mの破砕部、B-18の深さ27.6~28.0 mの破砕部及びB-19の深さ10.4~11.5 mの破砕部が連続すると考えられるので、これを河床断層としている。(図-3参照)しかしB-14, B-15及びB-16でみられる破砕部の厚さとB-18及びB-19でみられる破砕部の厚さはかなり違うので、この断層も位置によって相当破砕の巾が変化するようであるが明らかではない。

1-3 左右両岸の断層

横坑内で観察される断層のうち、連続性の認められるものを表-1, 図-4, 及び各スライス図に示す。スライス図には連続性が認められる断層を実線で、連続性の認められない断層を破線で示す。

1-3-1 左岸の断層

図-1のシュミット・ネットからわかるように左岸の地質構造は右岸の割れ目の構造と同様である。左岸における断層は主要なものから順にL I, L II, 及びL IIIのグループに分け

られる。

L I グループの卓越した走向・傾斜は $N 40^{\circ}E / 68^{\circ}N$ でこのグループに属する断層のうち、横坑により連続性の確認されているものはDL, EL, HL, 確認されていないが規模と地形に現れた谷の状態からして、かなりの連続性があると推定するものにはAL, CLがある。

L II グループの卓越した走向・傾斜は $N 86^{\circ}W / 60^{\circ}N$ でこれに属する断層のうち、連続性のあるものにはGL及びJLがあり、いずれも標高差30. mの横坑間で連続性が認められる。これらの断層の巾は50 cm前後でL I グループに次ぐ卓越性を持つグループである。

L III グループの卓越した走向・傾斜は $N 52^{\circ}W / 81^{\circ}N$ で、これに属する断層のうち連続性が認められるのは今のところKLのみである。KLは巾数cmのもので規模も小さく、連続性も標高差15. mの横坑間で認められている程度である。L III グループは規模と頻度の両面からみて、3グループのうち発達の程度が最も弱い。

以上の3グループに属さないもので、注目すべき走向・傾斜をもつ断層が2〜3見受けられる。そのなかでトコ線断層はL-12 (EL240)の上下流方向、水平距離で約40 m離れた2ヶ所でみられ連続性が認められる。走向・傾斜は $NS / 90^{\circ}$ であり、L-11 (EL225)では現れておらず、L-15 (EL255)では認められており、EL270以上では地表に抜けると予想される。巾は5〜10 cmで大きくはないが河心に平行な走向を持つのでアーチ・ダム基礎としては滑りに注意しなければならない。

上記の断層、割れ目群の他に左岸アーチアバットメント沿いに流れ目を示す割れ目があり注意を要する。

1-3-2 右岸の断層

右岸ではR I グループがあるだけで、その中で連続性の確認されているものはERのみで他は連続性に乏しく、また規模が小さい。ERはR-14 (EL230), R-12 (EL240)及びR-15 (EL255)で確認され、 $N 50 \sim 60^{\circ}W / 80 \sim 90^{\circ}N$ の走向・傾斜をもち、巾は40〜50 cm位である。左岸のL III グループと同じ構造に属するがダムの中心線に関しては左岸のL I と対称な構造となる。

R-13 (EL270)下流枝坑切羽に左岸L II グループと同じ構造を持つ断層があるがダムの位置よりかなり離れている。

§ 2. ショルダーの取り方

ダムの位置を比較検討する段階においては、詳細な安全性の検討は不適当であるのでショルダーの大きさ(アバットの根入れ)は予備的な簡便な方法を用いて決める事にした。

堅岩等高線は弾性波試験の結果を参考とし横坑における観察(CクラスとBクラスの間)により推定した。

基礎岩盤のアーチ・スラストによる安定性を検討するには剪断摩擦抵抗の式による方法があり、これを用いた。

$$n = \frac{r \cdot l + f \cdot V}{H}$$

V : 滑り面に対する垂直力 (ton) H : 滑り面に対する剪断力 (ton)

l : 滑り線長さ (m) f : 摩擦係数

n : 安全率 r : 剪断抵抗 (ton/m²)

上式における r, f, n の数値如何によって根入れの深さが決まるが、後述の如く矢作ダムにおいてはダムをフラットにするので、掘削時、堅岩が推定していたよりも浅く現われた場合、アーチ中心角の減少に依るダムの応力の悪化を防ぐ為に、予備設計の段階においては根入れがやや浅くなる様に配慮し $n = 4.5$ $r = 200$ (左岸), 250 (右岸) $f = 0.8$ を用いた。また上式に於ける N にはダムのスラストによる、滑り面に対する垂直力のほかに滑り面に働く水圧をも考慮している。この水圧は滑り面の上流端で貯水池の水圧に等しく 100%, 10 m 下流端では 0% とし、重力ダムの設計基準に準じた。

上記の式を利用して、半径方向より 5~10 度間隔で直線滑り面を仮定し、それぞれの滑り面について、安全率 4.5 におさえるに必要な滑り線の距離を求め、それらを包絡する曲線を描き、この曲線が左右岸、各標高において堅岩等高線内部に入る様に設計した。この曲線が所要堅岩等高線 (Required Shoulder) である。この所要堅岩等高線と堅岩等高線が交叉する場合には安全率が 4.5 を割る事になり、両者の間に余裕があり過ぎると、根入れに余裕を見すぎており、不経済となる。従って所要堅岩等高線が堅岩等高線と接するのが最も合理的である。

この方法を用いた例を図-5、図-8 に示す。

§ 3. ダムの形状

矢作ダムは地形、地質、コンクリート用骨材その他の条件に対する検討によりアーチダムを選定し予備設計に着手した。

近年アーチダムでは基礎岩盤の安定の問題がクローズアップされてきたが、基礎の厚みを大きくとる事が最も重要な要件である。しかるに前節にあげた様に、現地点上流側には大規模な断層 F・3 が河を横切っており、下流に下がると地形・地質が著るしく不適当になるので、上下流方向にダムの位置を移動させる範囲が極めて少ない。このためダム形状を極力フラットにし、スラストを出来るだけ山側に向け、安定に最も重要な基礎の厚みをより多くとれるようにする事にした。さいわい建設省では電子計算機によるアーチダムの応力計算法が研究・開発され実用段階に入っており、[※]きわめて廉価且つ短時間に応力を知る事が出来る。また建設省内同規模のアーチダムの設計計算、模型実験、実測などからこの種の目的に対し、放物線アーチが

※ 建設省土木研究所 飯田隆一著 電子計算機によるアーチダムの確析方法

破れていることが確められた。これらから矢作ダムの子備設計では中心角75度以下の放物線アーチダムを基本とすることを目標として作業が進められた。なお子備設計ではダム形状は完成時の形状が予想出来ればよいので変半径等厚アーチ（放物線等厚アーチ）とし、ダムの位置選定に重点を置いた。

アーチダムの形状の選定ではクラウンキャンティレバーの形状（Xc）、中心角（ ϕA ）及び厚さ（Tc、TA）が大きな影響を与えるので特にこれらについて検討した。応力計算は、子備設計の段階の為、温度及び地震荷重を省略して行った。

3-1 クラウン・キャンティレバーの形状

クラウンキャンティレバーの合理的な形状を求める為に図-6の様に上流側オーバーハングが0m、15m、30mの場合について種々のアーチを描いた。それらのうちでサイドキャンティレバーのオーバーハングの最も少ない、そして上流側オーバーハングの最も滑らかに変化するのは図中太線で示した形状であった。そこでこの形状のタイプについて応力計算を行ったところ、クラウン・キャンティレバーの上流面において許容応力を上回る鉛直方向の引張応力が生じる事が判ったので、上記クラウン・キャンティレバーの形状に類似した、より下流側へのオーバーハングの少ない形状について種々検討を行った結果Xu=2.00mが最も妥当であった。

3-2 アーチ中心角及びダムの応力

既述の如く矢作ダムの形状は極力フラットにする方針であるが、どの程度応力的に減少し得るかについて、そしてその場合アーチ・スラストの方向は如何に変化するかという事について検討を行った。

まず最初にダム中心角を小さくする事に依ってアーチ・スラストの方向がより山側に向く傾向を有するか否かを検討する為に種々の中心角のダム形状について応力計算をし、

$\phi A \sim \phi A + \tan^{-1} \frac{V}{H}$ の関係を図示した。この場合、アーチの力のみを考えた2次元的のスラストと片持梁の力をも考慮に入れた3次元的スラストについて行った。これによると $2\phi A = 65 \sim 70^\circ$ の範囲内では中心角を小さくするに従ってアーチ・スラストが山側に向く傾向がある事が認められた。（図-7参照） $[\phi A \sim \phi A + \tan^{-1} \frac{V}{H} \text{ Curve}]$

上記の結果から、中心角を小さくする限度はダムの許容応力によって決定される事になり、検討の結果 $2\phi A = 70 \sim 75^\circ$ の範囲内であればダムの応力上の問題は解決し得ると判断された。なおダムの厚さTは応力が適当であったので、天端6m、ベース24m、その間は直線的に変化させた。

§4. ダムサイトの比較及び決定

既述の如く以前には、ダムサイトは現ダムサイトより上流にあったのであるが調査が進むに従いF・3断層なる著しい断層がクローズアップされ、この断層は非常に規模の大きいもの

であり、この断層を処理するか避けるべきか種々検討が行われた結果F・3断層の処理は得策ではないという判断にもとづいて、地質調査の上で不確定要素は多分にあったが下流にダムサイトを移す事に踏みきったのである。その結果F・3断層の下流にダムサイトが移されてからもやはりこのF・3断層はダムサイトの決定に際しても非常に大きい要素となった。

4-1 A, B案の比較(図-8参照)

F・3断層の下流でダムサイトを決める為に次の如き比較検討を行った。EL200mに於いてF・3断層とダムの最短水平距離が3.0m, 7.0mと予想される位置をそれぞれA案B案とした。ダム及び岩盤の構造上、またカーテン・グラウト及び河床断層のブラグの施向上、F・3断層を処理せずにすむ最少の距離と考えられる位置がA案であり、左岸上部標高の地形が逃けている為、下流に移動させた場合にはスラスト・ブロック等のアーチ・スラストを伝達させる為の構造物が必要となり、最も下限と考えられる位置がB案である。A, B位置案において最も良好なダムを前述のダム形状をもとにして描きそれらをそれぞれA案, B案とし両案の比較を行った。

(A) F・3断層

EL200mにおけるダムと現在推定しているF・3断層との水平距離はA案で3.0mであり、F・3断層の影響はまぬがれなく、この場合構造上と止水上の問題がある。構造上の問題については、F・3断層とダムとの距離を変化させ光弾性実験を行った結果、距離と岩盤内の応力の定量的な結論は得られなかったが、3.0m離せば構造的には殆んど問題は無いと推定された。止水上の問題についてはカーテン・グラウトの施工方法であって、F・3断層に交叉して行う方法と、平行に行う方法が考えられるが、交叉してカーテンを施工する場合には、F・3断層の様に規模の大きい断層にグラウトした場合、施工効果上問題があり、F・3に平行にカーテンを施工する場合は最小必要距離は3.0m程度あれば施工し得るとみなされ、A案が最上流案になる。B案ではF・3断層とダムとの距離は7.0mであり、F・3断層の本体への影響はほとんどない。

(B) DL, EL断層

A案ではこれらの断層とダム本体がEL260~270m, B案ではEL250mで交叉しその状態は差し目構造をなしている。このDL, EL断層は何らかの置換工が必要であるが、これをあかり作業で行う場合は掘削のため、これより上部標高の根入れを大きくとる必要があるので交叉する標高が高い程、掘削量、コンクリート量ともに少くなる。置換工をトンネルによって行う場合については、DL, EL断層による変形の影響と、断層より川側の部分の剪断摩擦抵抗の安全性について概算を行った結果によると両案とも同程度である。

(C) 河床断層

この断層は性状もはっきりしていないが、F・3断層と交叉する部分が大きく朝顔状に

なっていない限り、両案とも河床断層に対する処理は大差ない。

(D) 左岸上部標高の問題

下流に行くに従い風化による被りが厚くなり、地形が逃げる傾向がある。従って下流すぎるとスラスト・ブロックが大きくなり好ましくない。

(E) 掘削量

図-9の如くA、B両案の全掘削量はほぼ同じであるがB案の掘削量はA案よりも右岸が少く左岸が多い。

(F) ダムのコンクリート量及び応力

コンクリート量は図-9の如くA、B両案ともほぼ同量である。

以上の如くA、B案の比較を個々の問題点について行ったのであるが、全体的にみてダムサイトを、A地点にするか、B地点にするかという判断とした差はない。

I) F・3断層の下流側に沿って良好岩盤が分布している。また、左岸グリット12以北では断層の影響等でヤム風化している。

II) アーチダムでは出来るだけ下流側基礎岩盤の厚みをとるべきであるが、A案の方がB案よりも基礎岩盤の厚みが大きい。

III) B案は左岸のDL、EL断層の最も悪い部分に近い。

等の理由により、B案よりもA案の方が全体的にみた場合、有利であるとの結論に達した。

4-2 A-0, I, II, III案の比較(図-10参照)

上記の検討によりB地点よりもA地点の方が優れているとの結論に達したので、A案のダムを左右に回転してみても最も適当な中心線の方角を検討した。従来のA案をA-0案とし、この案を時計廻りに5度(これ以上回転するとDL、EL断層の最も悪い部分を直接処理する以外に方法がなくなり、B案と同じ条件になる)反時計廻りに10度(これ以上回転すると右岸上部標高のアーチ・アバットが地形の関係で堅岩を離れ何らかの形でダムと岩盤を繋ぐ構造物を必要とし、また非対称の度合が著るしくなる)回転した案をそれぞれA-I, A-II案と名づけ、それぞれの案について検討した結果を列挙する。

(A) F・3断層

EL200におけるダムとF・3断層との水平距離はいずれの案も30mでありF・3断層に関しては3案ともほぼ同じ条件である。

(B) DL, EL断層

DL, EL断層による破砕部分に最も近づくのはA-I案であり、最も遠ざかるのはA-II案であり、A-0案はその中間である。

(C) 非対称度

A-II案は3案中、地質構造上最も安定しているが、非対称度が最も大きく、しかもダ

ムより下流の流心とダム中心線のなす角度は約15度であるので、放流設備の配置にやゝ難がある。

(D) コンクリート量、掘削量

・ 図-9の如くA-II案はA-O案よりも双方共多いが大差ない。

以上の検討によりA-II案はコンクリート量、掘削量は増加するがその増量は少なく、左岸側アーチスラストの向きが最も山側に向くので基礎岩盤の安定度が著るしく増加する。しかし非対称度が大きい為仮設備や水理上放流設備の設計が困難である。従ってA-II案は中心線を回転し過ぎるという結果になった。そこでA-O案とA-II案の中間の、A-O案を反時計廻りに5度回転したA-III案を作成し、他の案との比較を行った。

この案はA-O案とA-II案の丁度中間の案であり、この場合もダムとF・3断層との距離は30mである。左岸基礎岩盤の安定性はA-II案には及ばないが、A-O案よりは優れている。(図11, 12, 13参照)

これらの検討によりこのA-III案に基いて詳細設計に入る事にした。

図-1 シュミットネット

CLEFT SYSTEM

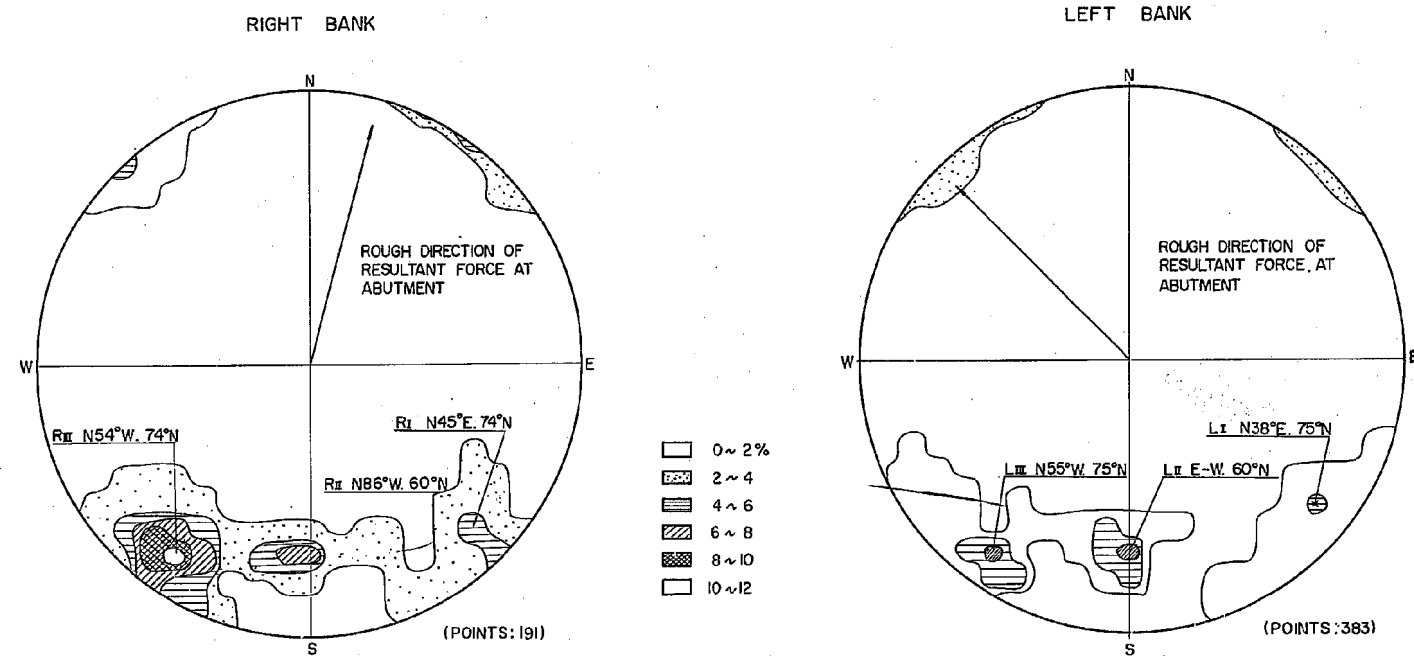
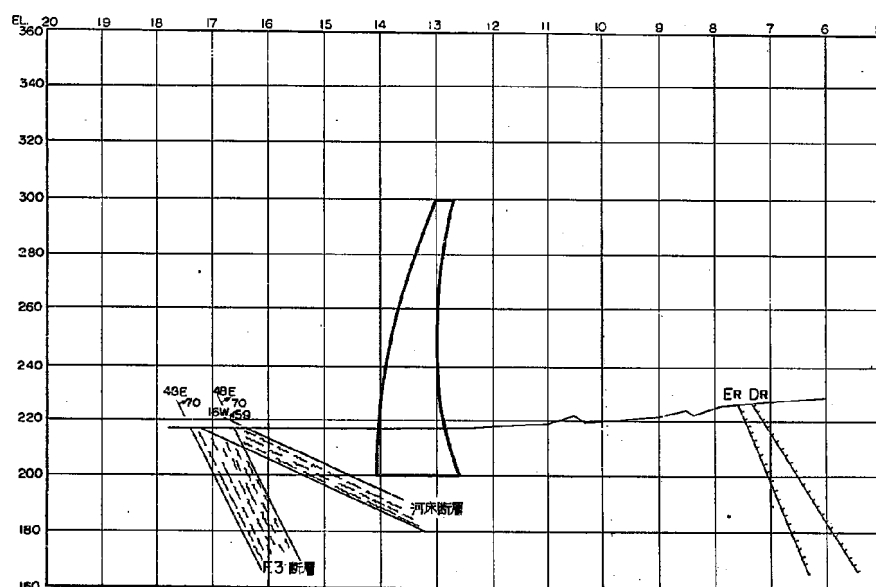


图-2 NO十四,十五 地质断面

NO十四 縮尺 1/2000



NO. 十六 縮尺 1/2000

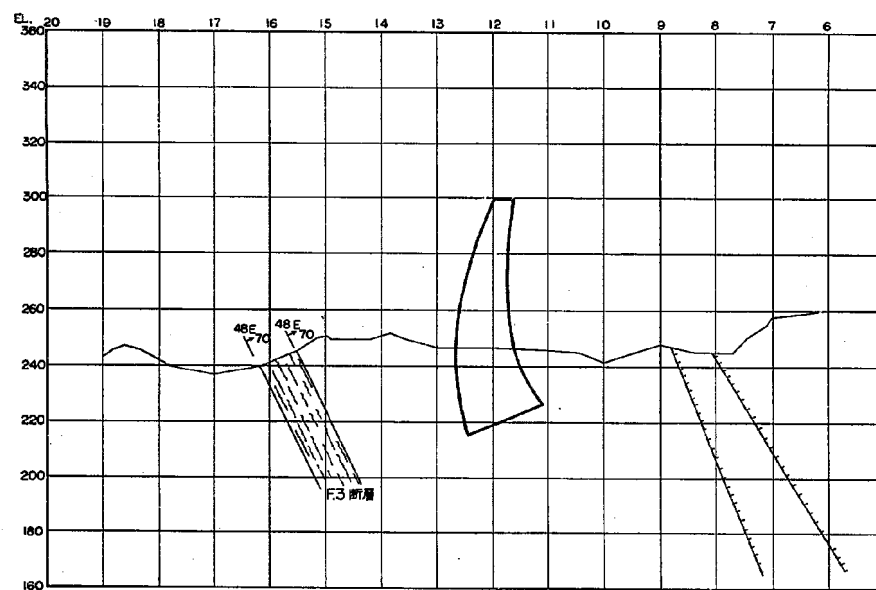


图-3 NO.14,15地质断面

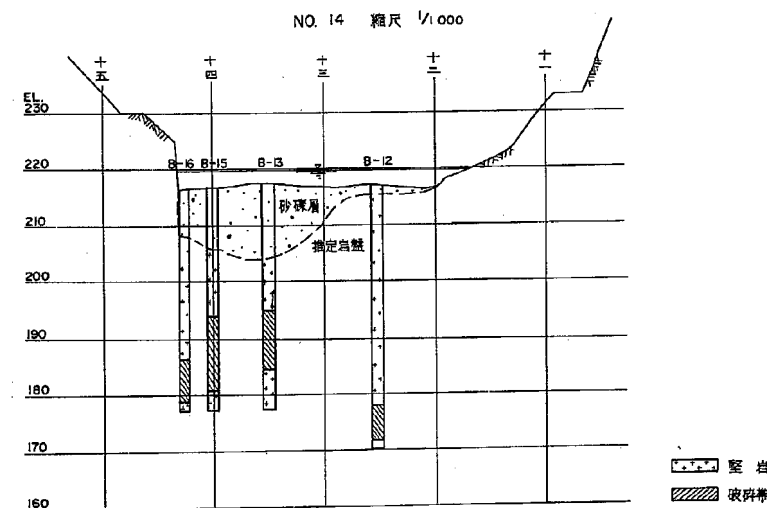
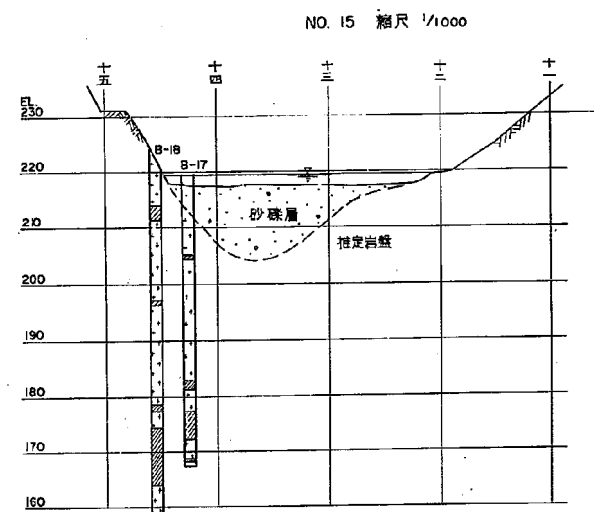


表-1-1 ダムサイト左岸の断面一覧表

標高 名称	EL.225	EL.240	EL.255	EL.270	EL.280	EL.300	備 考
AL					D14-5 42E/78N		
BL				D13-24 36E/66N			
CL				D13-23 52E/50N			
DL		D12-7 30E/70N D12-21 30E/70N	D15-2 40E/70N	D13-4 32E/70N			EL265 以上は 30E/72N EL260 以下は 30E/70N
EL		D12-9 40E/70N D12-18 40E/70N D12-7a 47E/63N	D15-3 40E/70N	D13-17 48E/70N			EL270 以上は 48E/70N EL265 以下は 40E/70N
FL					D14-3 EW/60N	D16-5 85W/66N	
GL		D12-13 75E/40N		D13-18 74E/58N			
HL		D12-8 40E/82N D12-16 D12-6a	D15-2 40E/82N	D13-6 40E/82N			
IL		D12-19 82W/60N D12-4a 88W/60N		D13-12 82W/60N		D16-1 85W/65N	EL260 以上は 85W/65N EL255 以下は 88W/60N
JL		D12-17 80W/60N D12-11 80W/60N	D15-4 78W/60N	D13-9 78W/60N			
KL	D11-7 50W/78N	D12-5 50W/80N		D13-8 54W/82W		D16-2 45W/78N	
ト口線		D12-3 NS/90	D15-1 NS/90				

表-1-2 ダムサイト右岸の断面一覧表

標高 名称	EL.220	EL.230	EL.340	EL.255	EL.270			備考
AR					D13-2 75W/62N			
BR					D13-7 88W/66N			
CR							F-37 72E/72N	
DR					D13-5 80W/60N		82W/58N	EL265 以上は 80W/60N EL260 以下は 82W/58N
ER		D14-6 66W/70N	D12-5 66W/80N	D15-1 62W/80N				EL252 以上は 62W/80N EL250 以下は 66W/70N
FR		D14-7 52E/90 D14-4 60E/72S						

図-4 ダム地質展開図

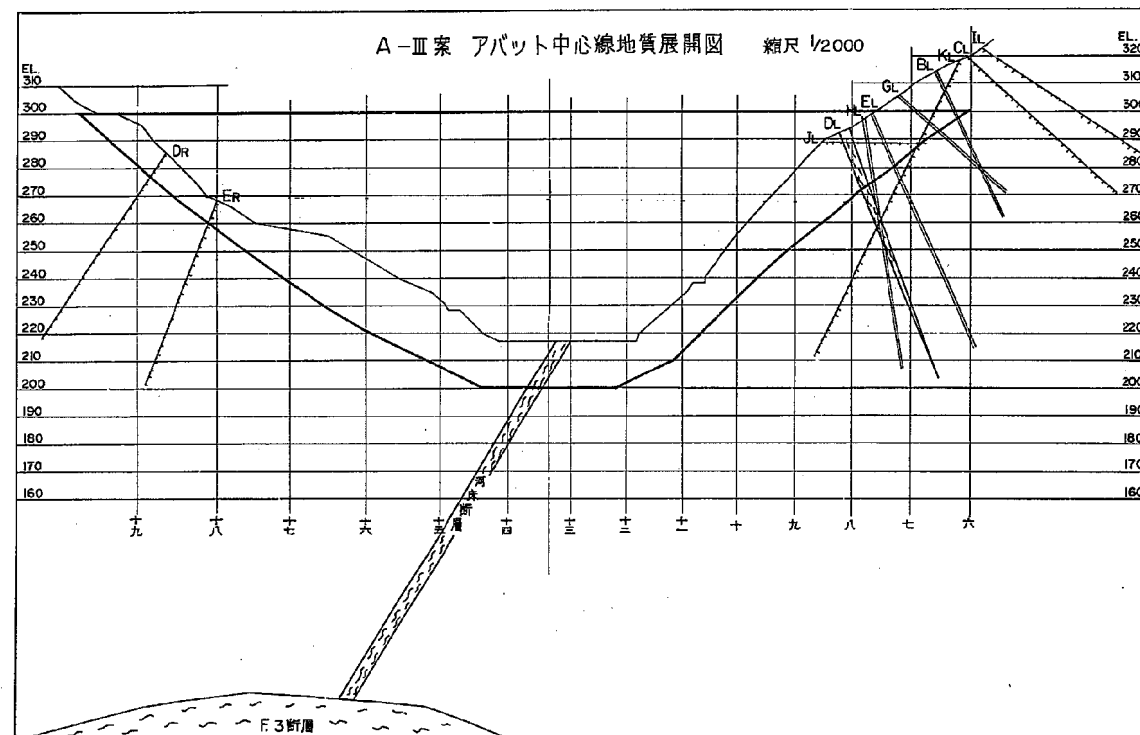


図-5 所要等高线图

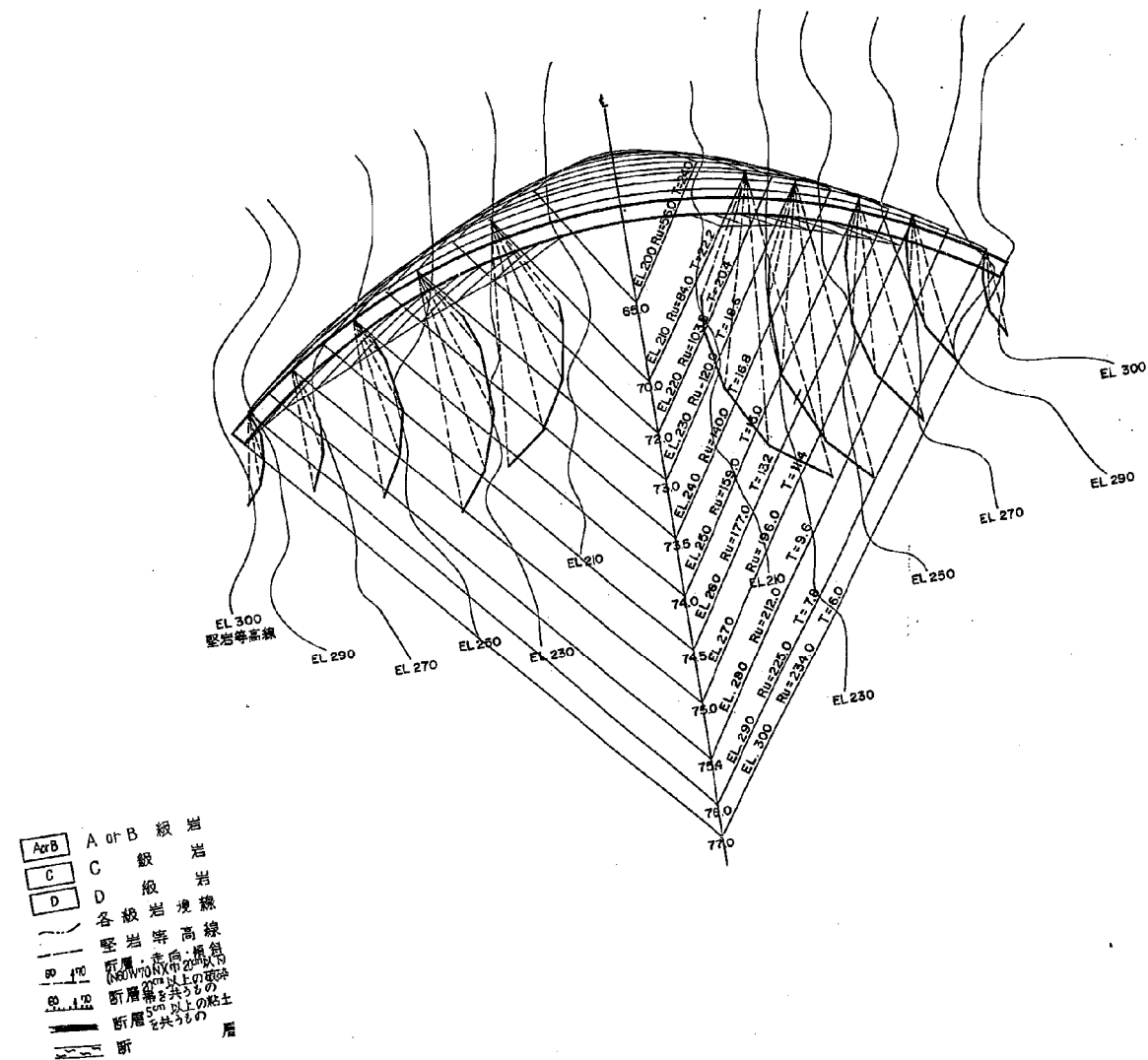


図-6 クラウン形状 縮尺 1/500

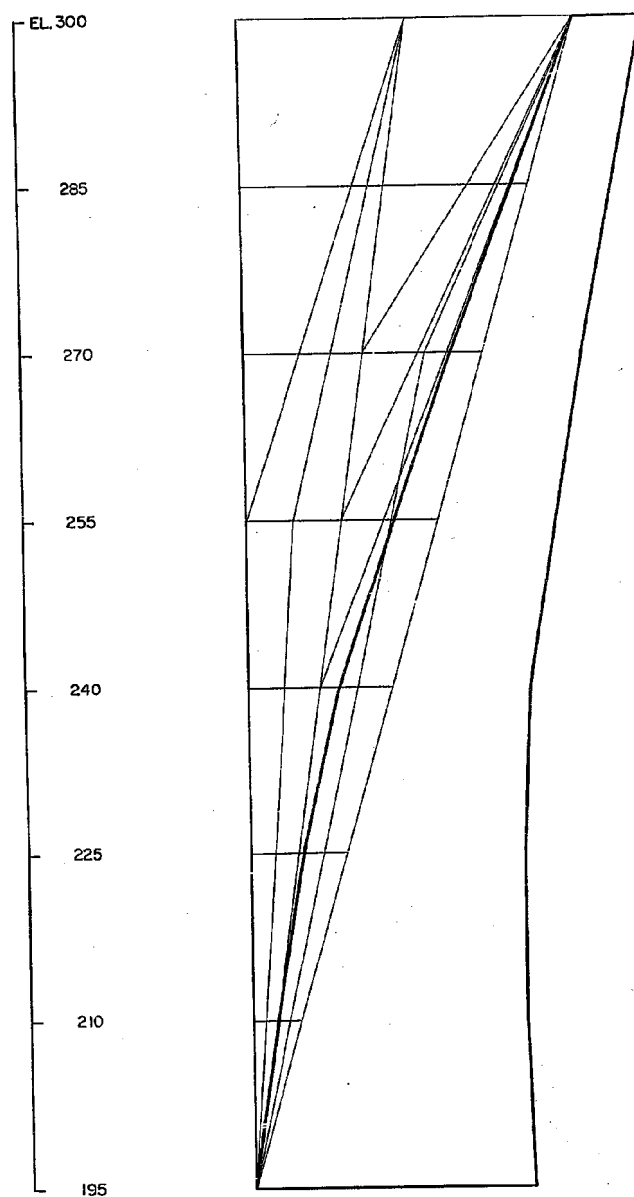


図-7 $\phi_A \sim \phi_A + \tan^{-1} \frac{V}{H}$ 図

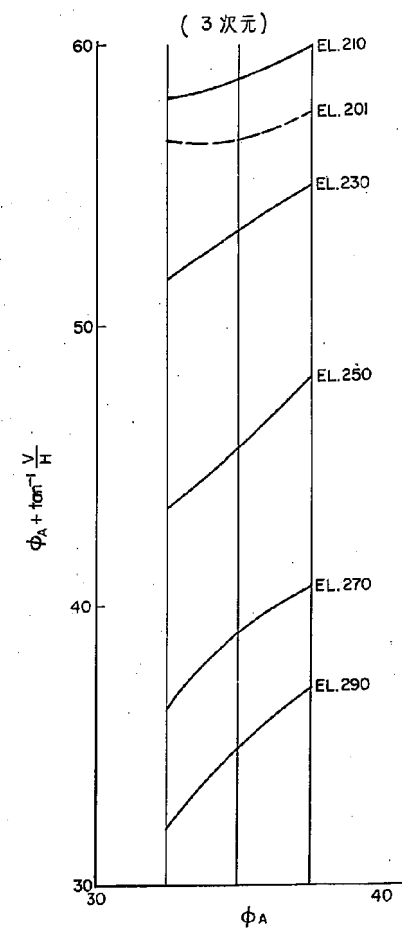
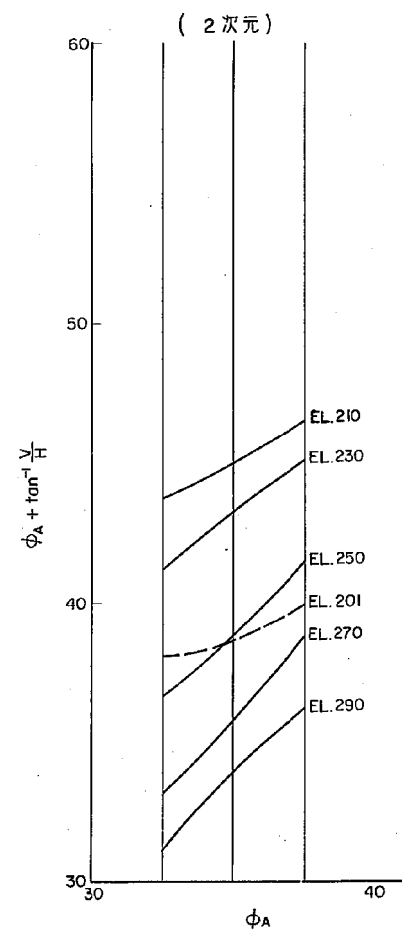


図-8-1 水平スライス図

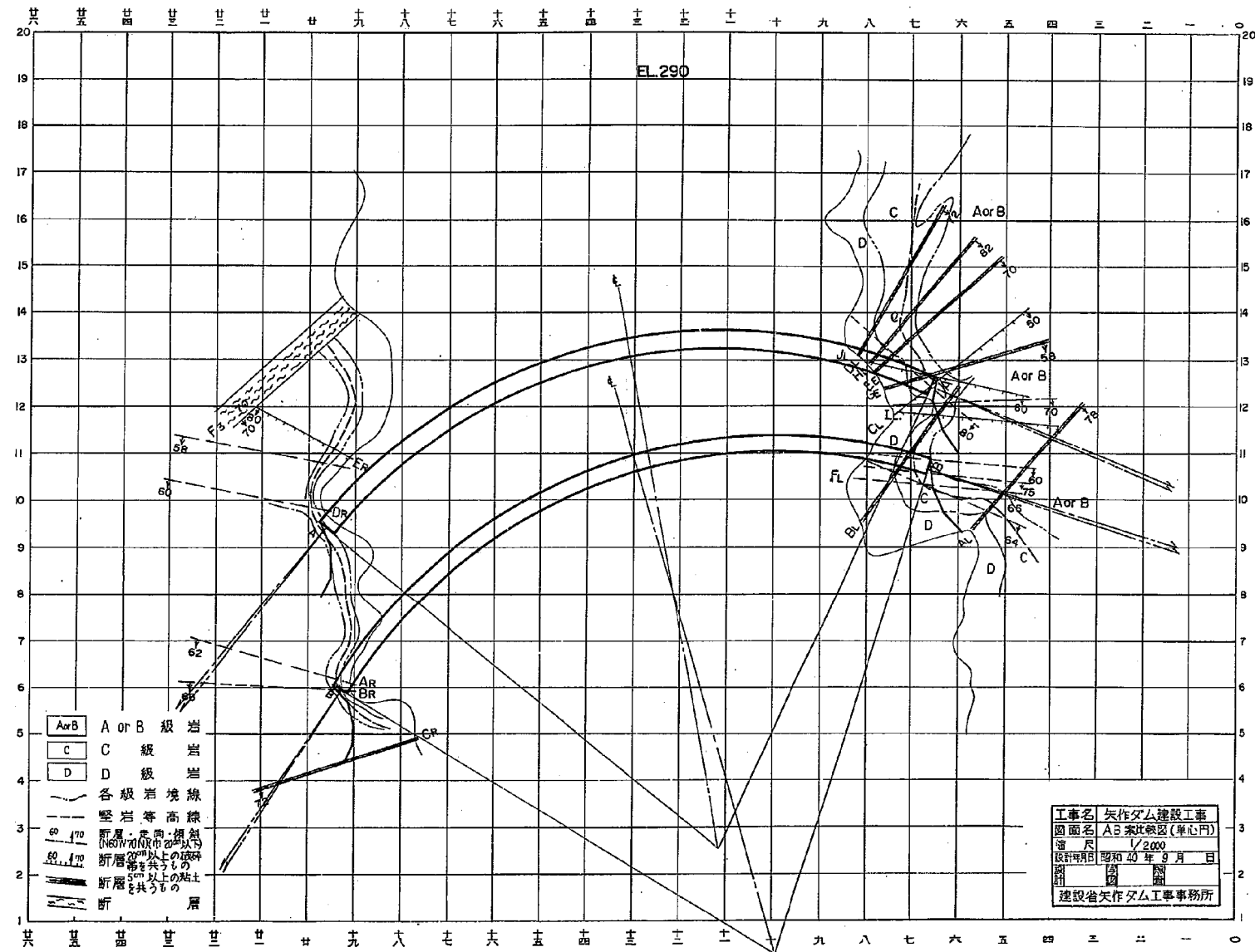


図-8-2 水平スライス図

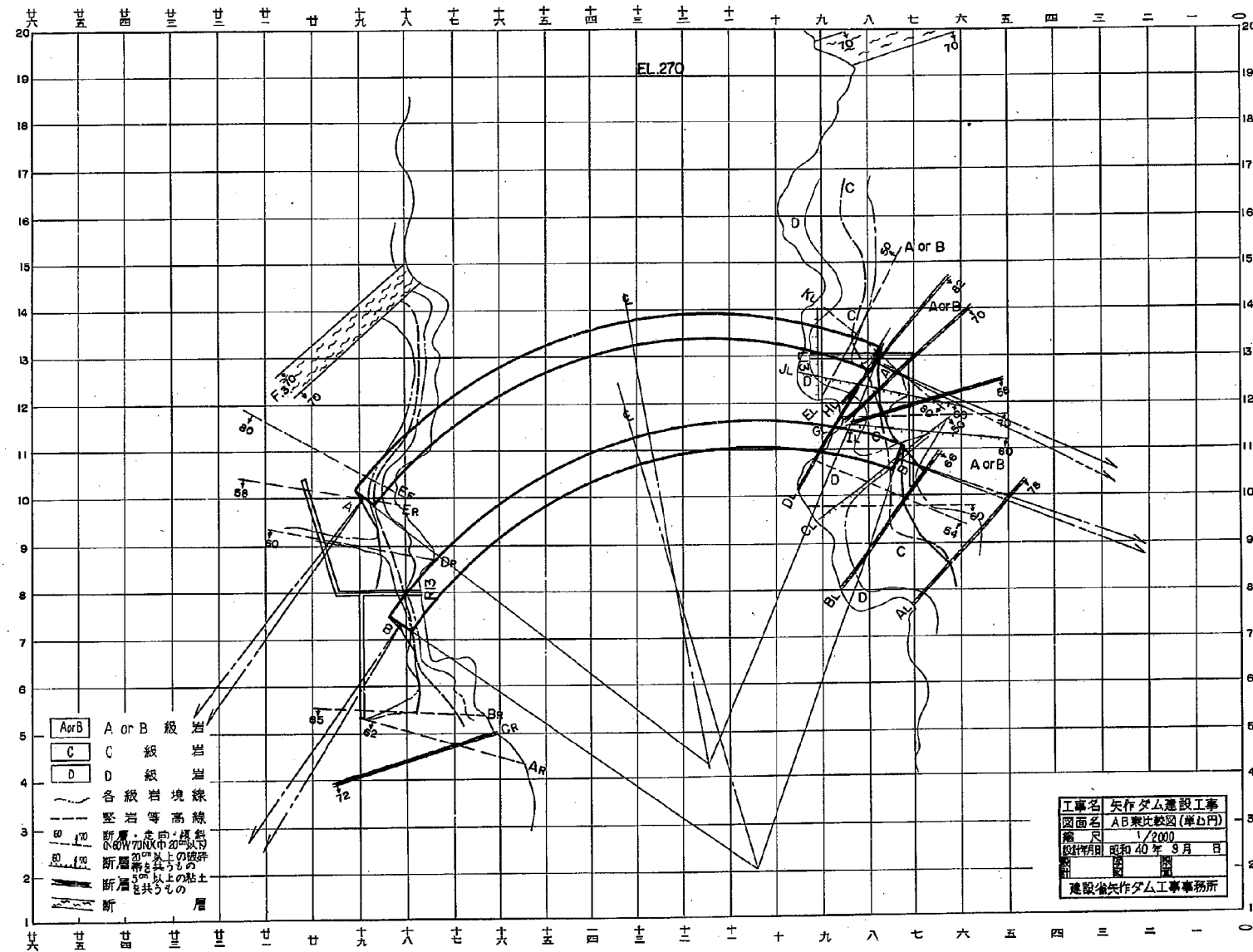


図-8-3 水平スライス図

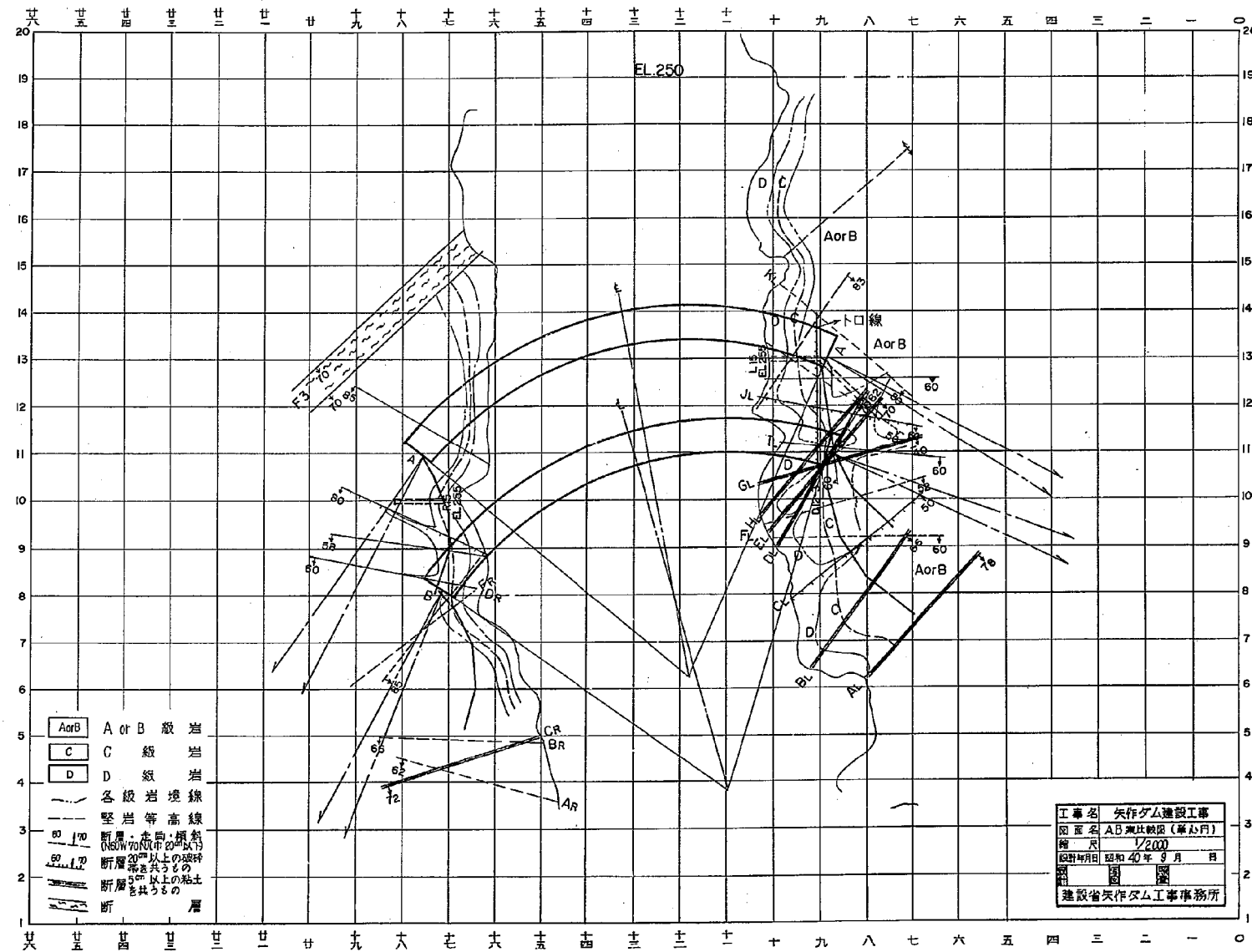


図-8-4 水平スライス図

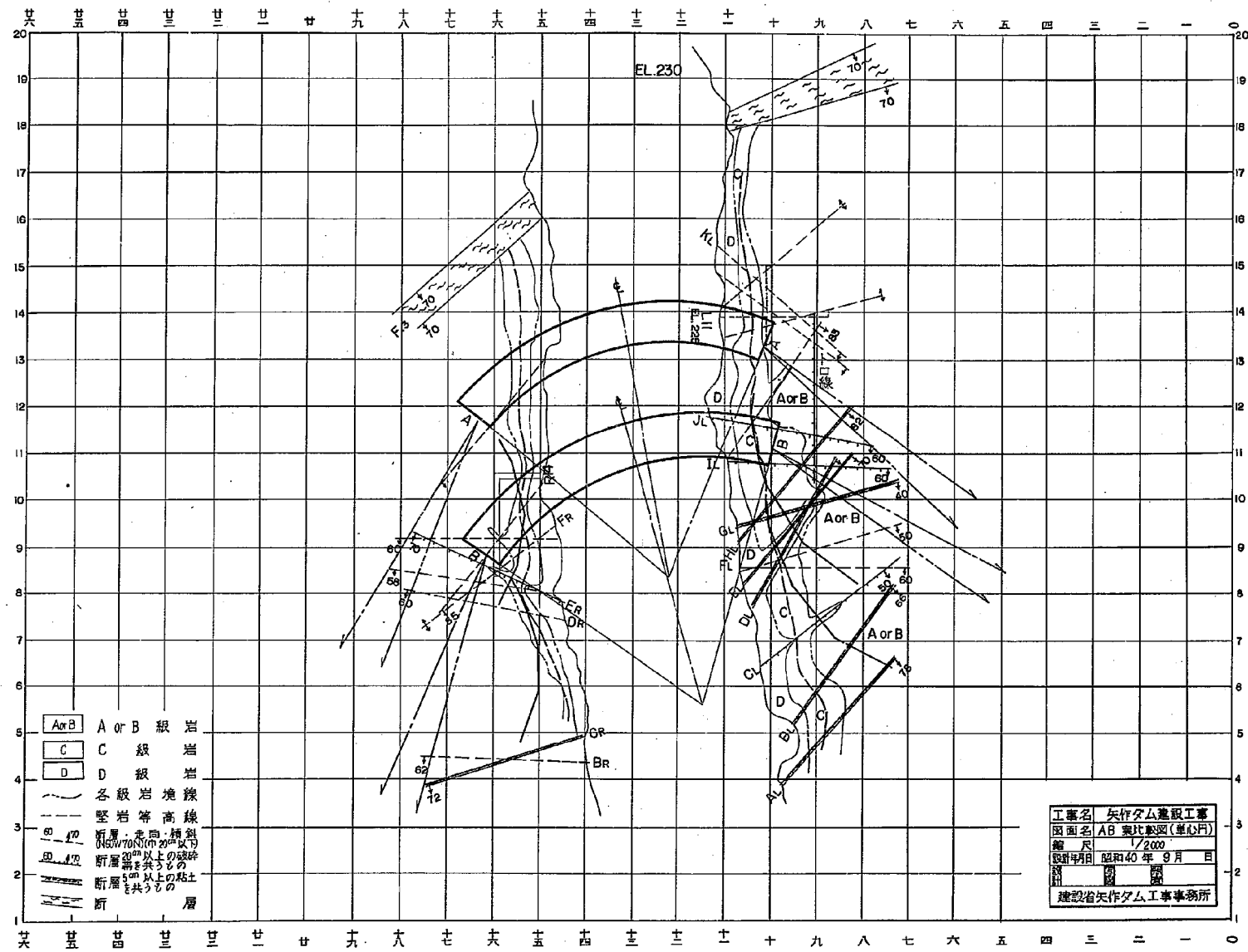


図-8-5 水平スライス図

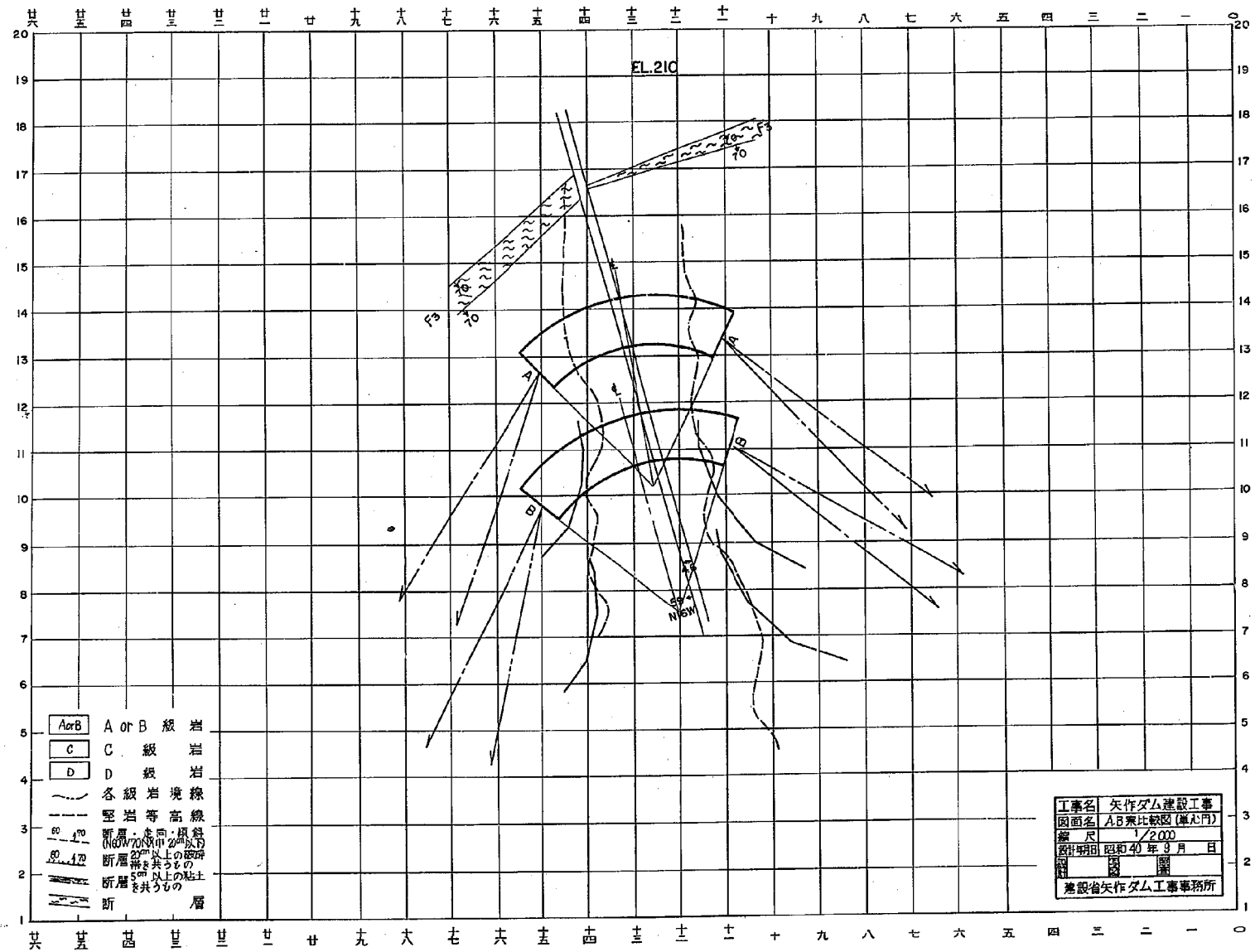


図-9 コンクリート量、掘削量比較図

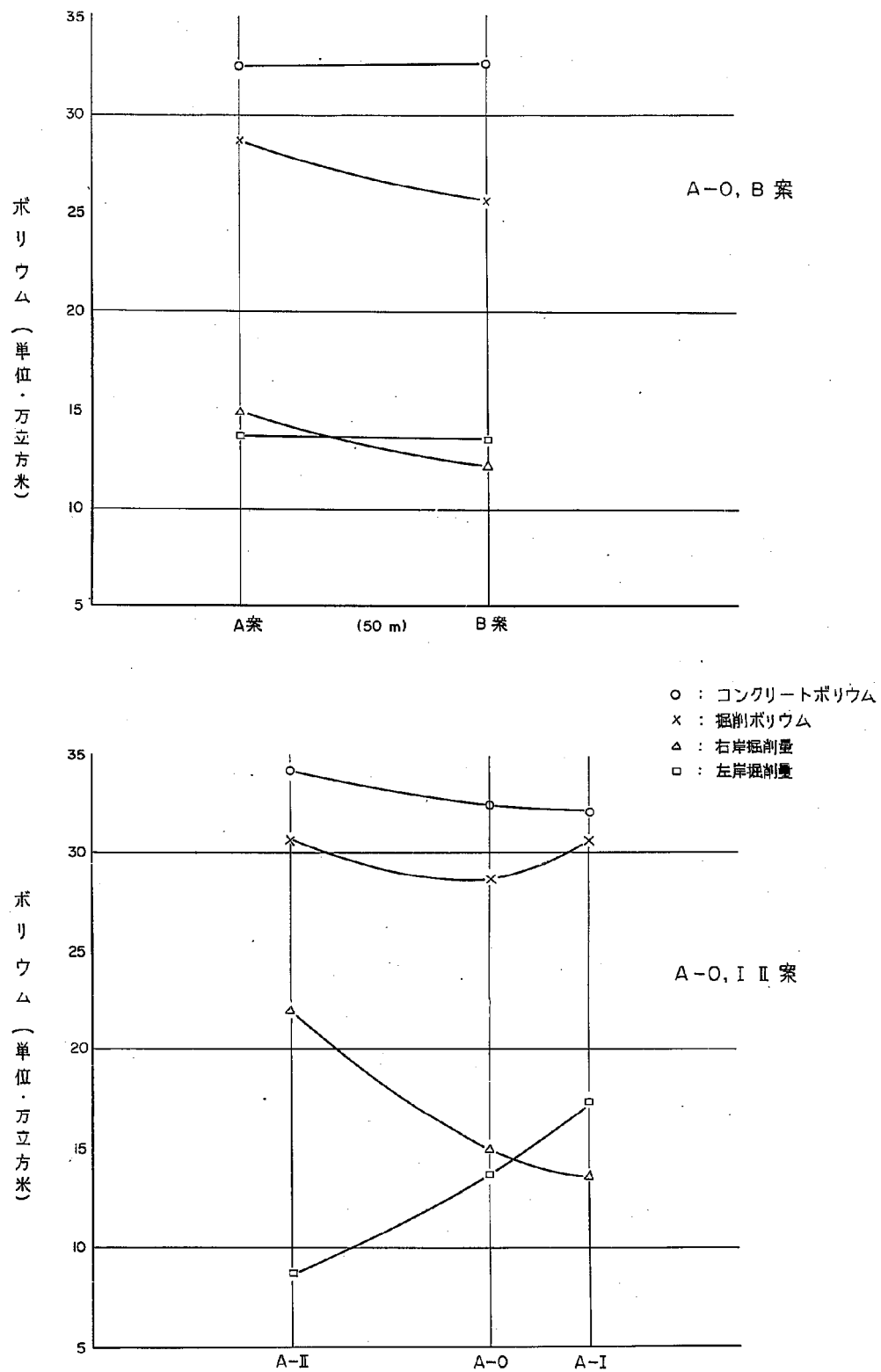


図-10-1 水平スライス図

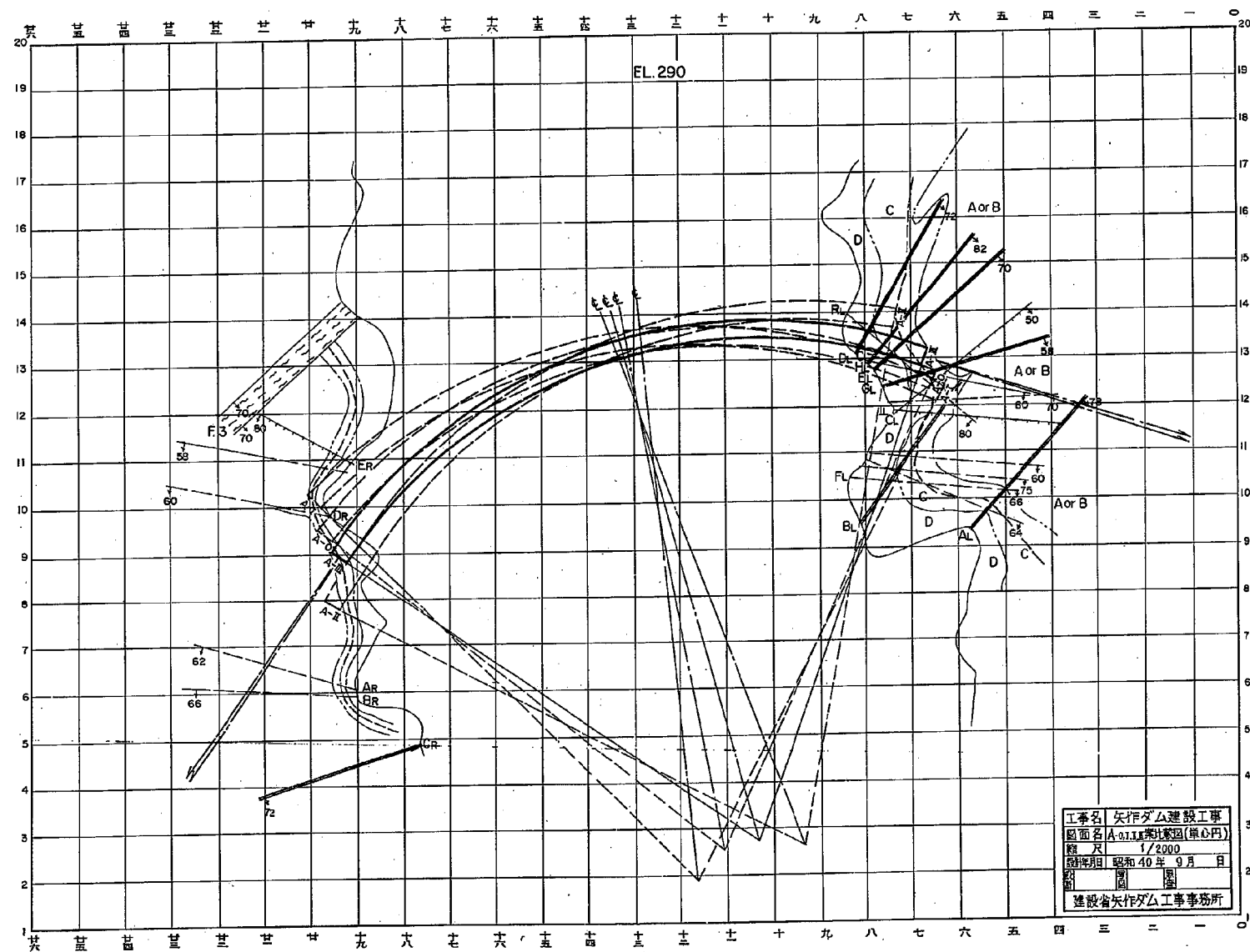


図-10-2 水平スライス

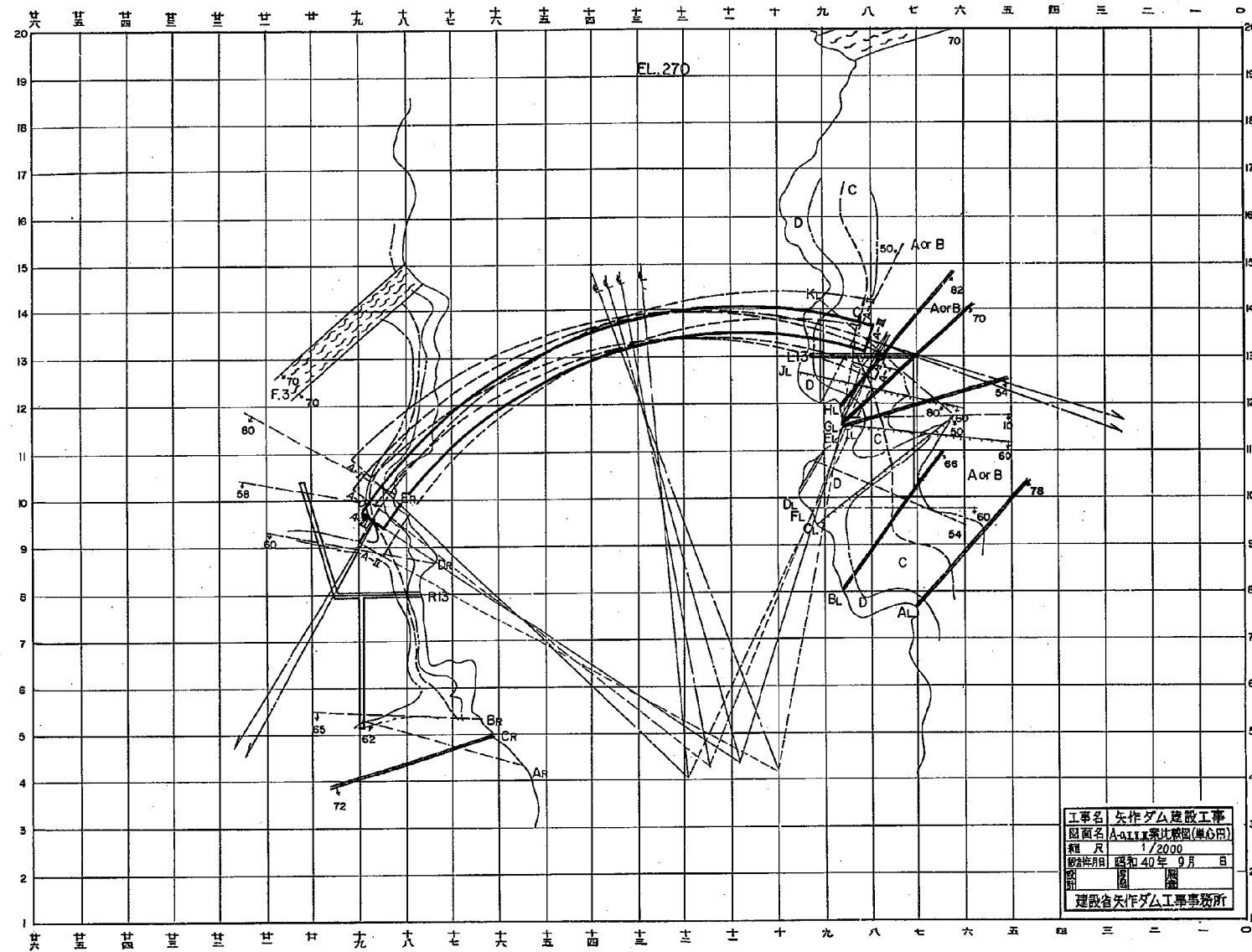


図-10-3 水平スライス図

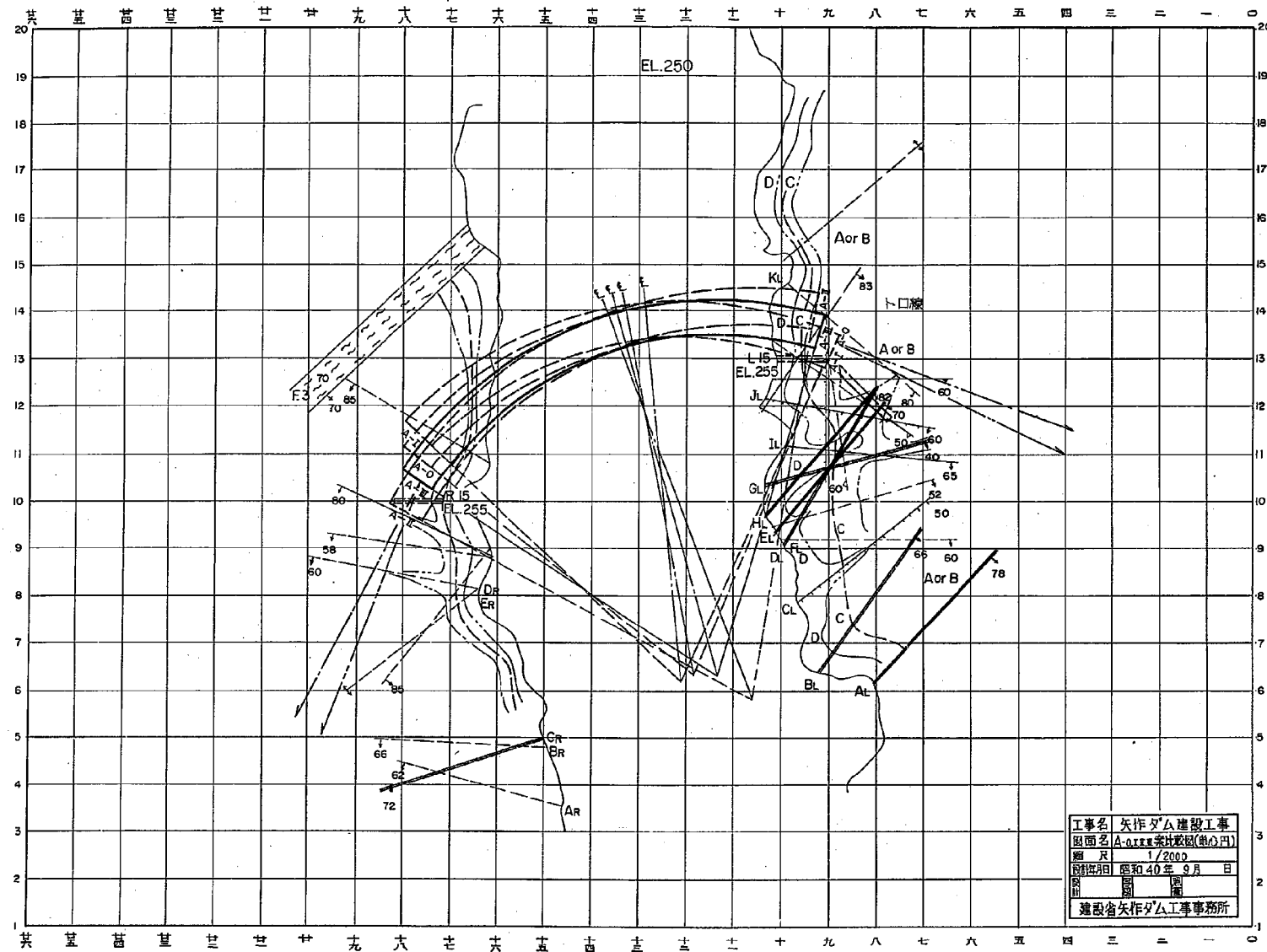


図-10-4 水平スライス図

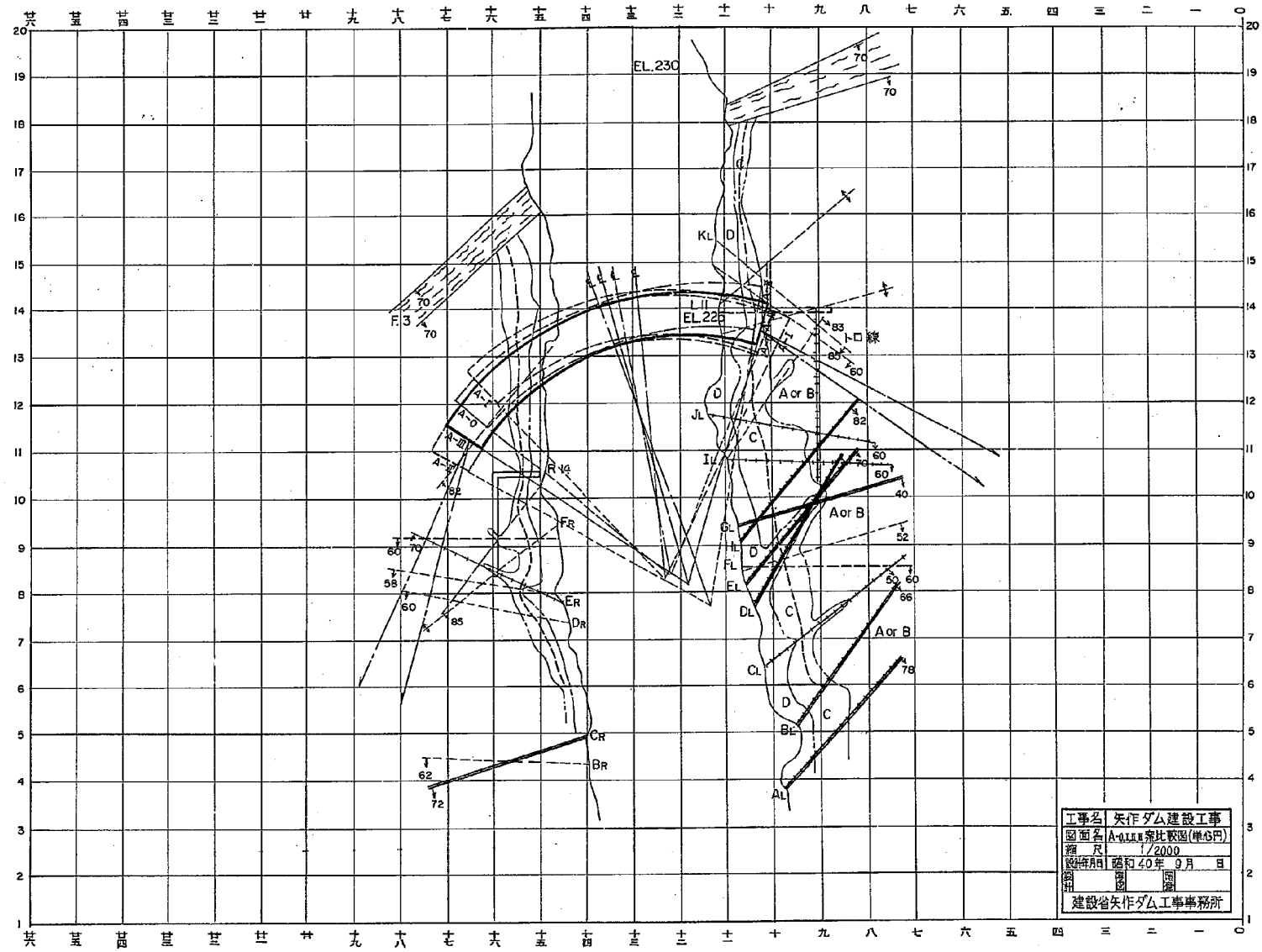


図-10-5 水平スライス図

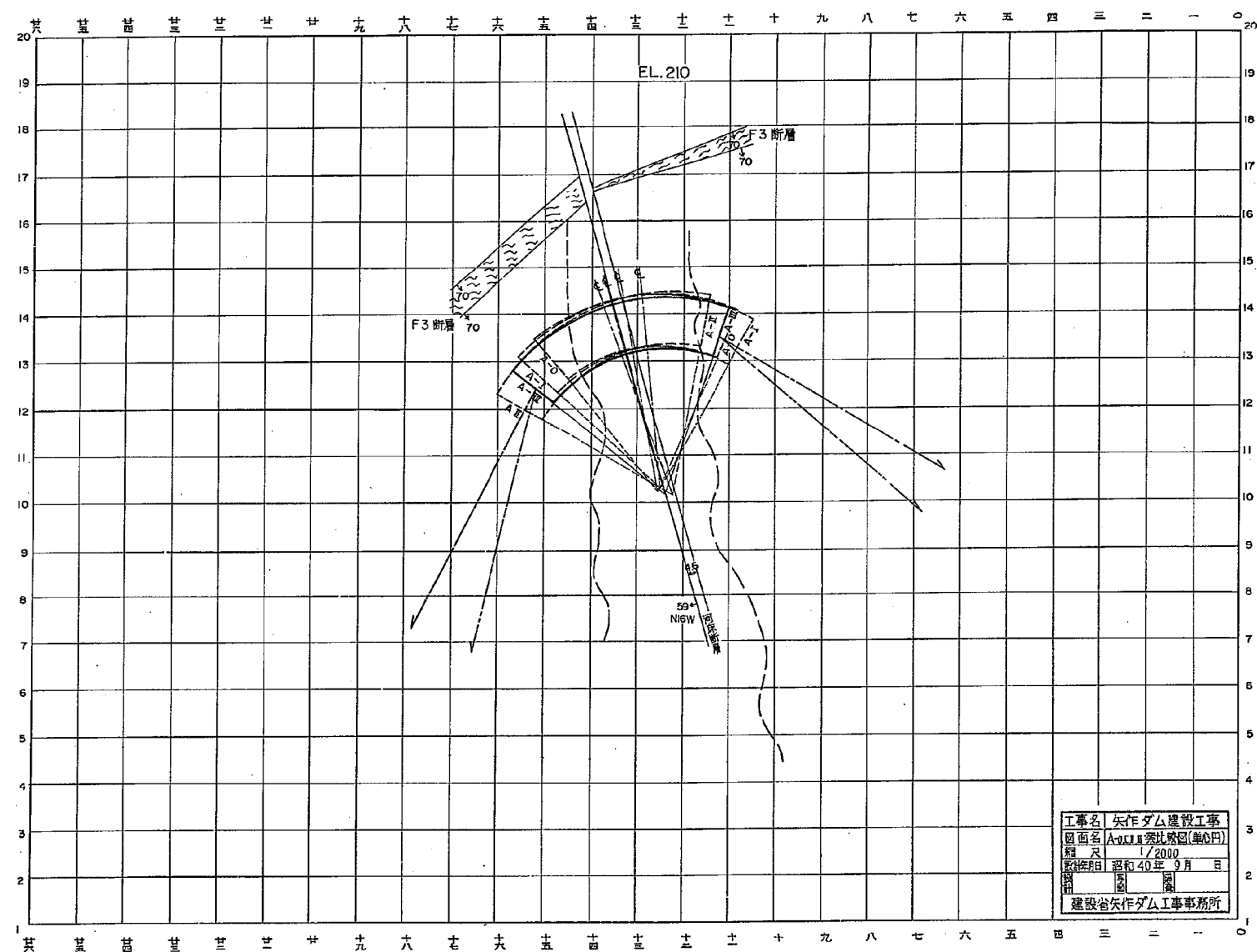


図-11 A-III 案平面図

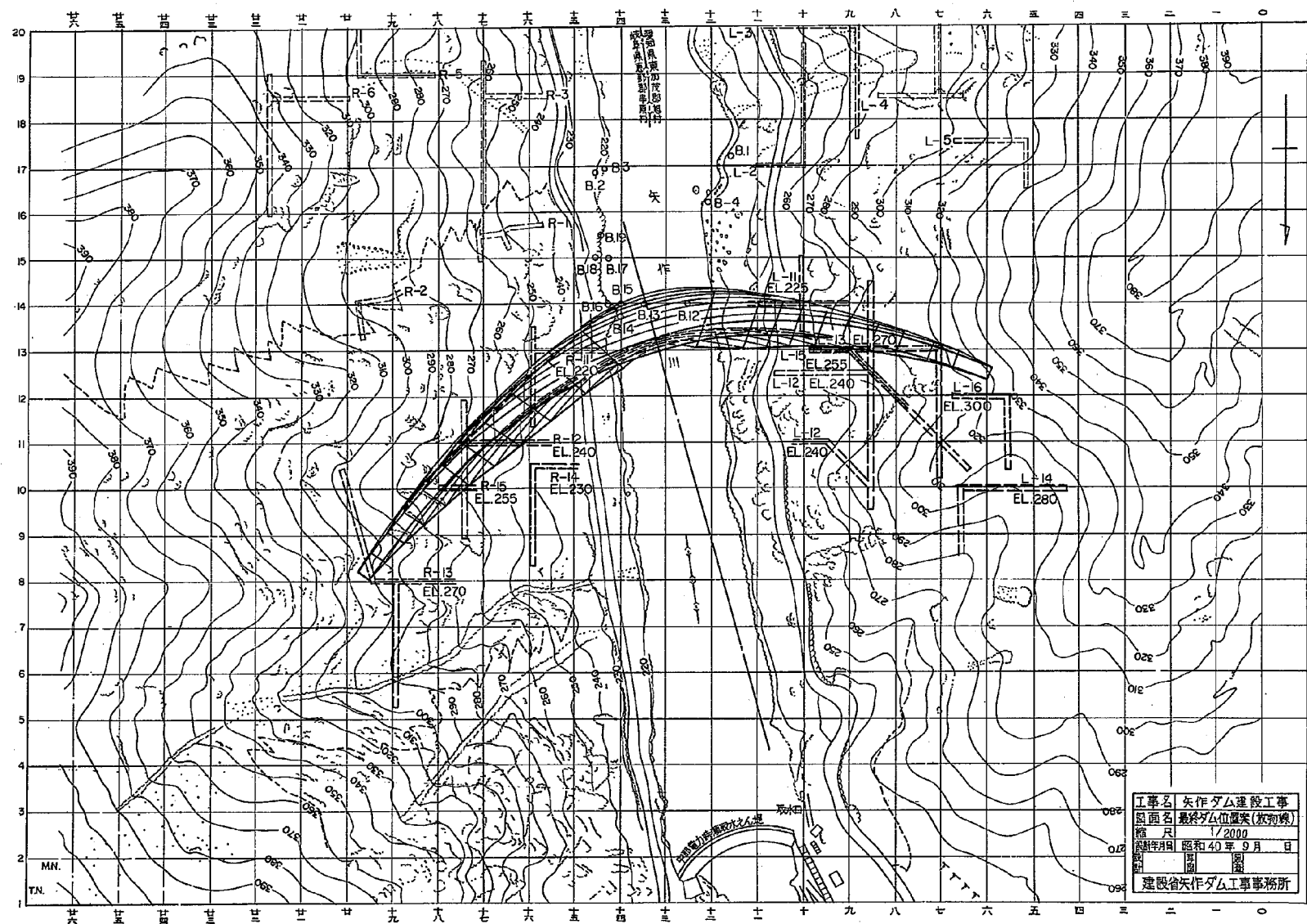


図-12-1 A-Ⅲ案水平スライス図

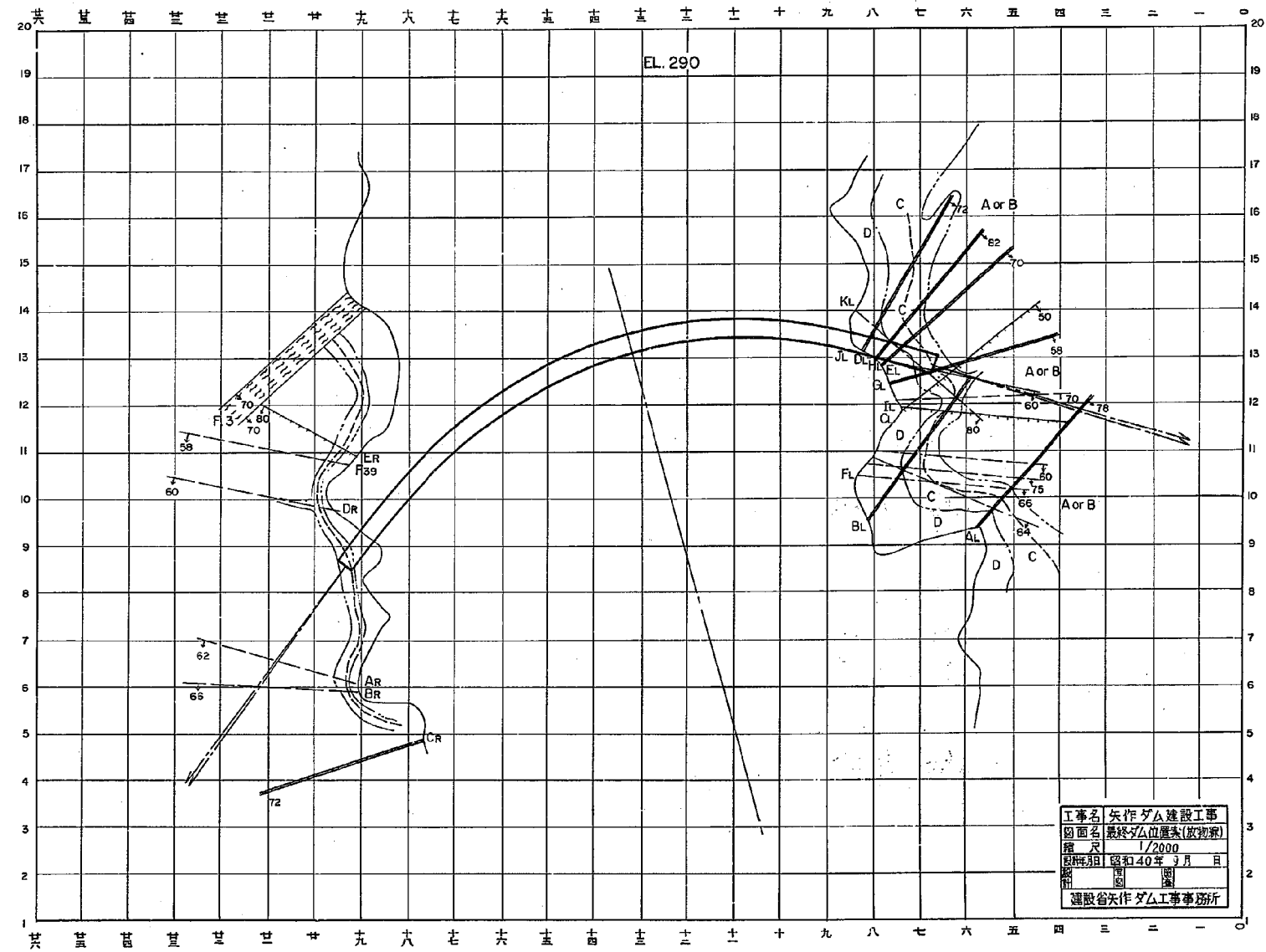


図-12-2 A-Ⅲ案水平スライス図

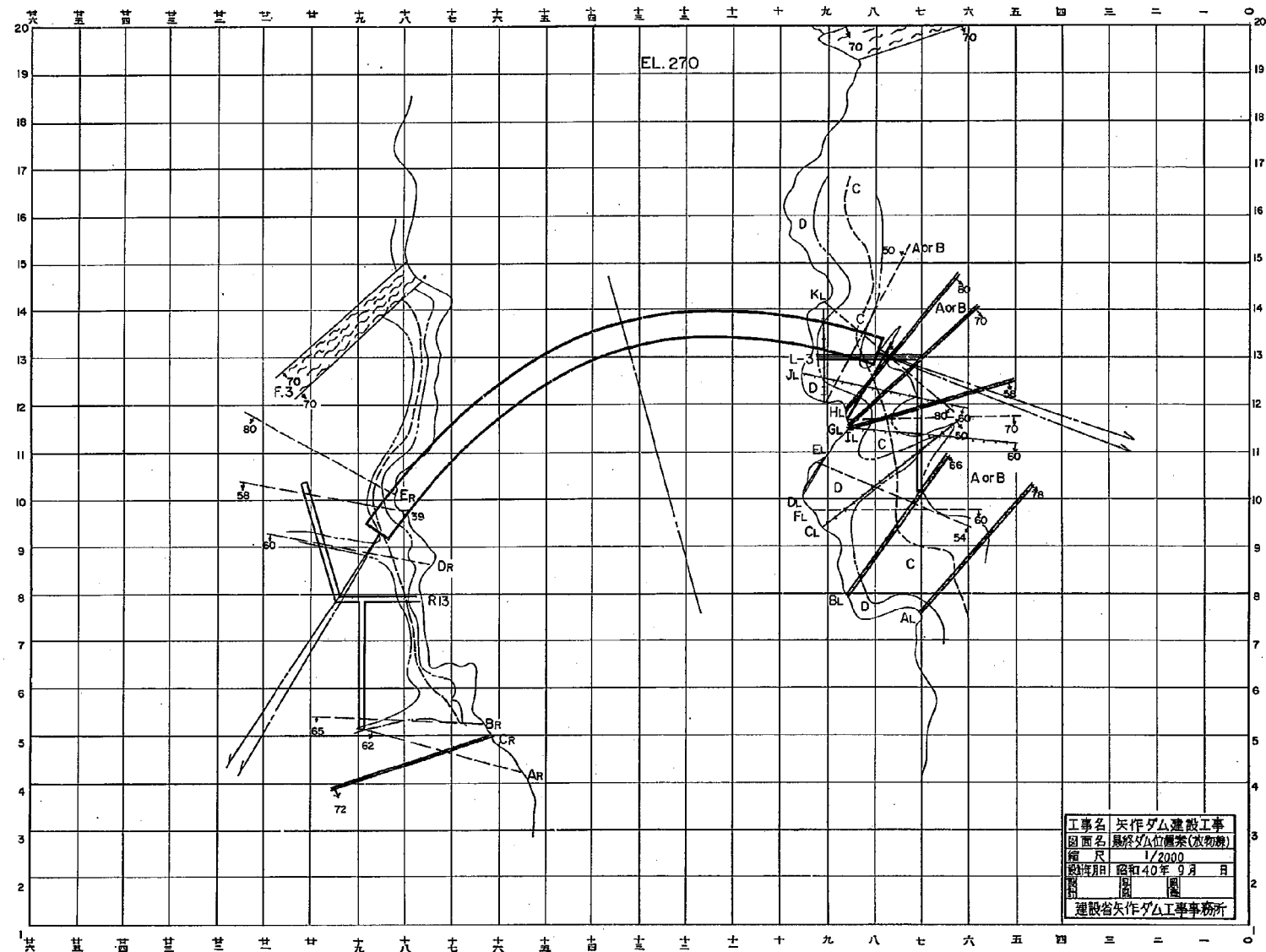


図-12-3 A-Ⅲ案水平スライス図

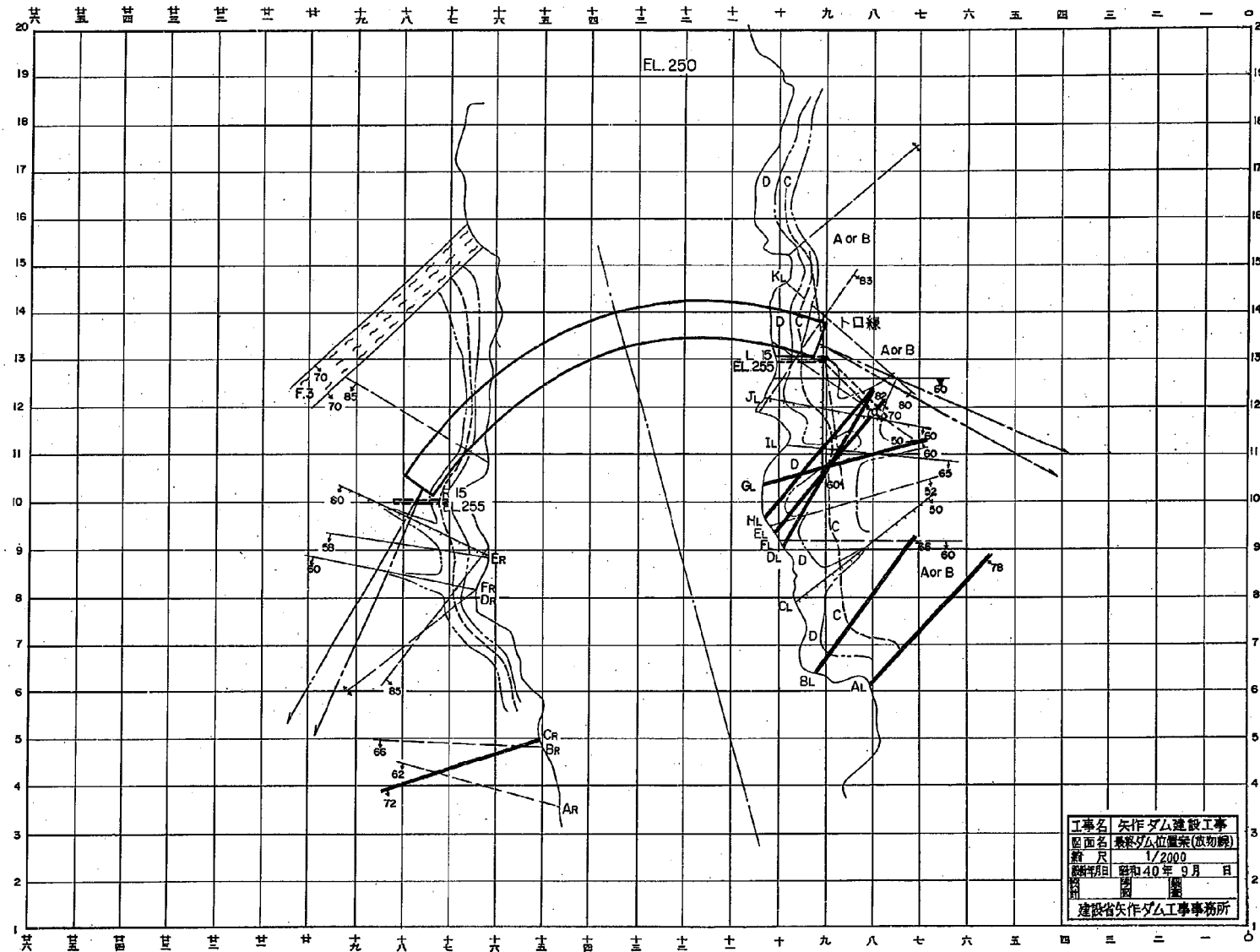


図-12-4 A-Ⅲ案水平スライス図

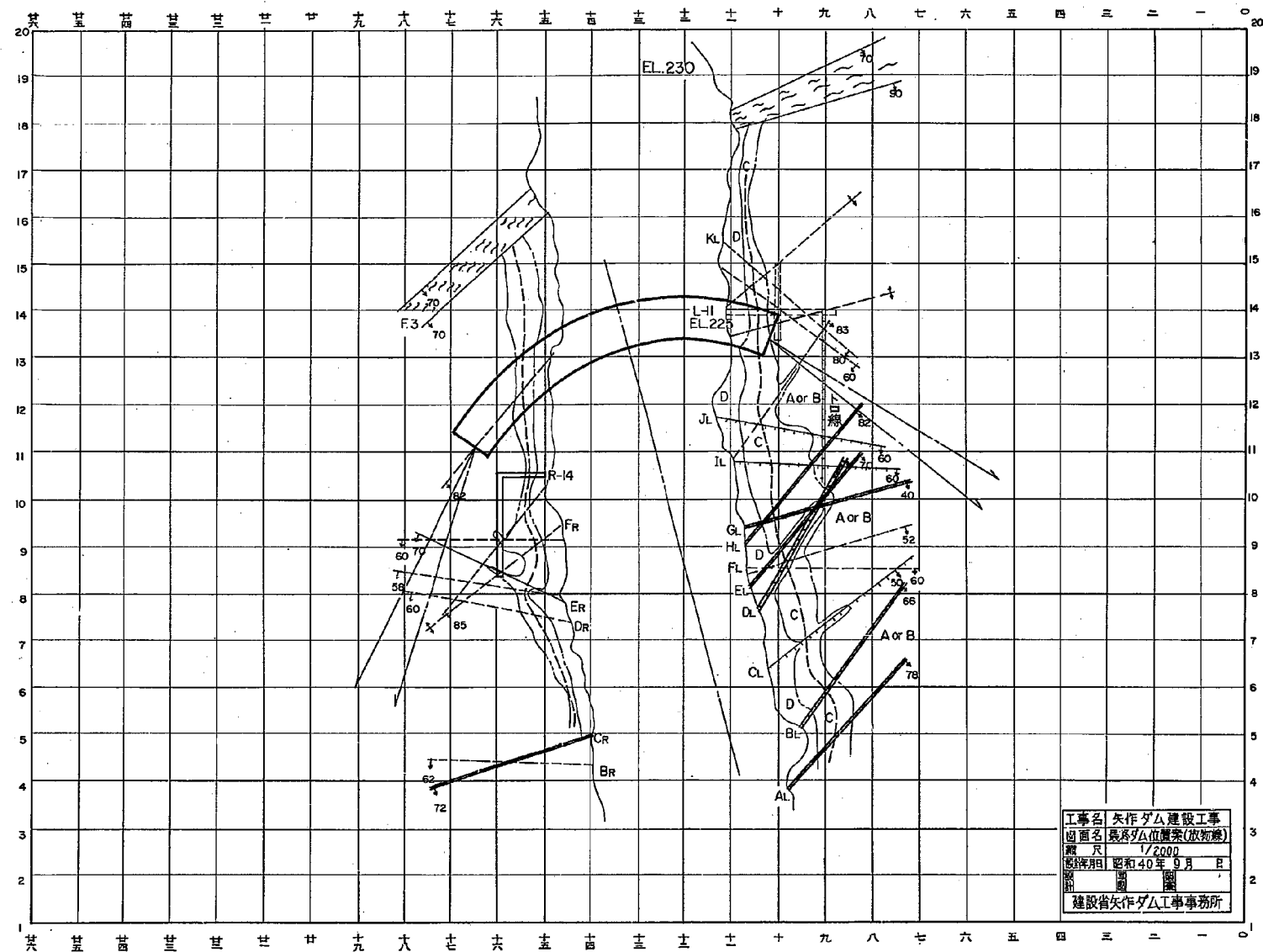
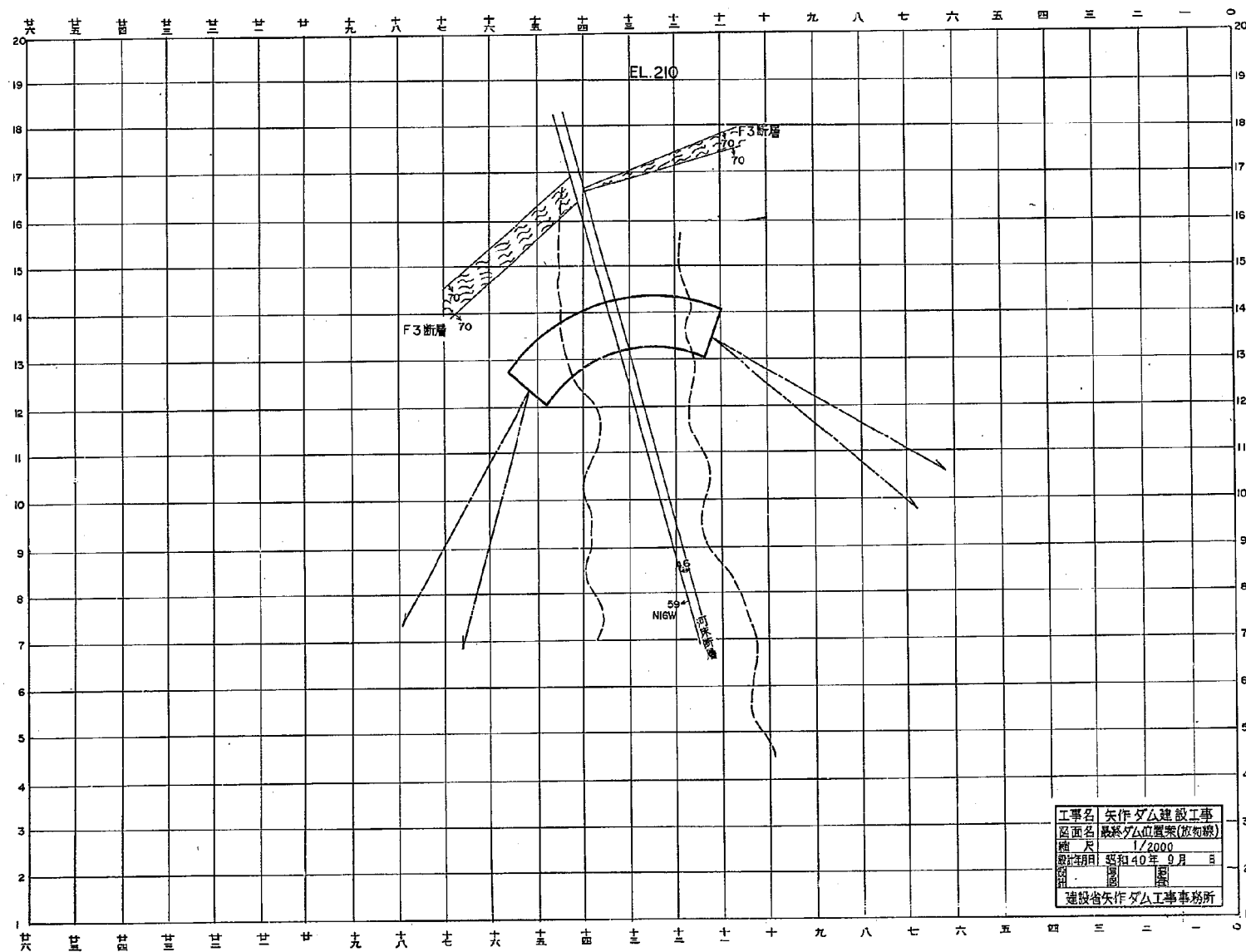


図-12-5 A-Ⅲ案水平スライス図



☒-13-1 YAHAGI DAM

A-II TYPE (K:0, T:0)

Arch Stresses

$\frac{\sigma_E}{\sigma_I}$

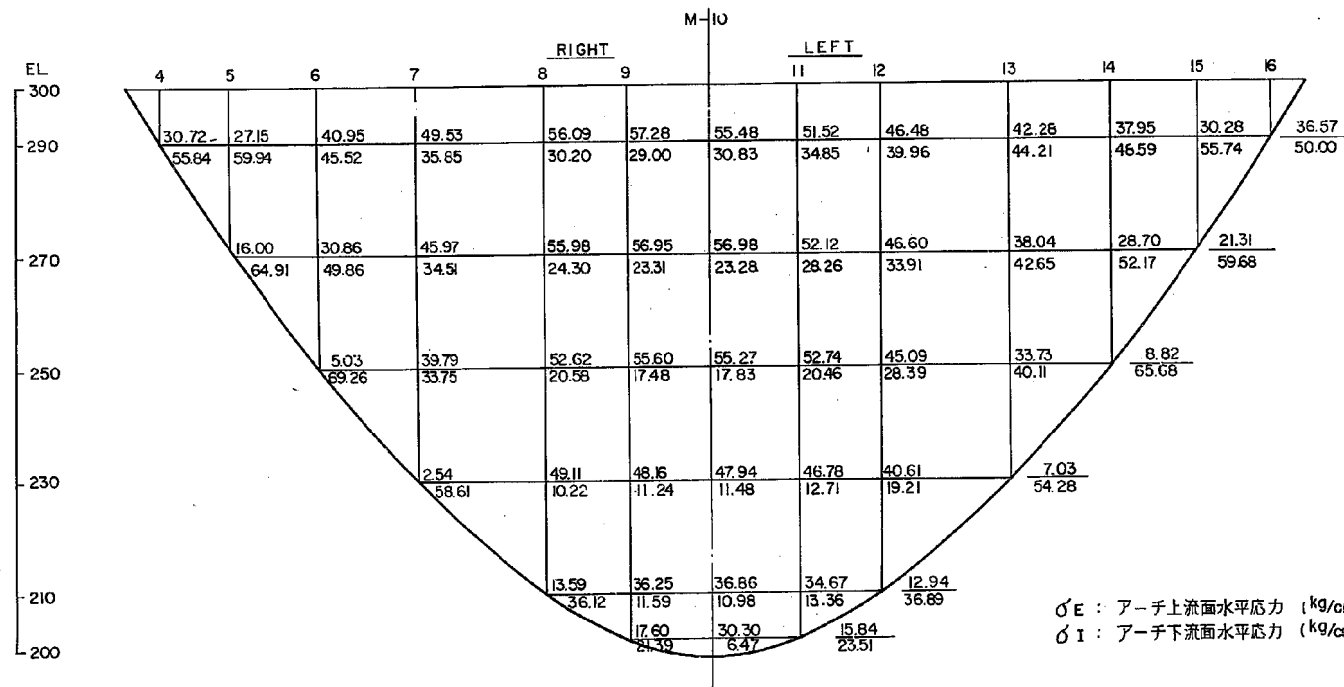


图-13-2 YAHAGI DAM A-I TYPE (K:0, T:0)

Cantilever Stresses

$\frac{\sigma_u}{\sigma_D}$

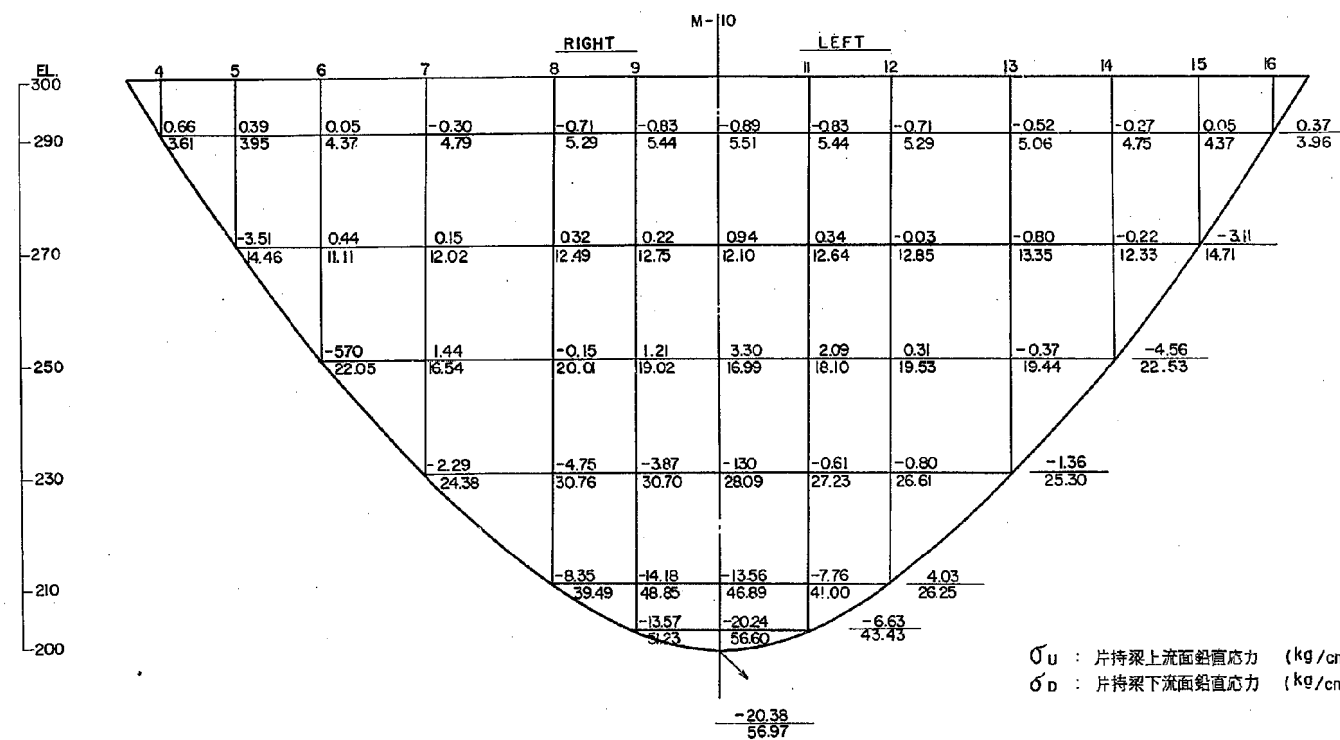
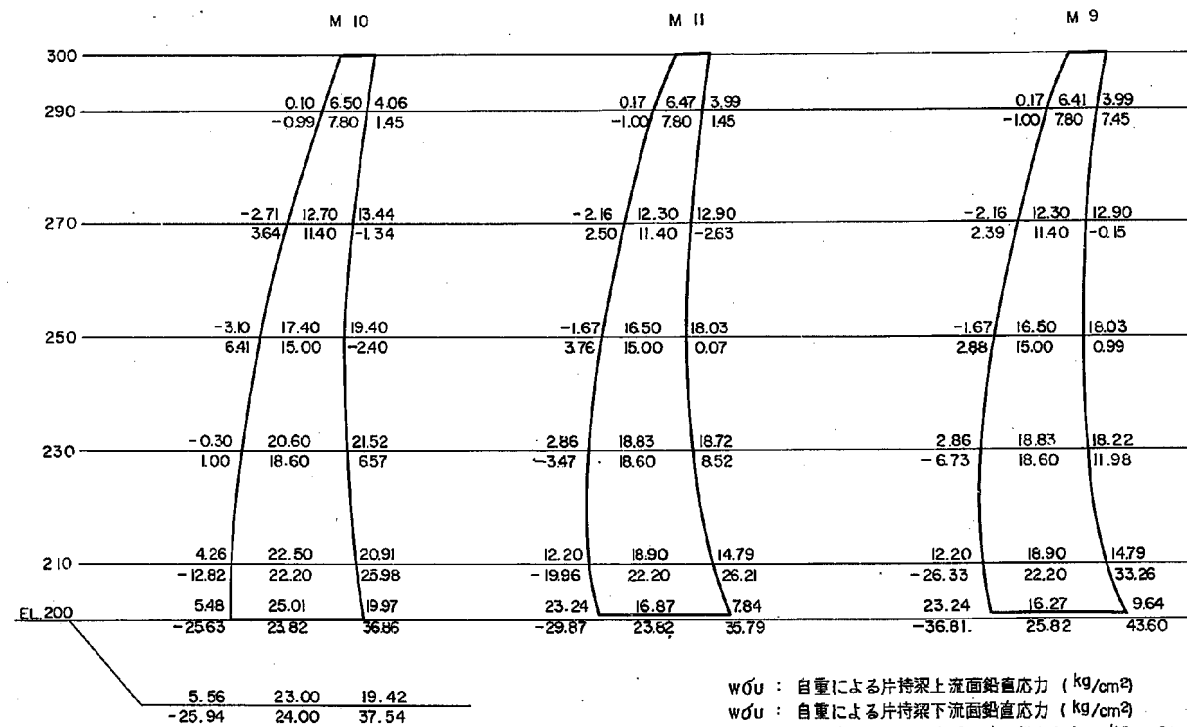


図-13-3 YAHAGI DAM

A-II TYPE (K:0, T:0)

Cantilever Stresses

$\frac{w_{ou}}{c_{ou}}$ $\frac{UE}{T}$ $\frac{w_{od}}{c_{od}}$



w_{ou} : 自重による片持梁上流面鉛直応力 (kg/cm²)
 w_{od} : 自重による片持梁下流面鉛直応力 (kg/cm²)
 c_{ou} : 水圧荷重による片持梁上流面鉛直応力 (kg/cm²)
 c_{od} : 水圧荷重による片持梁下流面鉛直応力 (kg/cm²)
 UE : ダム軸とダム上流面との水平距離 (m)
 T : ダムの厚さ (m)

图-13-4 A-Ⅲ 案应力表

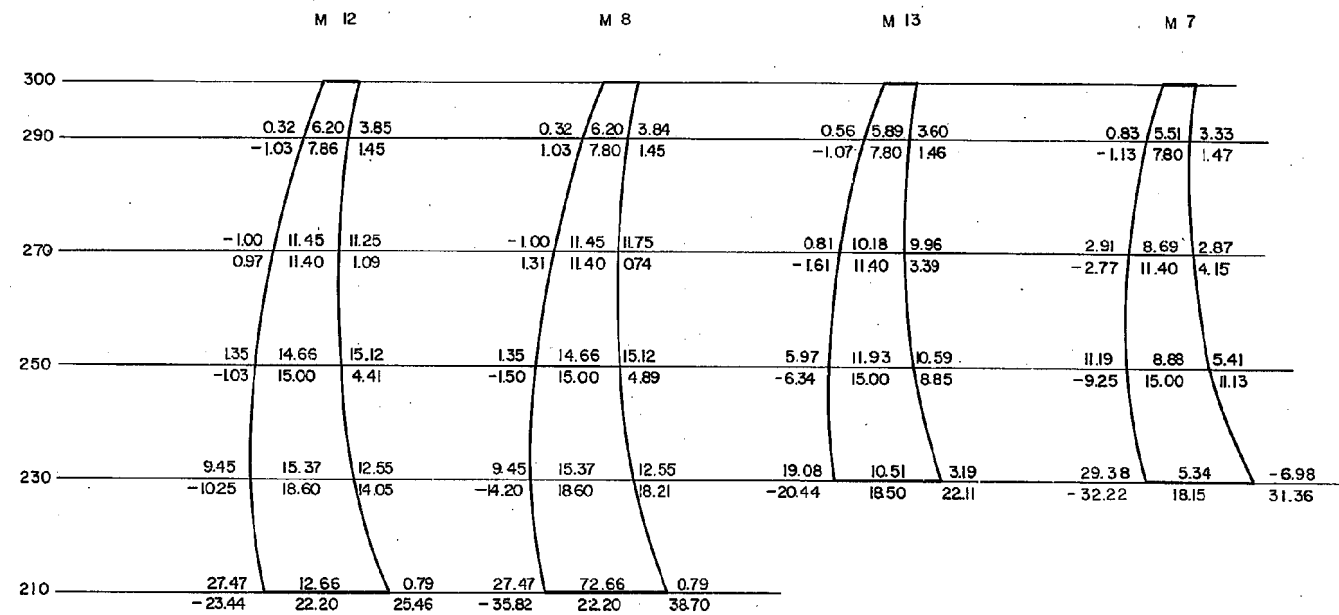


图-13-5 A-Ⅱ案応力表

