

土 木 研 究 所 資 料

ダム基礎岩盤の弱層処理法の1検討例

—霧積ダムについて—

建設省土木研究所

目 次

ま え が き

1. 工事着手前の地質調査	1
(1) 地質調査経緯	1
(2) 地質構造の概要	1
2. 弱 層 の 発 見	8
(1) コンソリデーショングラウチングの記録整理	8
(2) 弱層の追跡調査	8
3. 弱層の安定解析と処置の設計	21
(1) 検討方法	21
(2) 計算条件	21
(3) 計算結果	37
(4) 対策工の最終検討案	50
4. 処理工事の施工	53
5. 湛水後のダム挙動	73

ま え が き

本ダムは、群馬県が昭和45年度から建設に着手し、昭和51年3月に完成をみた、治水ダムである。ダム高59mのコンクリート重力式ダムで、基礎岩盤は安山岩質角礫凝灰岩であるが、ダムコンクリート打設工事途上で基礎岩盤内に弱層が発見され、その大規模な基礎処理工事が行なわれた。問題となった弱層は、コンソリデーショングラウト工事記録の整理の過程からみつかったもので、上下流方向断面でダムの安定上好ましくない円弧状をなしており、この付近の剪断摩擦安全率を所定の値に達するよう改善する必要があったので、その対策の設計が検討され、本体コンクリート打込を中止して対策工事が行なわれたものである。

建設省土木研究所 柴 田 功
齊 藤 孝 三

1. 工事着手前の地質調査

(1) 地質調査経緯

ダム地点の北西方向には輝石安山岩を主体とするいくつかの火山があり、ダムサイトの地質も概ねこれらの火山系の熔岩及び火山砕屑岩からなる。これらは第三紀後期のもので総称して霧積累層と呼ばれる。ダムサイト付近ではその累層中の下部である泥質、礫質岩類と上部である塩基性熔岩とからなり、堤体は概ね輝石安山岩にベースをおいている。

昭和43年末、ダムサイトの調査選定が行われ、44年、露頭岩及びボーリングによる地質調査が行われている。このボーリングの調査は主として着岩線を確認することを目的とし、河床部中央ダム軸付近と下流端付近に数本が行われている。この河床中央部のボーリングによって深度15m付近に空洞らしきものが2, 3地点で観察されていたが、規模の小さいものと判断しその性状の追求がなされないまま、昭和46年には工事が着手され、翌47年には本体コンクリート打設が開始された。47年後半に至って河床部コンソリデーショングラウチングのデータにより、この空洞らしきものは、かなり連続性のあるものであることが確認され、その性状がダム基礎の安定を左右する重大問題をもつものとみられるに至り本格的な弱層調査が実施された。

(2) 地質構造の概要

ダム地点周辺の大局的な地質構造は、NW-SE走行の北東へ10～30度の傾斜をもつ単斜構造である。右岸では流れ目、左岸ではさし目の傾向にある。

時 代		地 層		層 相
第 三 紀	鮮 新 世	霧	中 性 溶 岩 類	凝灰質安山岩、輝石安山岩
		積		安山岩質凝灰角礫岩
		累	泥 岩, 砂 岩	上部：凝灰質泥岩と角礫岩の互層
		層	礫 質 岩 類	下部：凝灰角礫岩

当地域内の霧積累層は、凝灰角礫岩、砂岩泥岩互層、凝灰質安山岩及び輝石安山岩より構成される。しかし、後二者の凝灰質安山岩及び輝石安山岩は、当初の地質調査では、それぞれが単体をなすとは考えられておらず輝石安山岩の小規模な貫入による岩脈と考えられていた。

1) 露積累層：

• 凝灰角礫岩 (Tb₁)

輝石安山岩礫が多く、マトリクスは安山岩質の凝灰岩で礫とマトリクスの密着性は高い。

• 泥岩、砂岩層 (Md)：

やや赤味をおびた暗灰色の凝灰質泥岩と中細粒凝灰質砂岩の互層よりなる。特徴として堆積時の未固結状態での流動を示す流状構造が認められ、泥岩中に礫が包有されているこ

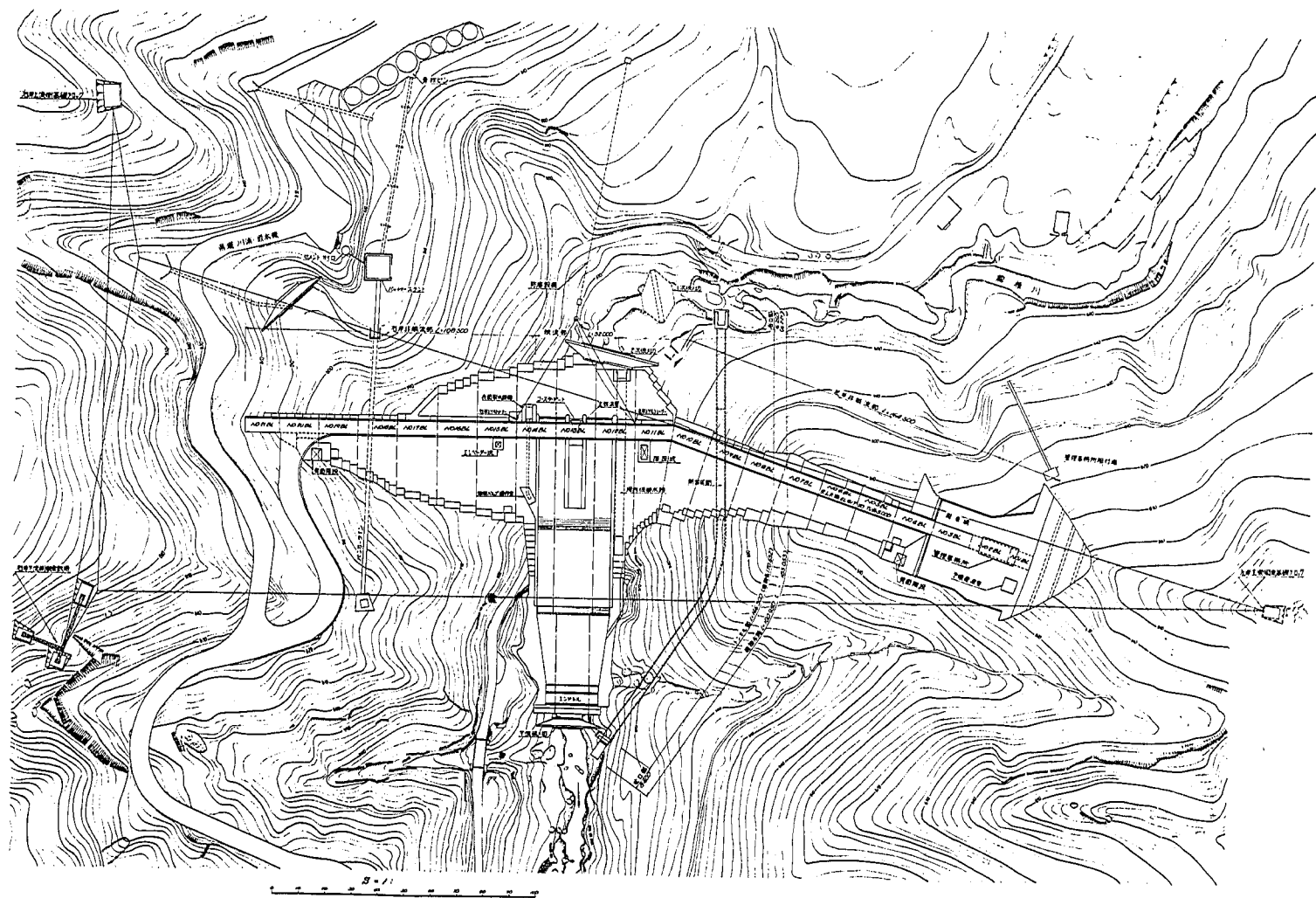


图-1 平面图

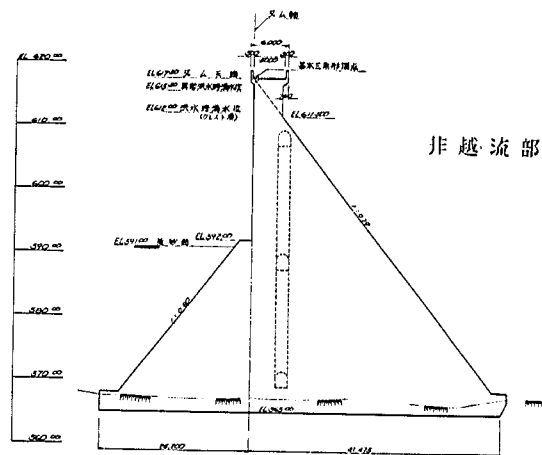
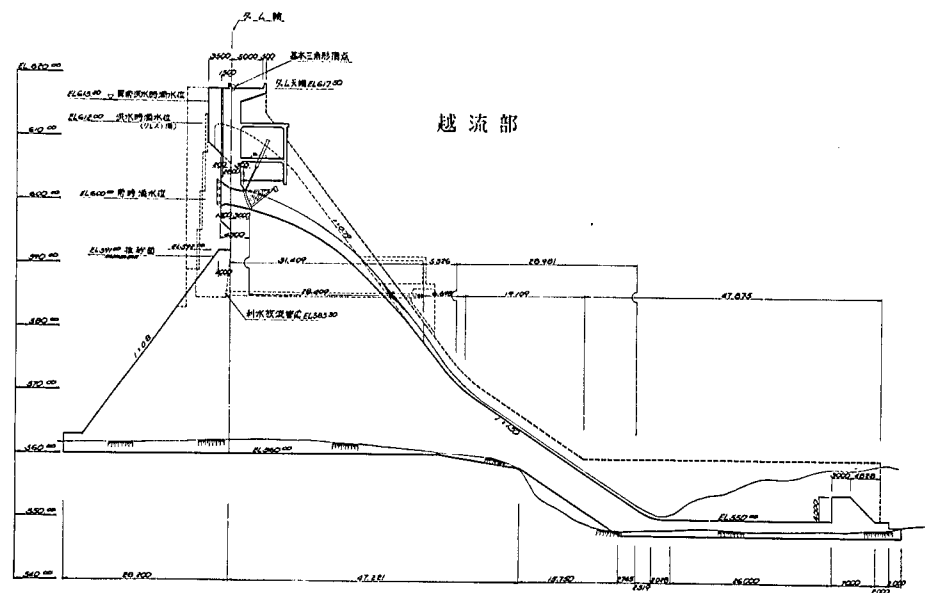


図-3 ダム標準断面図

图-5 当初ダム軸方向地質断面図

とを合わせ考えると乱泥流により生じた堆積岩層である。

- 凝灰質安山岩 (At) :

全般に変質作用を受け、岩質が軟化している場合が多く、色調も黒色をおびた緑色である。

- 輝石安山岩 (Ap) :

堅硬緻密な安山岩溶岩である。柱状節理及び板状節理の発達が顕著である。侵食に対する抵抗強く、ダムサイトでも露頭がみられた。

- 安山岩質凝灰角礫岩 (Tb₂) :

粗粒な凝灰岩相から軽石質の安山岩礫に富む岩相をへて鈍い赤褐色の細粒凝灰岩相へと移化する堆積構造である。

2) 岩 脈

輝石安山岩の岩脈が確認されており、周囲の岩石との接触部には、しばしば破砕帯を生じ、また“焼け”のための赤褐色に変色していることがある。貫入方向は地域の断層に並行で断層沿いに貫入してきたものとみなされる。

3) 変 質 作 用

当地域の凝灰質安山岩は全般に変質を受け岩質が軟化している。ダム右岸上流部に、輝石安山岩 (AP) に挟まれている凝灰安山岩が淡緑灰色の砂状にまで変質している露頭が見られる。これらの変質作用がダム基礎岩盤の輝石安山岩と凝灰質安山岩との境界近くの弱層を形成する働きをなしたものとみられる。

2. 弱層の発見

(1) コンソリデーショングラウチングの記録整理

昭和47年度から行われた河床部コンソリデーショングラウチングで、注入量の多い部分のつながりが異常であることが施工業者から報告された。群馬県当局およびダム構造研究室が関心をもって記録の整理にあたりだしたが、工事が進歩していくに従い平面的にも、上下流方向横断面的にも次第にこの異常に注入量の多い部分が連続性のある疑いが持たれてきた。当初のコンソリグアウト実績資料からセメント300kg/m以上の単位注入量を示したものについて、その位置と値を示すと、図-6のようになり、平面的には、河床部のほぼ全域にわたっている。次にダムジョイント14付近を例にとって上下流方向断面についてその深さ位置を示すと図-7のようになり、上下流方向についても連続性のあることがわかってきた。

(2) 弱層の追跡調査

昭和47年度後半すでにダムコンクリートを打込んでいる最中であつたがまず、ダム中央の主要部に7.5m格子状にコアボーリングを行ったところ、弱層が河床全域から、右岸の一部にかけ、ほぼ主要な基礎岩盤の全域に及び、かつダム上流端から下流端にかけて円弧を描いている最悪の状態にあることが確認された。次いで、すでに打込んだコンクリートを破って下流側からこの弱層に沿って調査横坑を掘進することにした。ダム中心付近をダム軸に直角方向にダム下流端付近から上流に向かって約43m、またダム軸より下流約15m付近から左岸及び右岸方向にそれぞれ10m及び15mを弱層に沿って分岐掘進された2坑である。

1) 性 状

横坑内の弱層は、粘土質砂が粘土より量的に優勢である。部分的には、粘土の層が粘土質砂の上位にみられる。また弱層を挟んで、岩盤劣化物が随所に見られ、軟岩化している。

弱層の規模は、かなり広範でかつ厚いもので25~30cmの中があり、平均的には15~20cmとみられる。しかし、周辺の岩盤の劣化も考慮すると、厚いもので1.0m程度とみられる所もある。この弱層の円弧状の左右岸の両端地域では最大で10cm、多くは5mm以下の巾を持たない一種の主要節理の如き性状になっている。

2) 連 続 性

上下流方向43m坑では、坑口から43mの切羽まで、この弱層は、この厚さ(平均20~30cm)を増減させることはあつてもとぎれることはなく連続する。左岸側10m坑では分岐点から8m付近で厚さ2~3cmのシームにまで層厚を減ずるが右岸側は、その厚さ2~3cmに減ずる箇所はあるものの平均20~30cmを増減させながら連続している。

3) 分 布

右岸側から左岸側へ約10~30度の傾斜をもち、上下流方向にはダム軸付近からダム下



写真-1

} 空洞にグラウトされた
セメントミルク
 } 砂質の弱層
 } 半固結の弱層

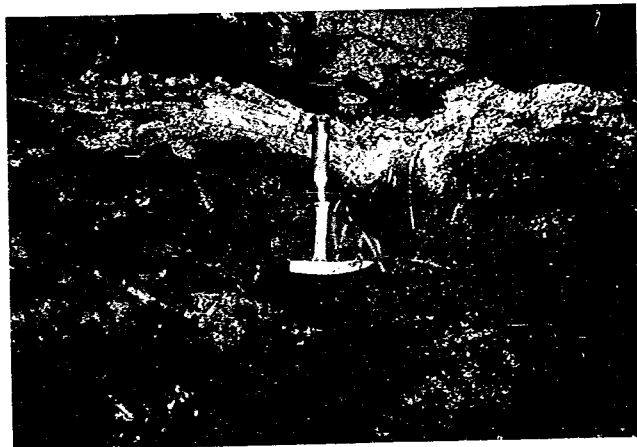


写真-2

} 空洞にグラウトされた
セメントミルク
 } 半固結の弱層

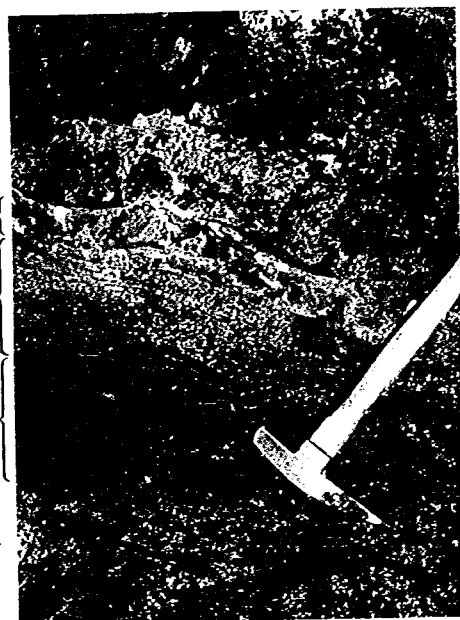


写真-3

安山岩

} 空洞にグラウトされた
セメントミルク

砂質の弱層

半固結の弱層

安山岩

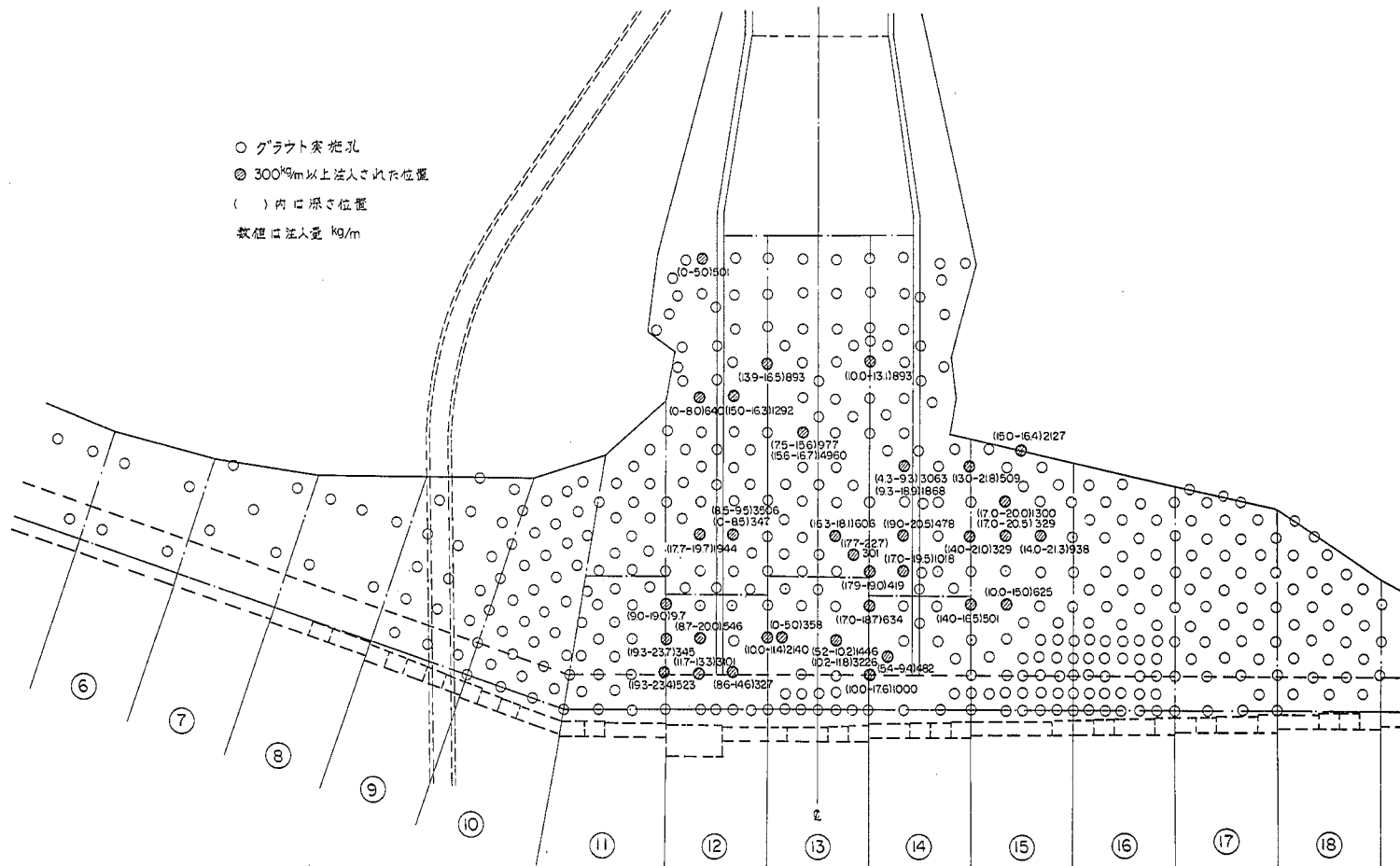


図-6 コンソリデーショングラウト工事多量注入位置図

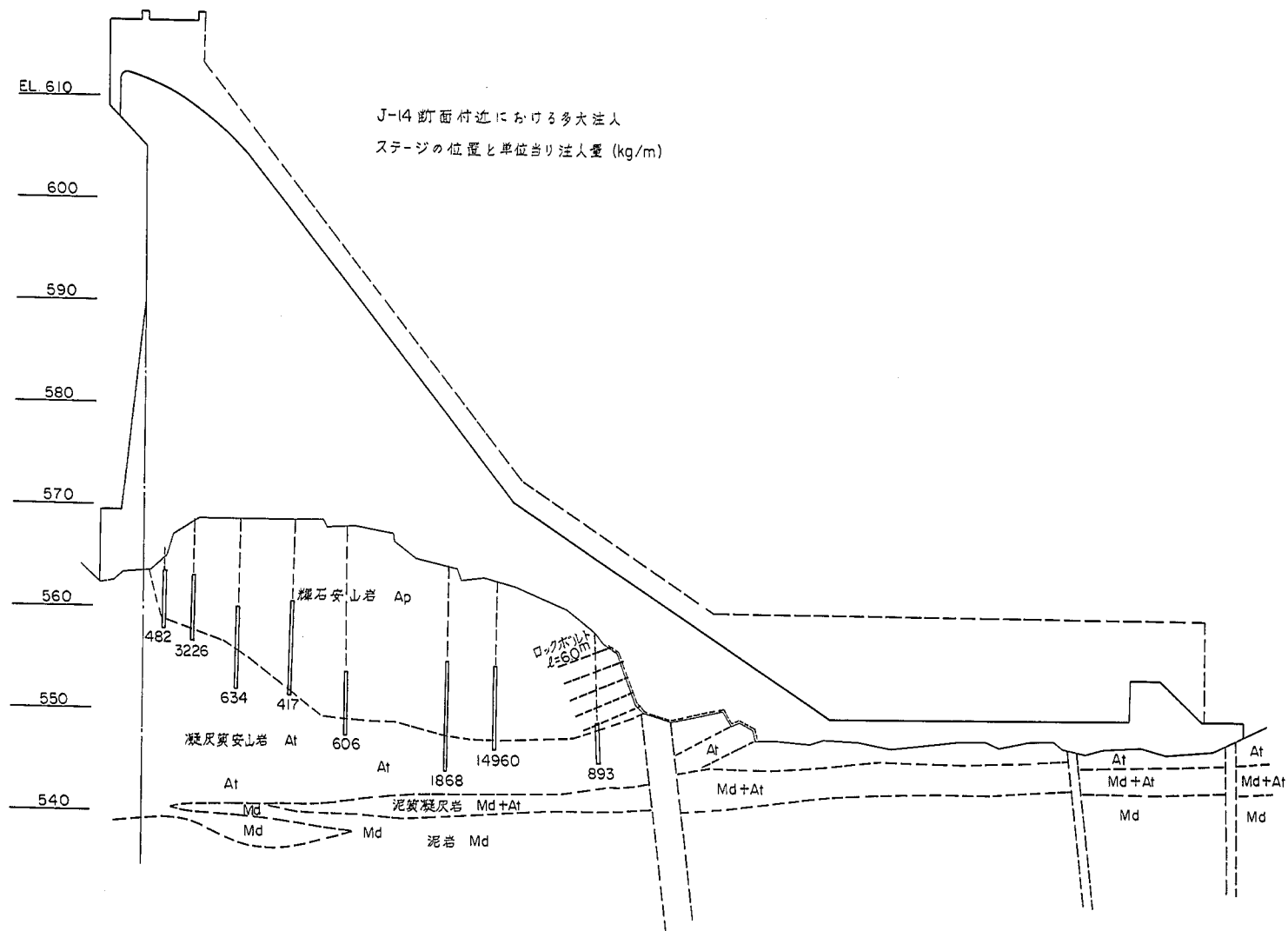


図-7 コンソリ注入断面図

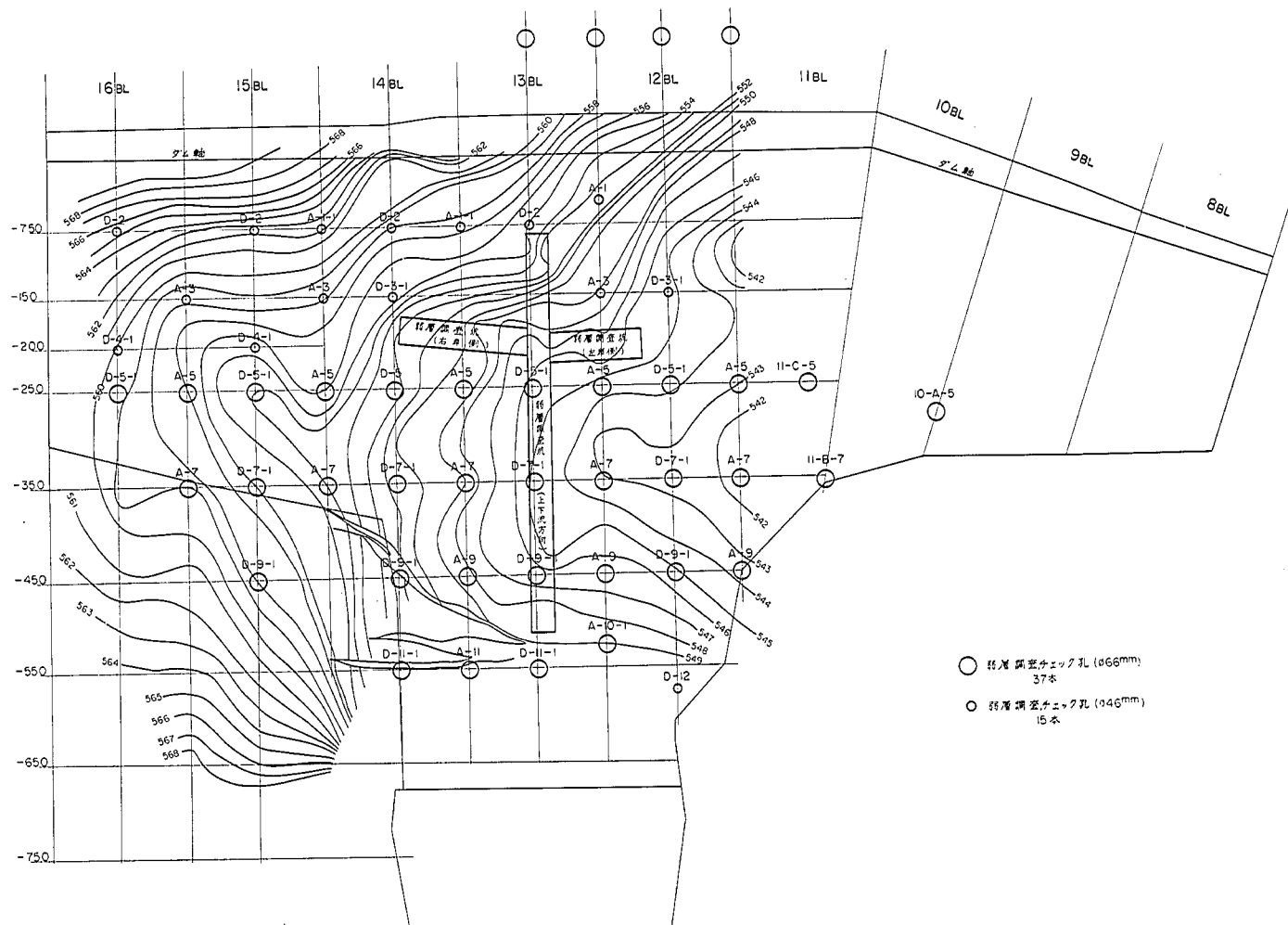


図-8 弱層調査ボーリング横坑位置図

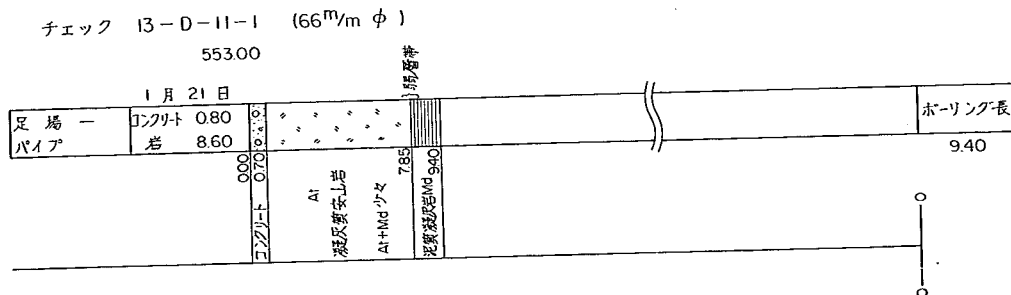
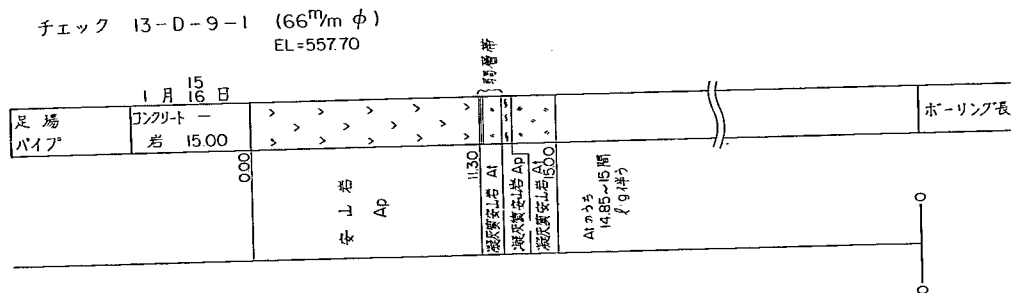
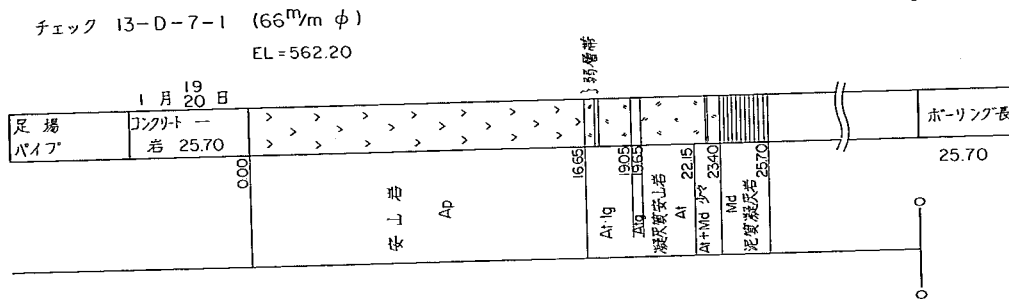
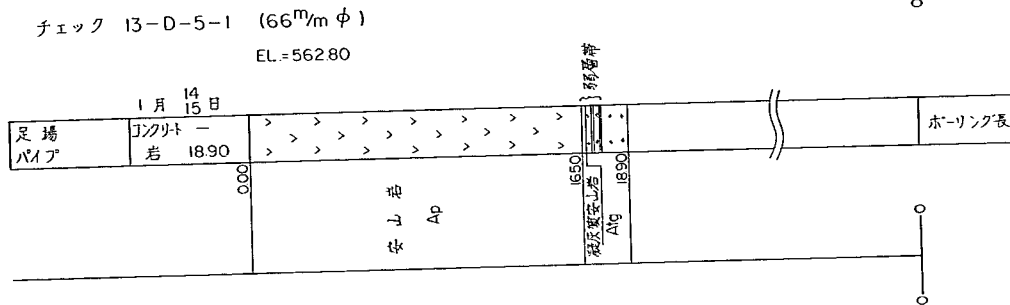
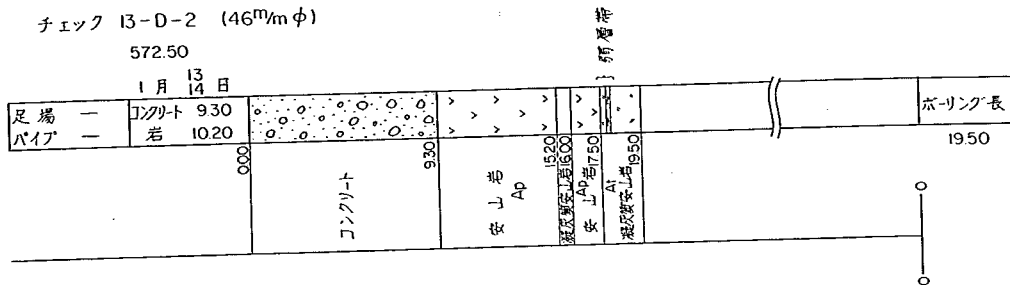


図-9 joint 13+7.5 mのボーリング柱状図

圖-10-1 弱層位置橫斷圖(J-13)

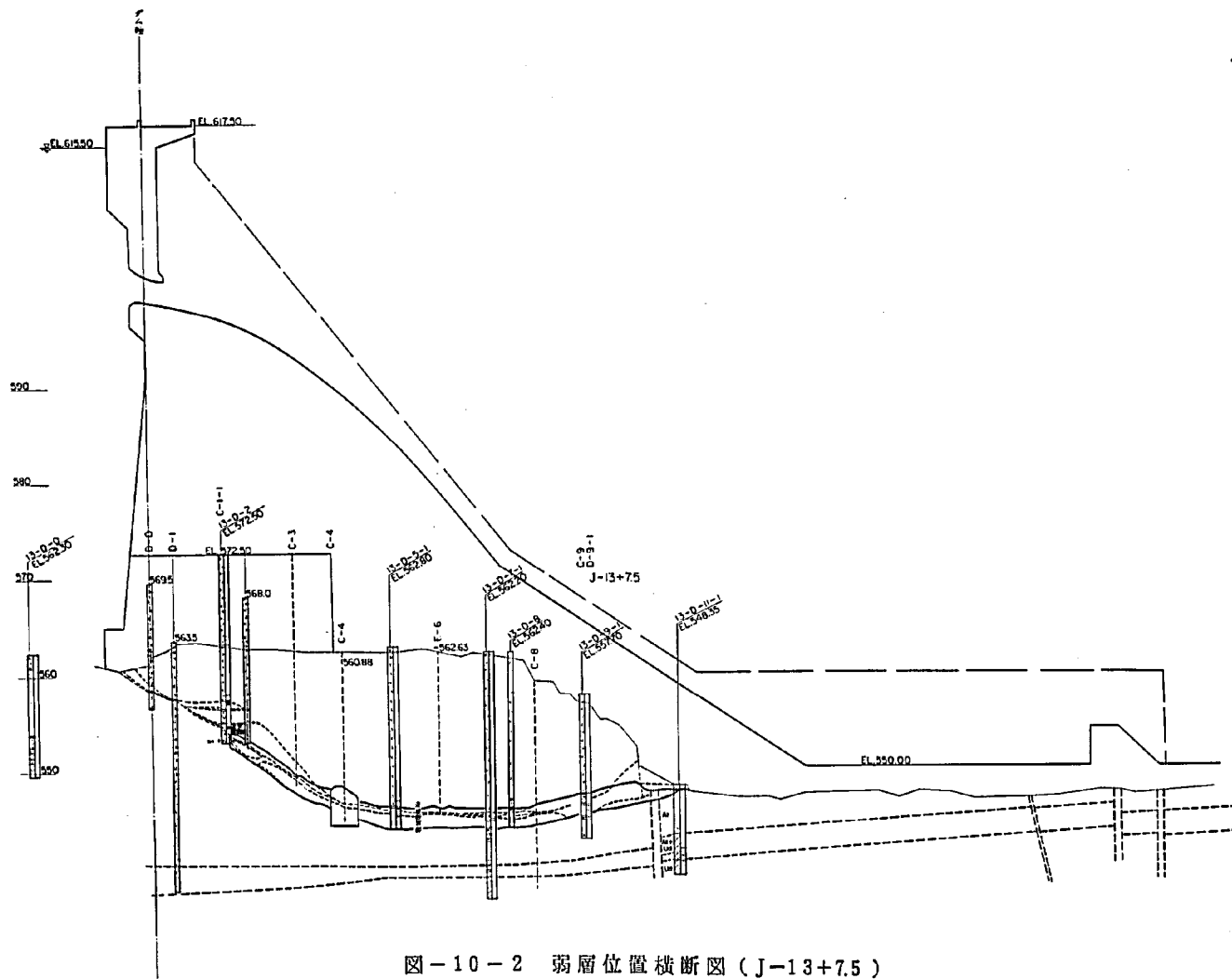


图-10-2 弱层位置横断面图 (J-13+7.5)

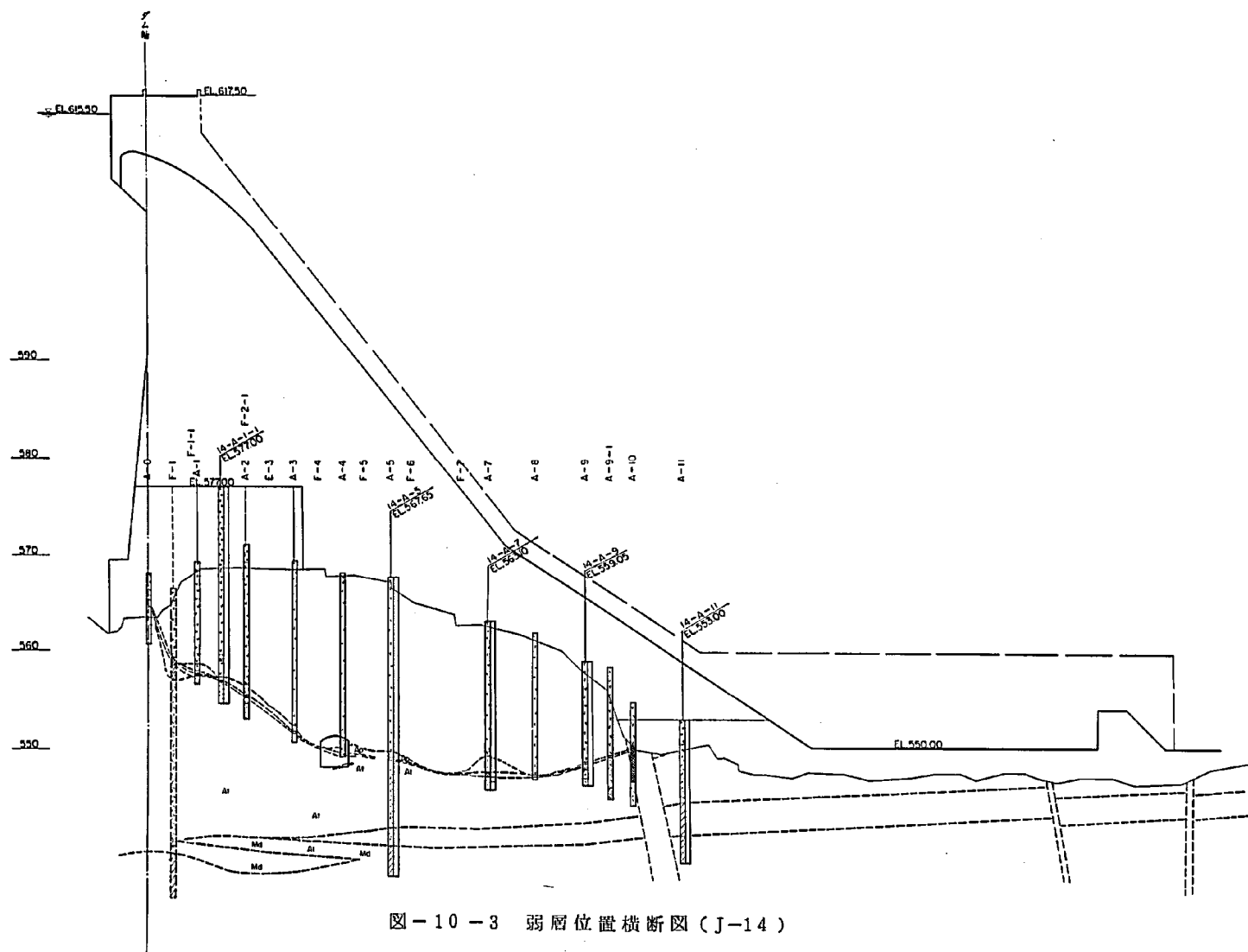


图-10-3 弱层位置横断面图 (J-14)

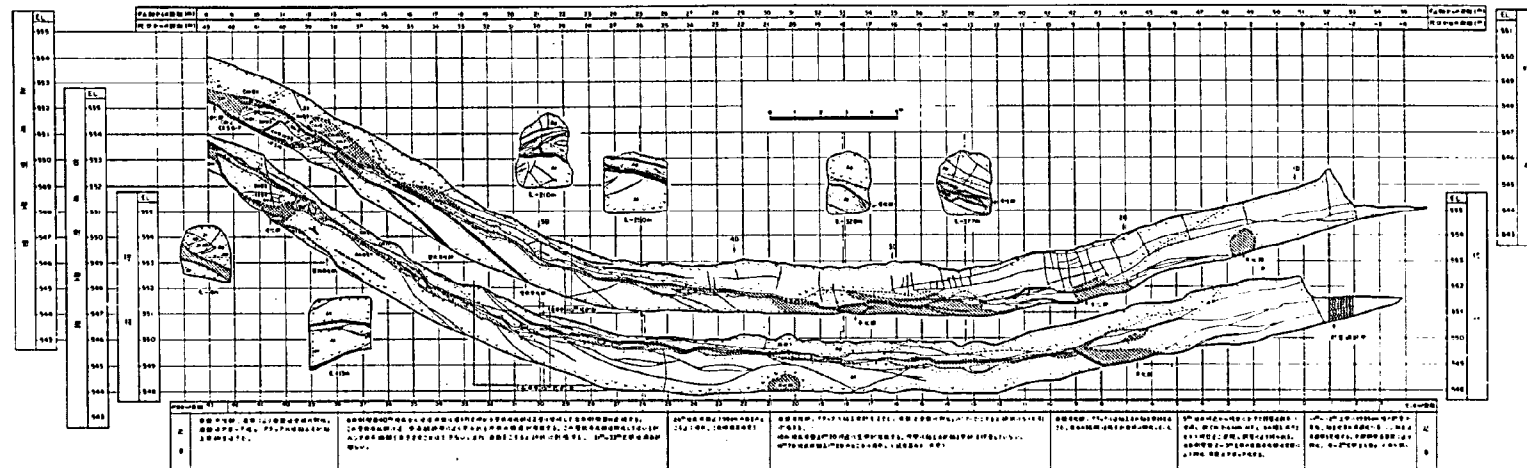


図-11-1 弱層調査横坑地質展開図(その1)

流端付近にかけて円弧状に分布している。したがって、左岸側では弱層が極めて深い位置に分布するが、ダム中央及び右岸では、ダム基礎面下10数m以下の比較的浅い位置に分布する。

4) 成 因

この弱層の成因は、凝灰質安山岩 (At) の溶岩流の上に、輝石安山岩 (AP) が不整合に覆ったものであるが、初期の地質調査で、各岩石の鉱物調査が十分行なわれなかったため見落したようである。そして不整合面沿いに風化、変質が進み、また、同一の溶岩中にも、多孔質部分 (At) と緻密な部分 (AP) との境界付近に生じたキ裂に熱水液の浸透があり、変質作用を受け、その後地下水の浸透により劣化が進行した。

3. 弱層の安定解析と処置の設計

ダム基礎の安定に悪影響を与える円弧状をなす弱層の存在が確認されたのでその処理について、群馬県当局とダム構造研究室との間で検討協議がなされた。その結果、まずダム基礎として問題があるか否かを検討し、次いで問題があるときは、その対策の最も効果的な設計を行うことにした。その解析は2次元有限要素法を用い、基礎内の応力分布から弱層全体の剪断摩擦安全率、弱層あるいは対策としての置換コンクリート部の局所剪断摩擦安全率を算出した。

計算断面は、最も危険と判断される13～14BLについては、No13+7.5mの断面で代表させることとし、15BL、16BLについては、それぞれNo15+7.5m、No16+7.5m断面で行うこととした。

(1) 検討方法

最初に処理工法の検討の目安を付けなければならないため最も危険な断面と目されるNo13+7.5m断面について、予備的な計算を行うこととし、この結果を検討しながら各断面における処理法の計算を行ったもので、内容については次の通りである。

1) No13+7.5m断面

- ① 処理工法の効果に対する予備計算(ケース1～4)
- ② 弱層部に数本のコンクリートダウリングを設ける案(ケース5)
- ③ ②の他、更に上流部にフィレットを設ける案(ケース6、7)

2) No15+7.5m断面

- ① 弱層部に数本のコンクリートダウリングを設けると共に上流部にフィレットを付ける案(ケース8、9)

3) No16+7.5m断面

- ① 弱層が深い位置となるので上流部にフィレットを設ける案(ケース10)

(2) 計算条件

本解析に用いた断面は、先に述べた3断面であるが、これらの地質図をもとに要素分割し、岩盤の境界条件は深さ方向をダム高の2.0倍、幅方向はダムベース幅の2.0倍以上をベース上端からそれぞれ上下流方向にとった。その他の計算条件は次の通りである。

常時満水位	EL 617.50m
堆砂位	EL 591.00m
コンクリート単位重量	2.30 t/m ³
岩盤単位重量	2.30 t/m ³
堆砂水中単位重量	1.00 t/m ³

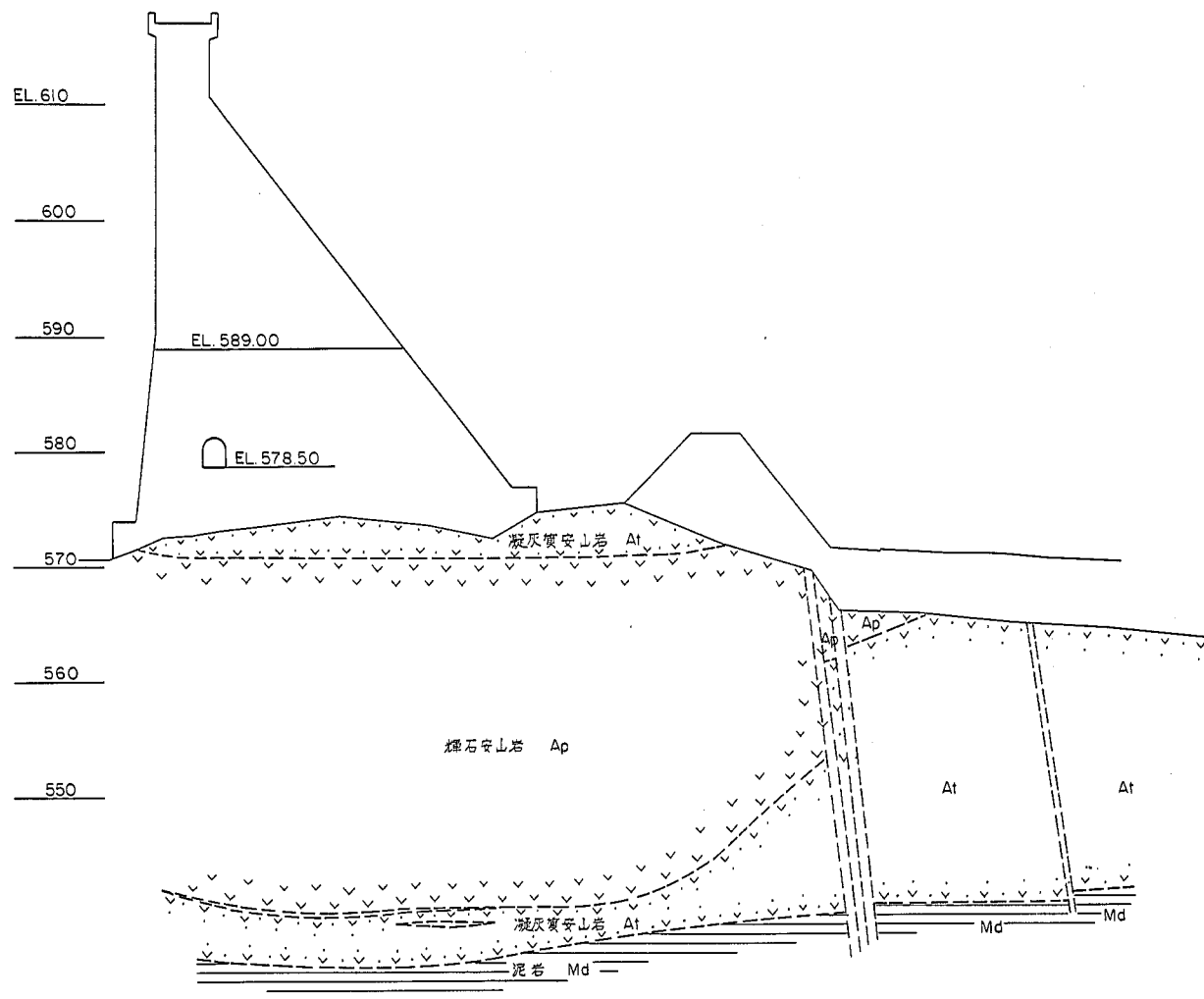


图-12-1 弱层分布断面图 J-11

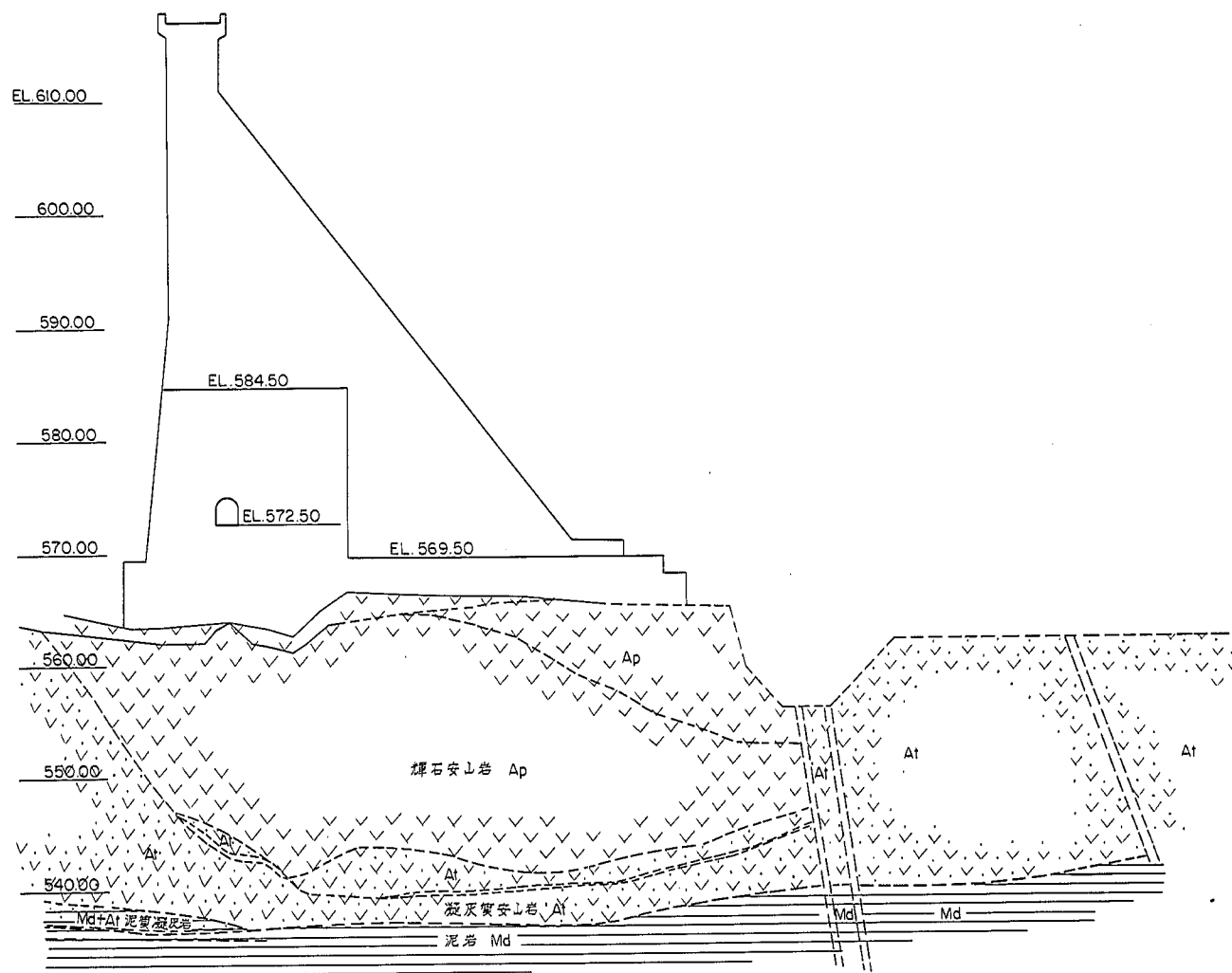


图-12-2 弱层分布断面图 J-12

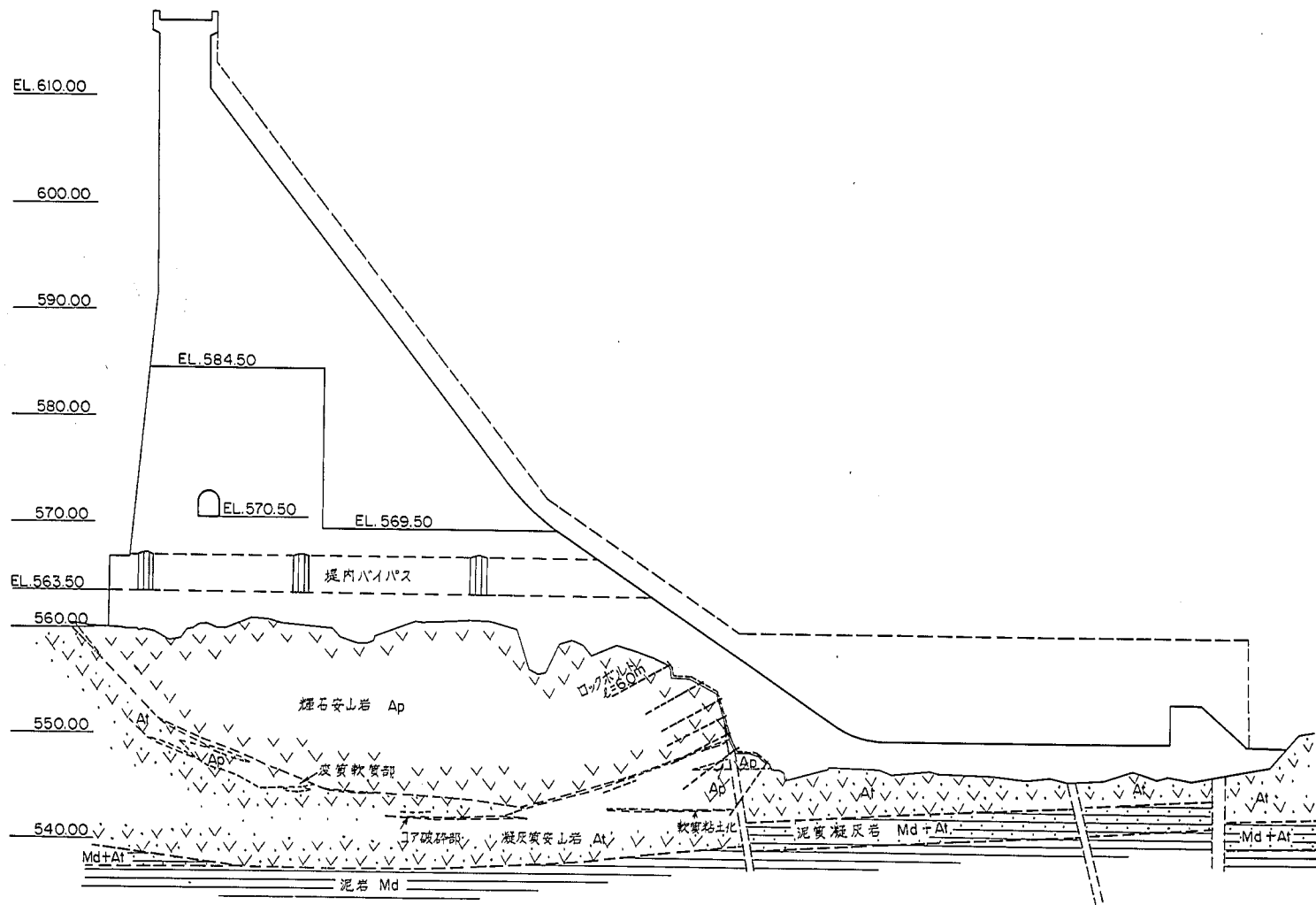


図-12-3 弱層分布断面図 J-12+7.5

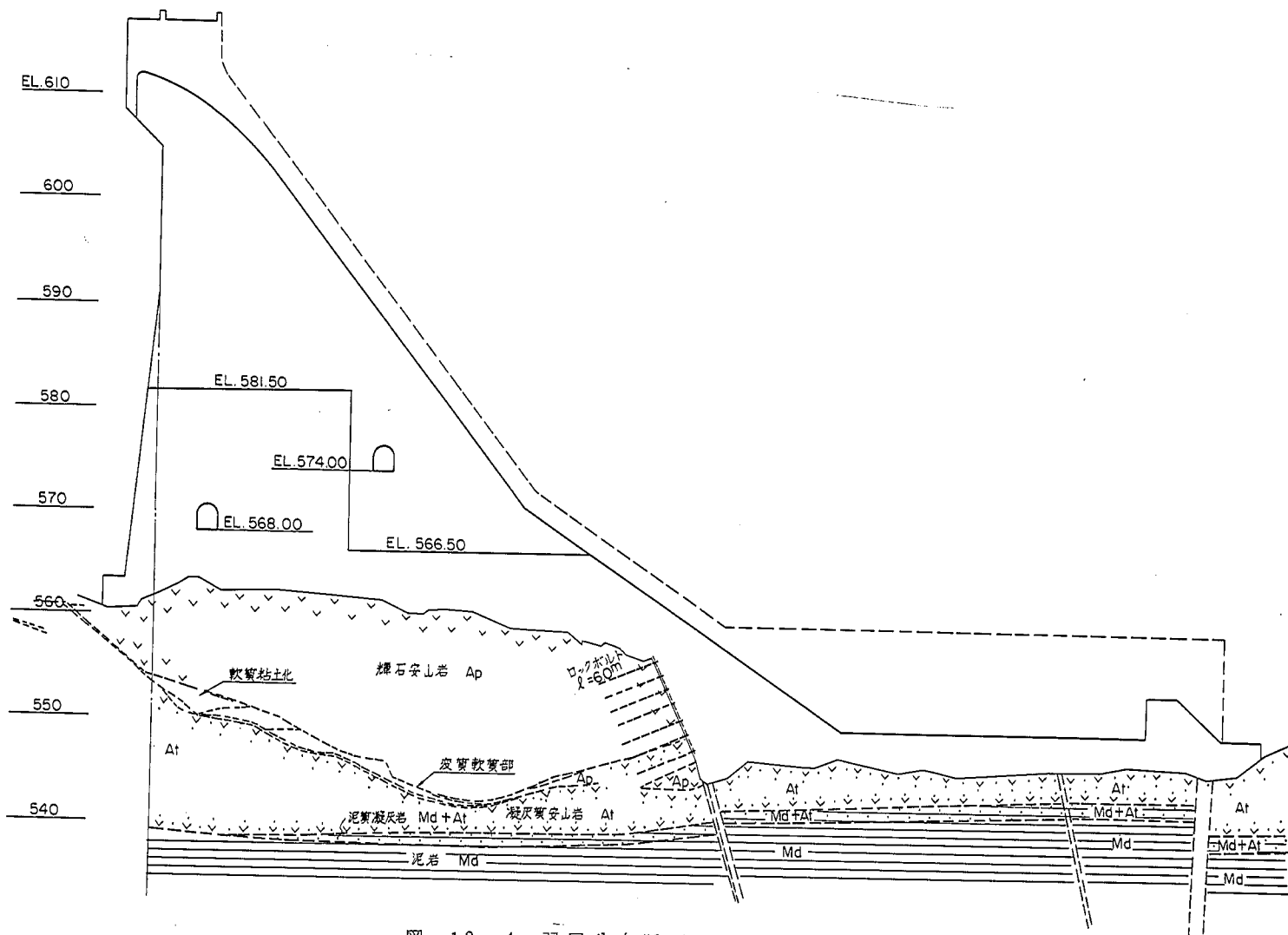


図-12-4 弱層分布断面図 J-13

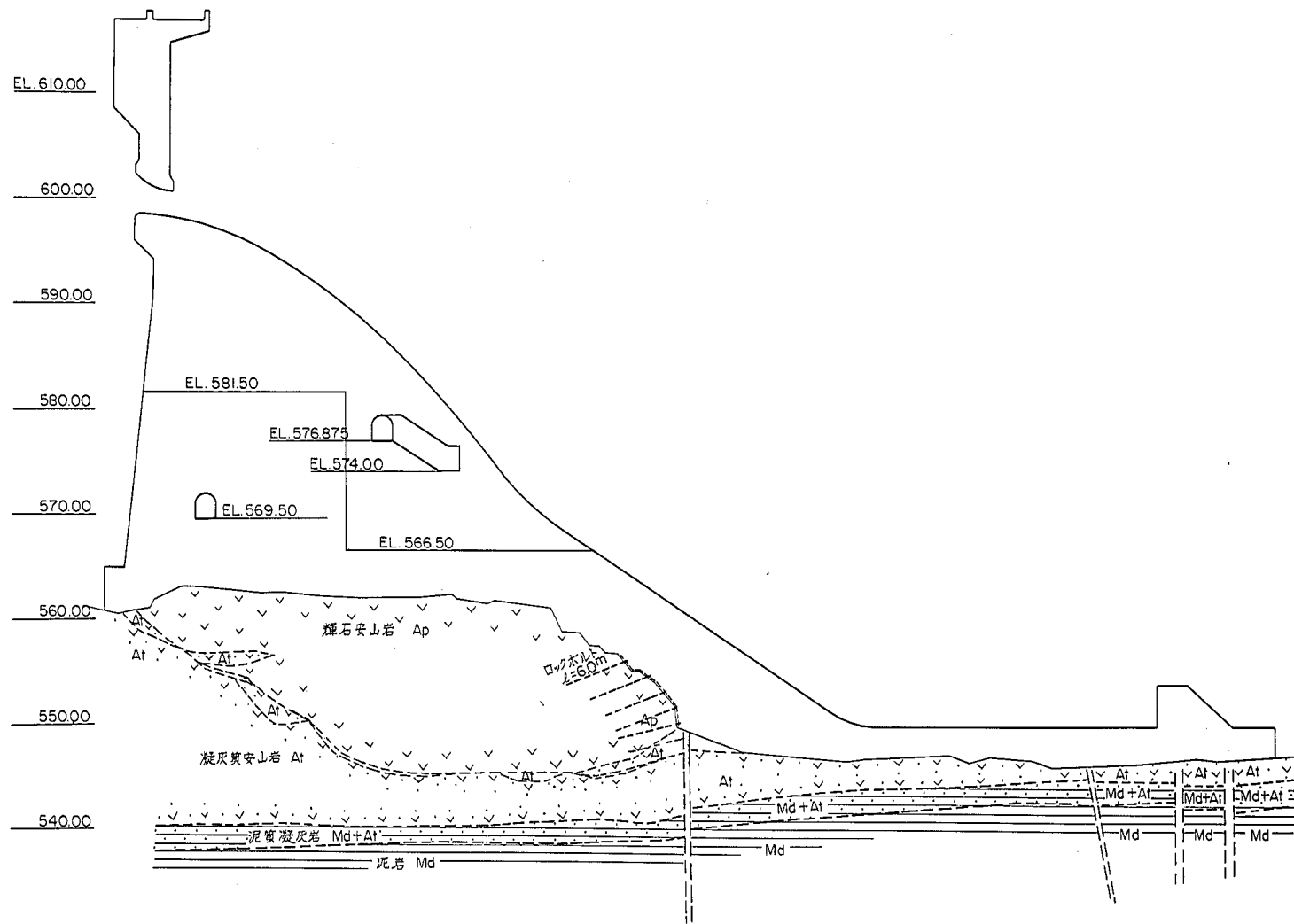


図-12-5 弱層分布断面図 J-13+7.5

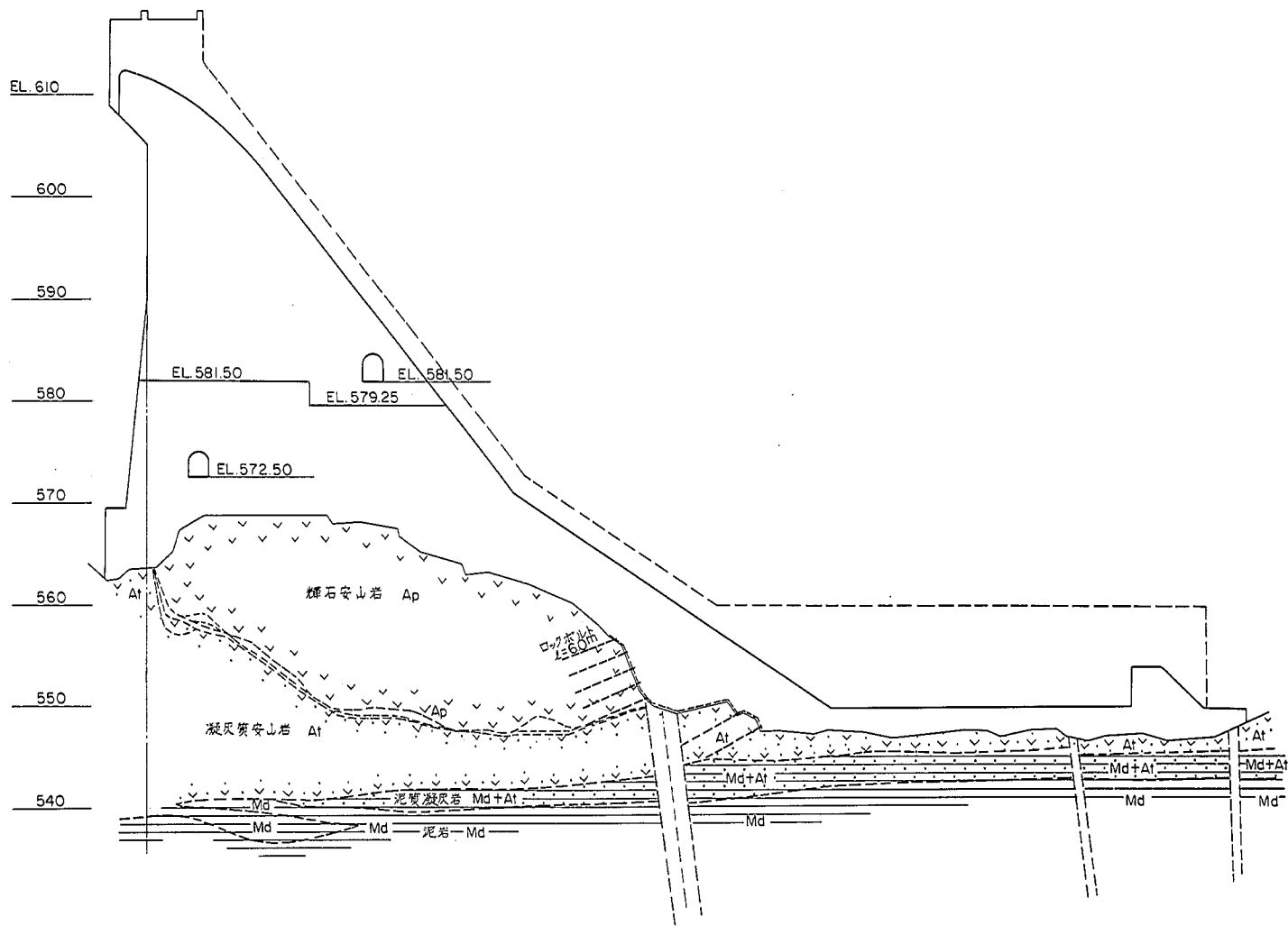


图-12-6 弱層分布断面图 J-14

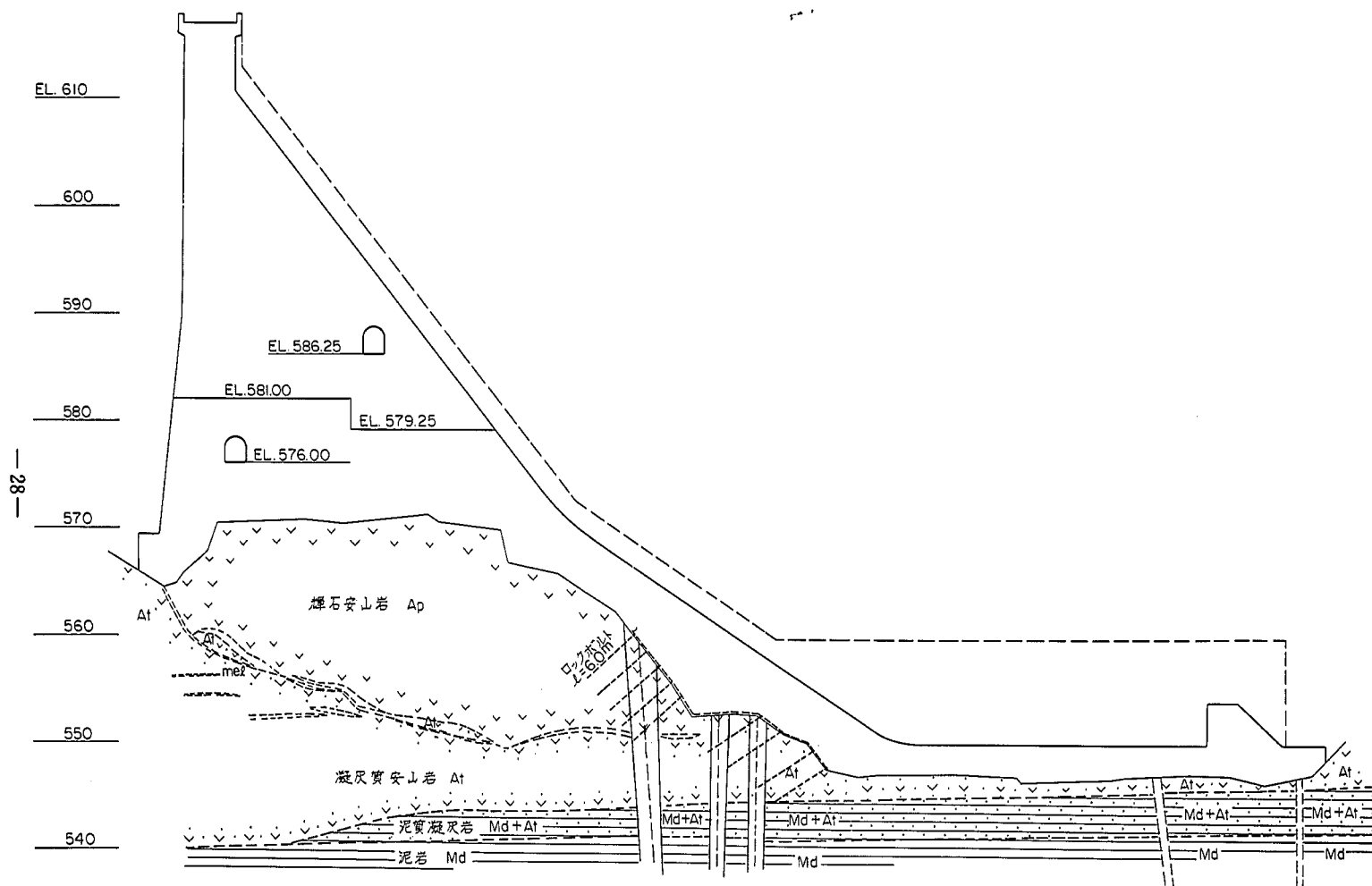


圖-12-7 弱層分布断面図 J-14+7.5

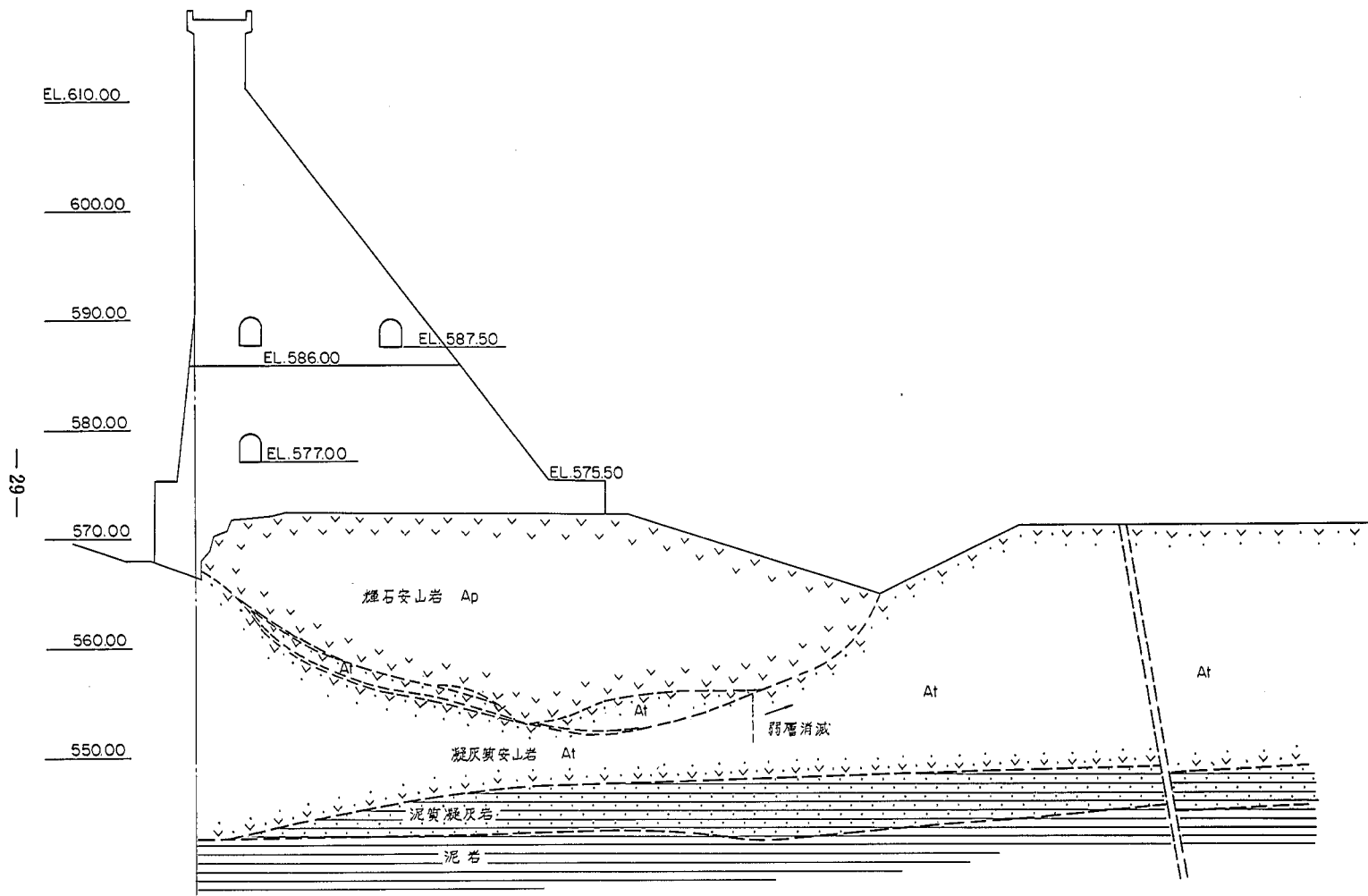


图-12-8 弱层分布断面图 J-15

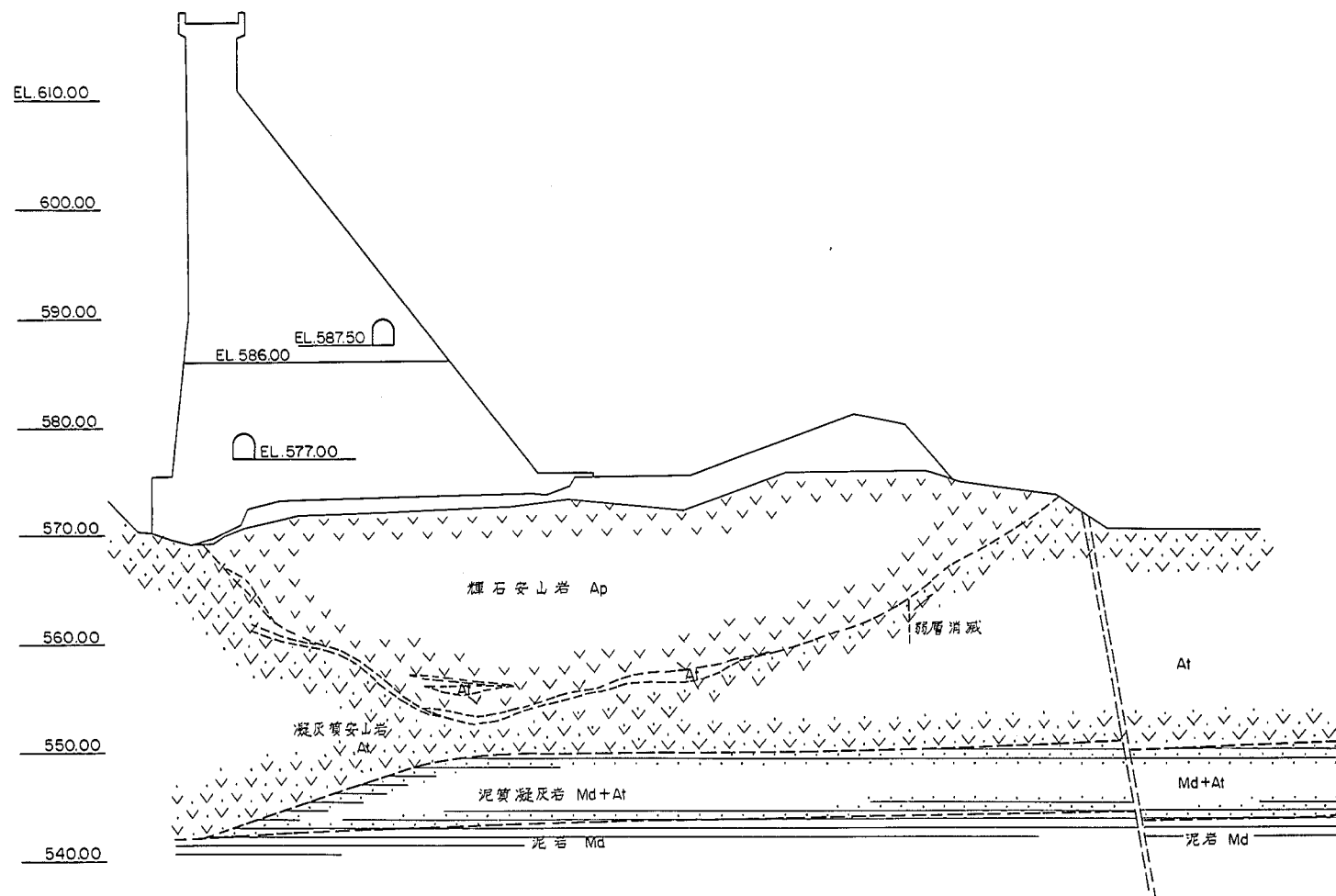


圖-12-9 弱層分布断面圖 J-15+7.5

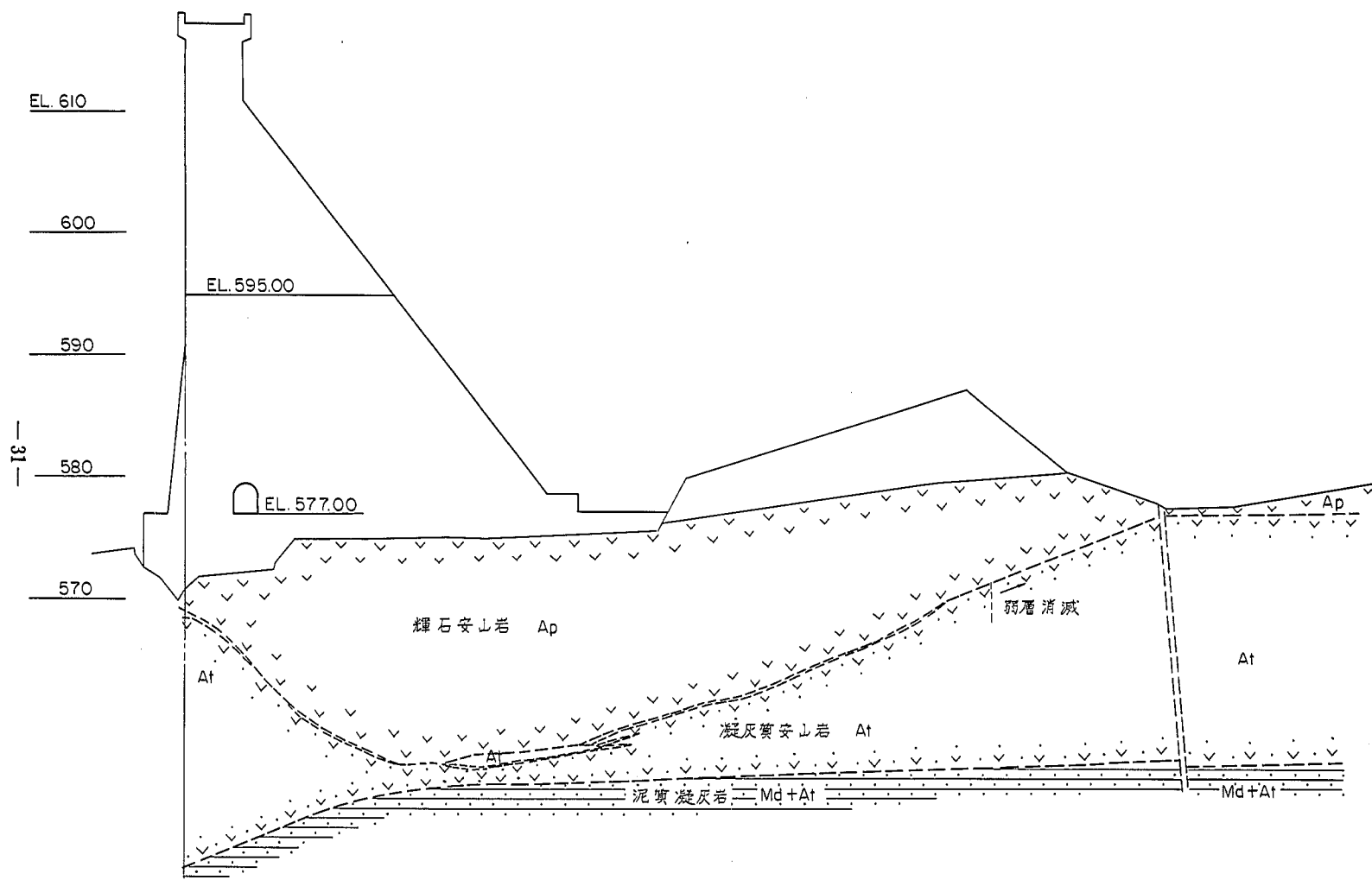


圖-12-10 弱層分布断面圖 J-16

軸 + 7.5



圖-12-11 弱層分布断面圖 軸+7.5

軸 + 25^m

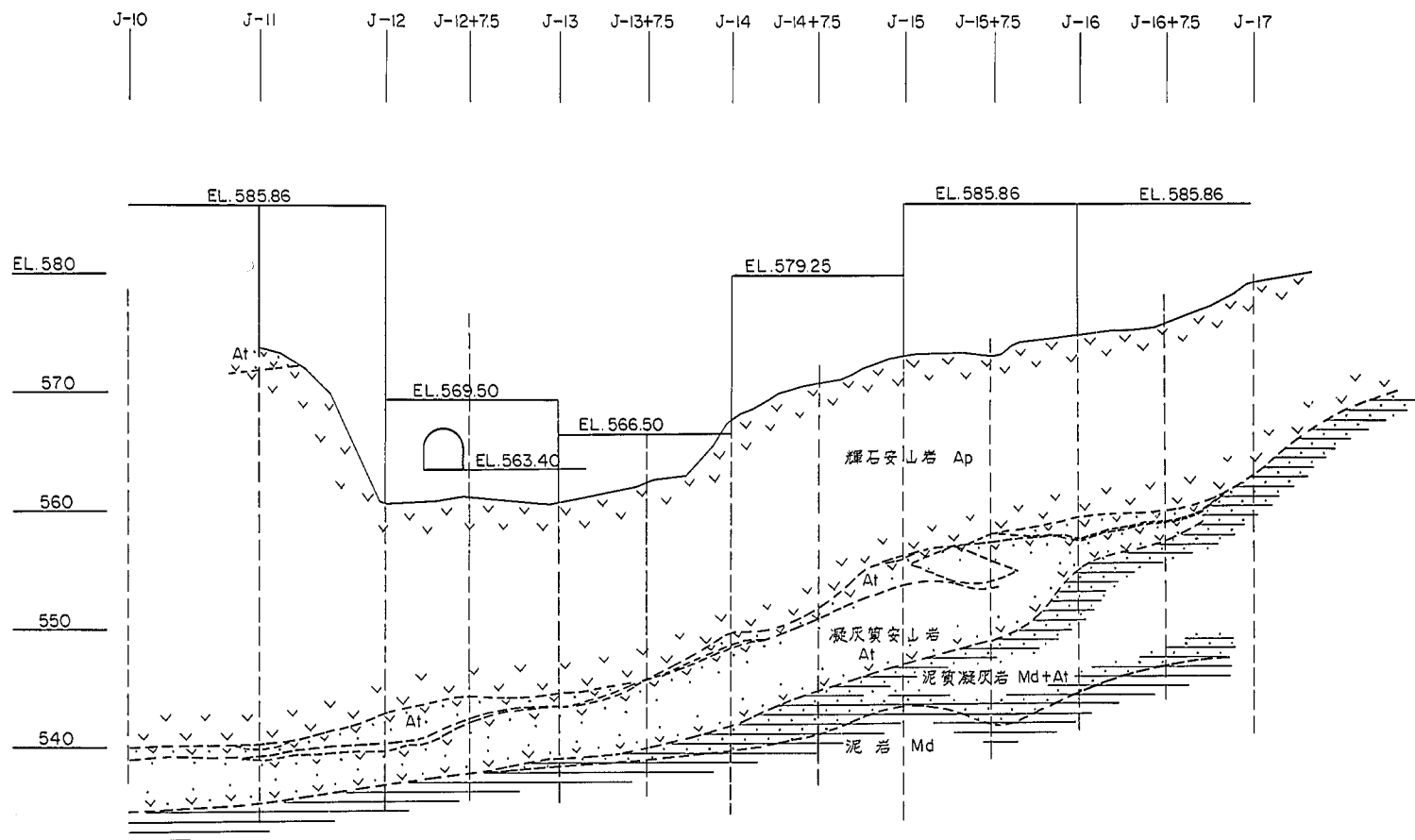


圖-12-12 弱層分布断面圖 軸+25m

軸 + 35m

J-11 J-12 J-12+7.5 J-13 J-13+7.5 J-14 J-14+7.5 J-15 J-15+7.5 J-16 J-16+7.5 J-17

EL. 590

— 34 —

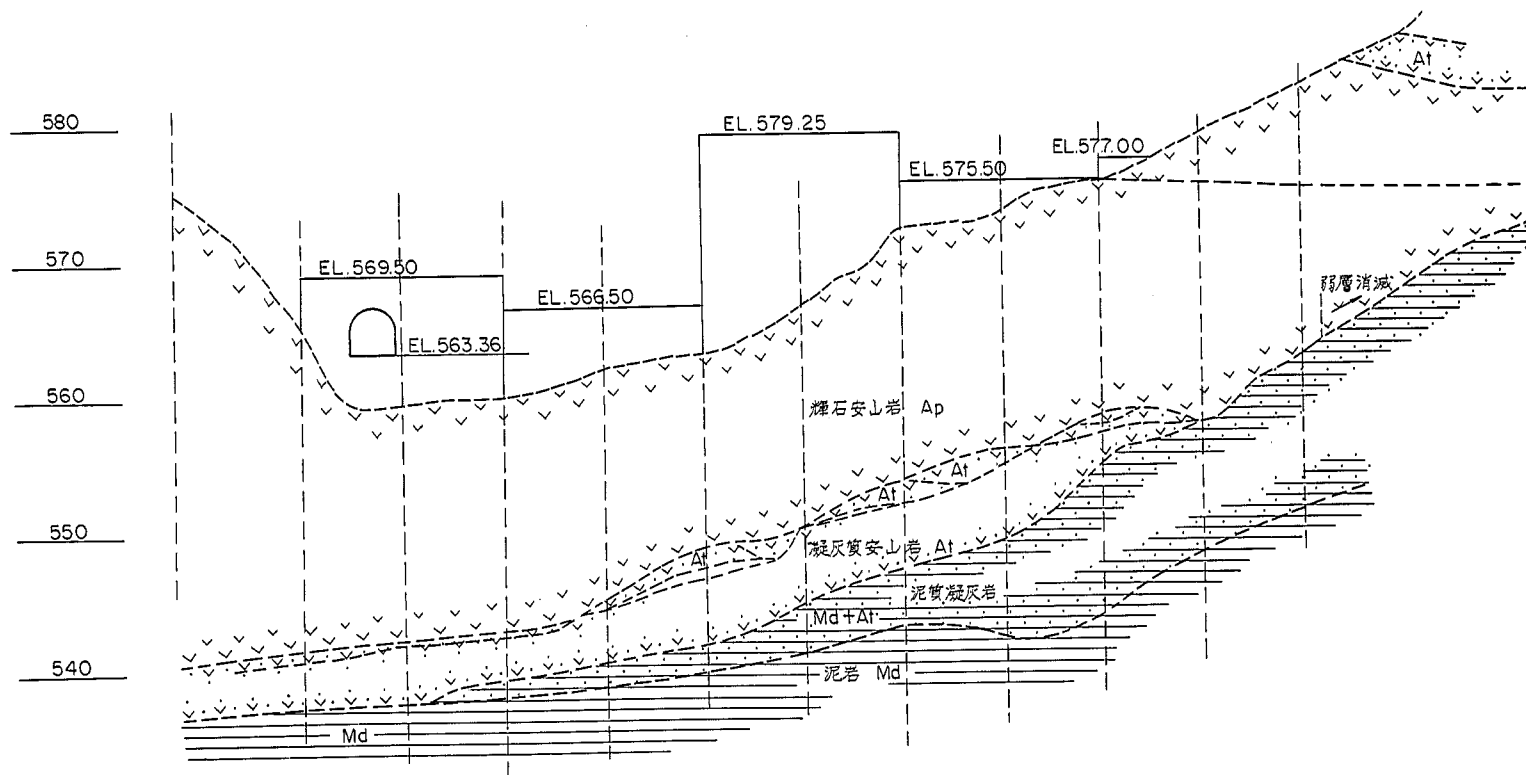


圖-12-13 弱層分布断面圖 軸+35m

軸 + 45m

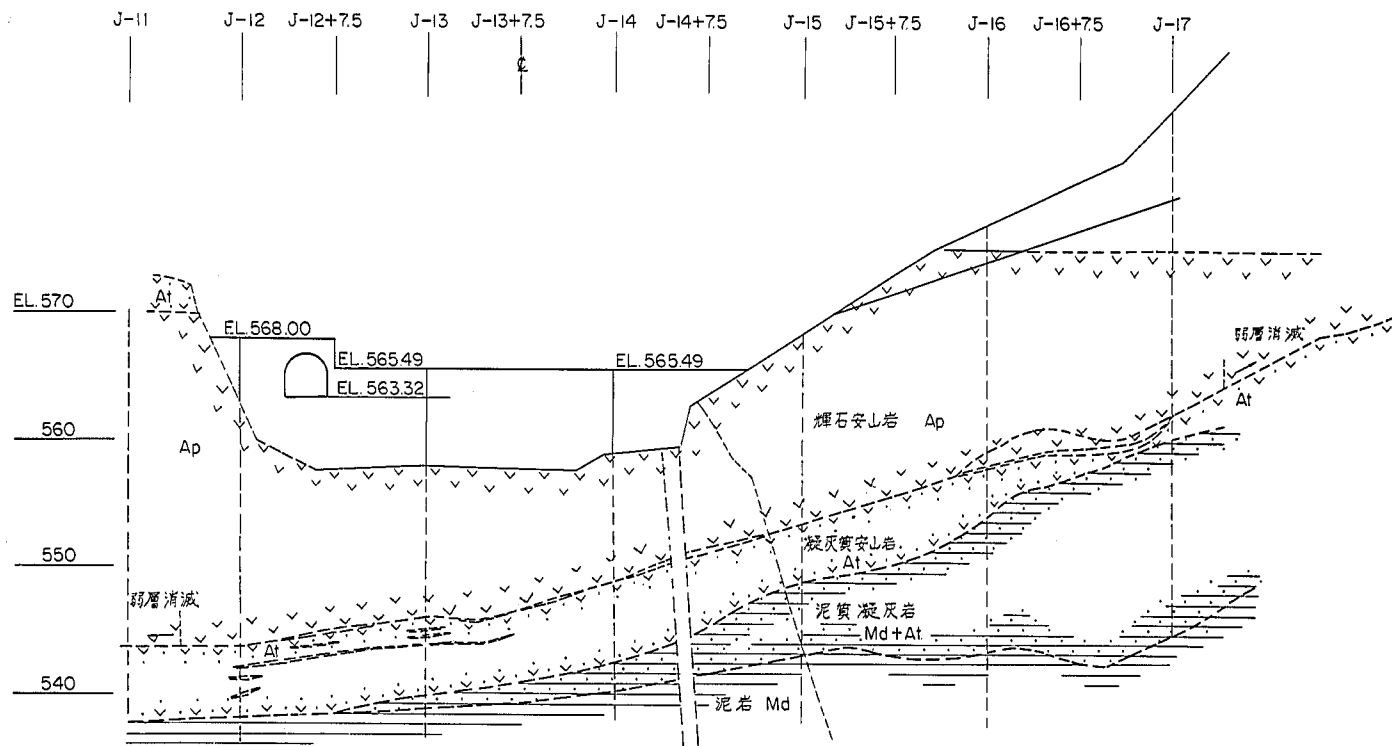


圖-12-14 弱層分布断面圖 軸+45m

霧 横 ダ ム NO.13+7.5

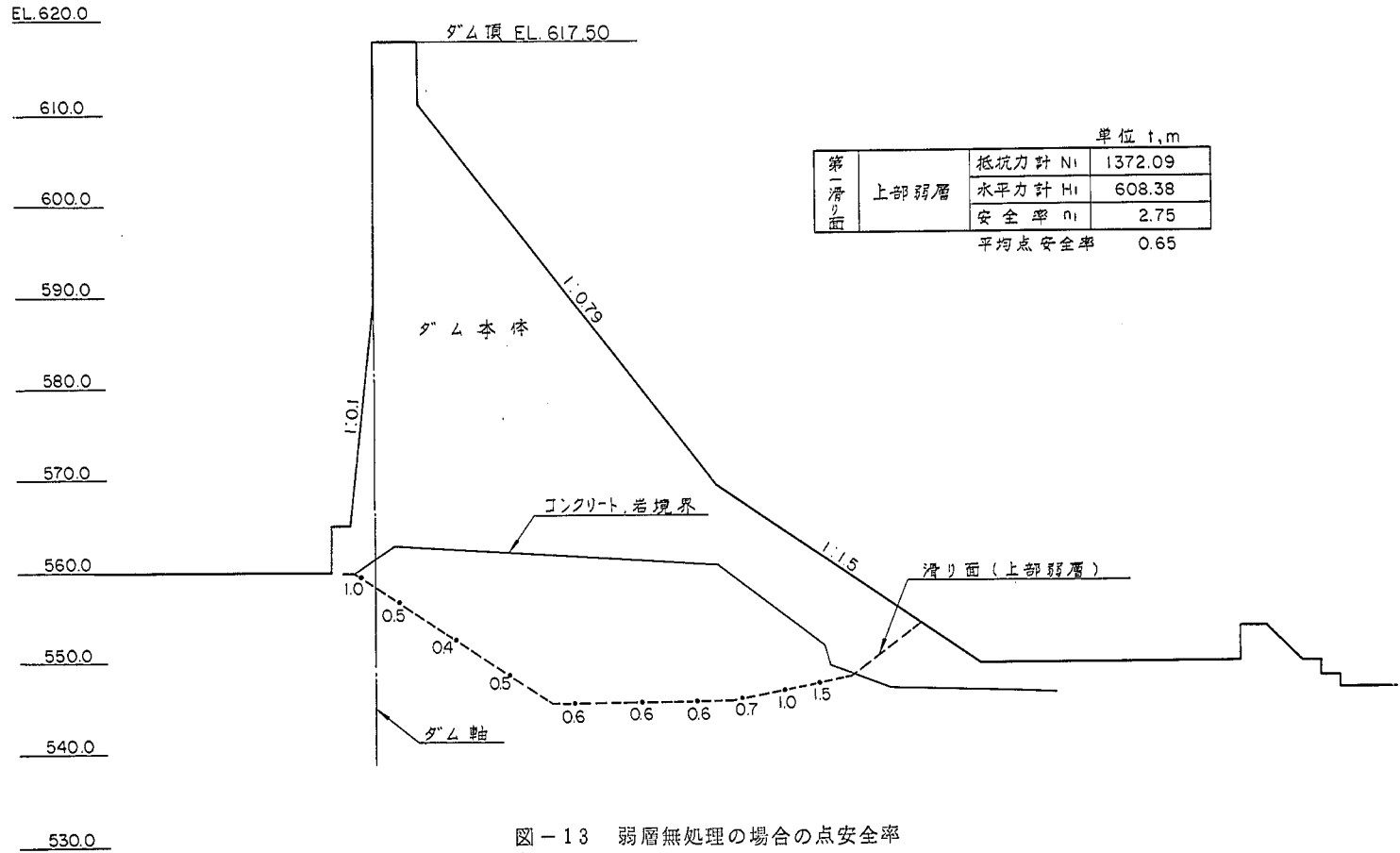


図-13 弱層無処理の場合の点安全率

堆砂土圧係数	0.40
地震係数	0.12
コンクリート弾性係数	$2.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$
岩盤（安山岩）弾性係数	$1.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$
弱層部弾性係数	$5.0 \times 10^4 \text{ t/m}^2$
弱層部 { 剪断強度	1.0 t/m^2
剪断摩擦率	0.2
ポアソン比（コンクリート岩）	0.2

なお、計算途上において、その後の地質調査の進歩により問題となっている弱層から更に下部の方に分岐している小規模の弱層があることが確認されたため、この下部弱層をも考慮に入れてダム全体に対する安全性について検討することになった。

(3) 計 算 結 果

(i) No 13 + 7.5 m 断面

① 処理をしない場合の安全度とダウエリングの効果の試算

弱層部の物性値をそのままとり、何ら対策を講じない場合（無処理）について、安全率を計算したものを図-13に示す。これには弱層の剪断強度を $\tau_0 = 1.0 \text{ t/m}^2$ 、 $f = 0.2$ として計算しているが Henny の安全率は $N = 2.75$ 、点安全率も $0.4 \sim 1.5$ 程度と低く、極めて危険な数値を示して、早急な安全対策が必要であることが示された。

次に安全対策処理法の目安を立てる必要から図-14に示すようなケースについて計算を行った。ケース1は弱層を全部コンクリートで置き換えた場合で、これが安全率向上では最良の効果があることがわかる。ケース2はダム本体下流側にコンクリート腹付けを行うもので、弱層発見時には、ダム本体コンクリートが既に5～6リフト打設されているため、考えられる対策工の施工上最も簡単なものであるが、ダム下流部に厚さ10m程度の腹付けコンクリートを設けても、安全率向上にはほとんど効果がないことを示している。ケース3は、ケース1の弱層置き換えの効果に着目し、巾2.0mのコンクリートブロック（ダウエリング）を6m間隔で弱層に配置したもので、弱層沿いの平均点安全率が $n = 2.24$ まで向上することが解った。ケース4はケース3と同じであるが、弱層から上の岩盤の自重も考慮に入れたものである。こうすると弱層沿いの平均点安全率は、 $n = 1.96$ に低下する。

したがって、上記のケース1～4までの試算により、幅2.0mのダウエリングを数本施工することで、安全率が向上される見通しがついたため、これを主体として、弱層から上部の岩盤自重も考慮し、更に詳細な検討を行うことにした。

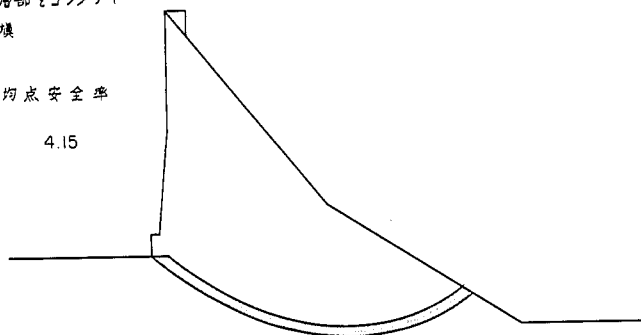
ケース 1

NO.13+7.5

弱層部もコンクリート
充填

平均点安全率

4.15

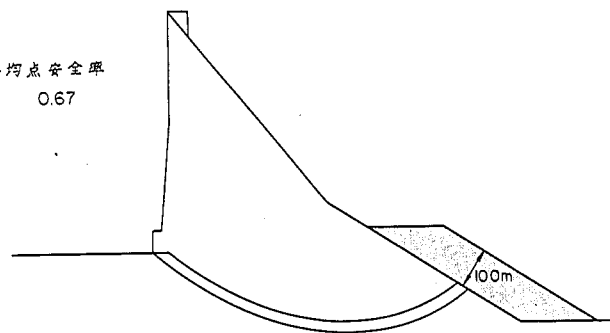


ケース 2

NO.13+7.5

平均点安全率

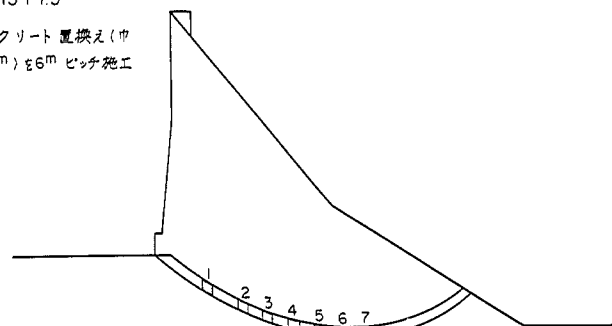
0.67



ケース 3

NO.13+7.5

コンクリート置換え(巾
2.0m)を6mピッチ施工

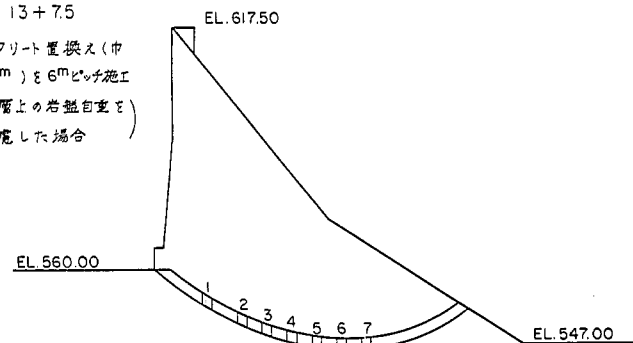


点 安 全 率							
1	2	3	4	5	6	7	平均
1.57	1.92	2.30	2.07	2.07	2.56	3.17	2.24

ケース 4

NO.13+7.5

コンクリート置換え(巾
2.0m)を6mピッチ施工
(弱層上の岩盤自重を
考慮した場合)



点 安 全 率							
1	2	3	4	5	6	7	平均
1.48	1.75	2.07	1.74	1.80	2.17	2.54	1.96

図-14 処理方法検討のための予備計算



図-15-1 No.13+7.5m断面の計算モデル地質図

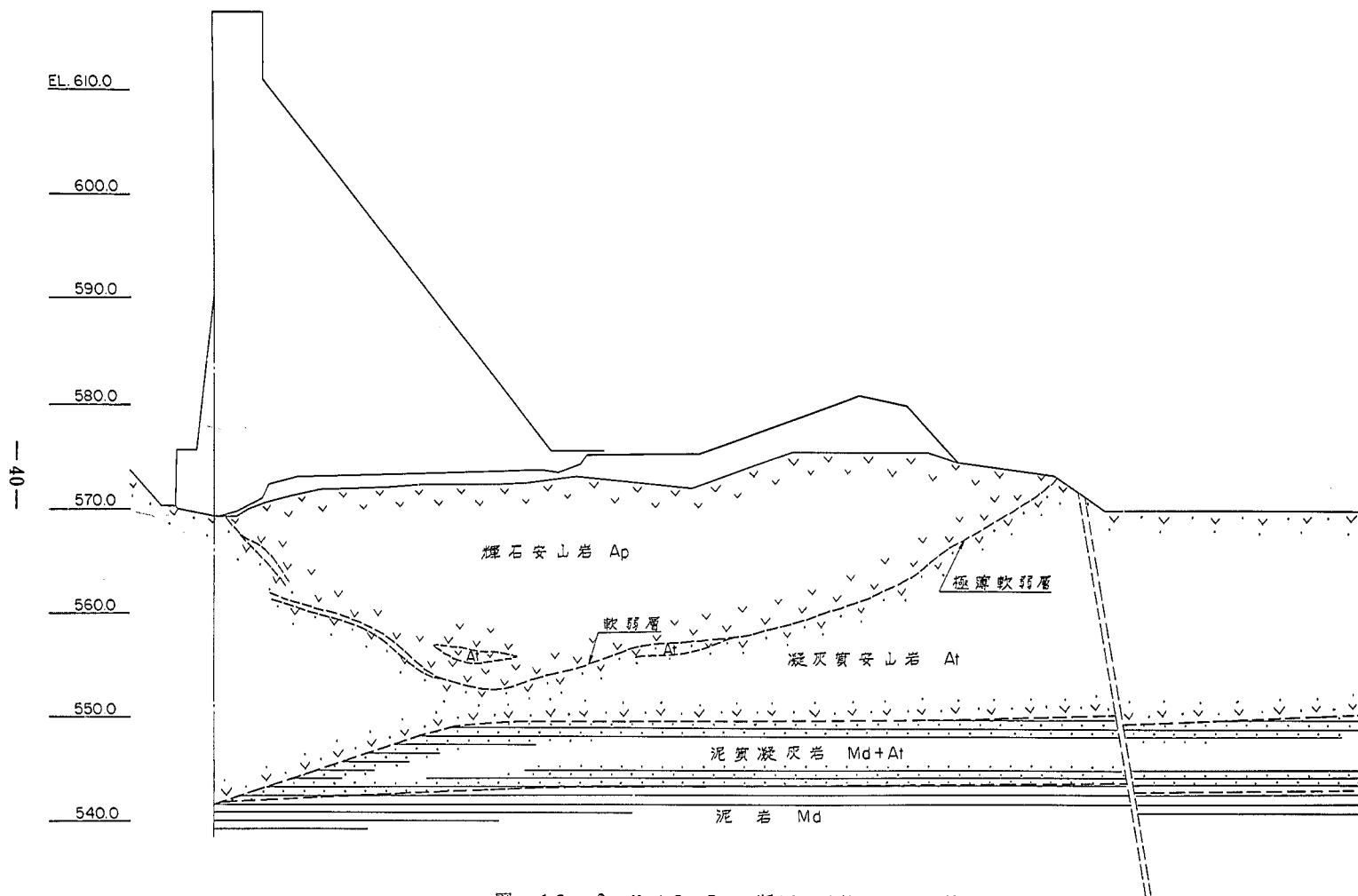


図-15-2 No.15+7.5m断面の計算モデル地質図

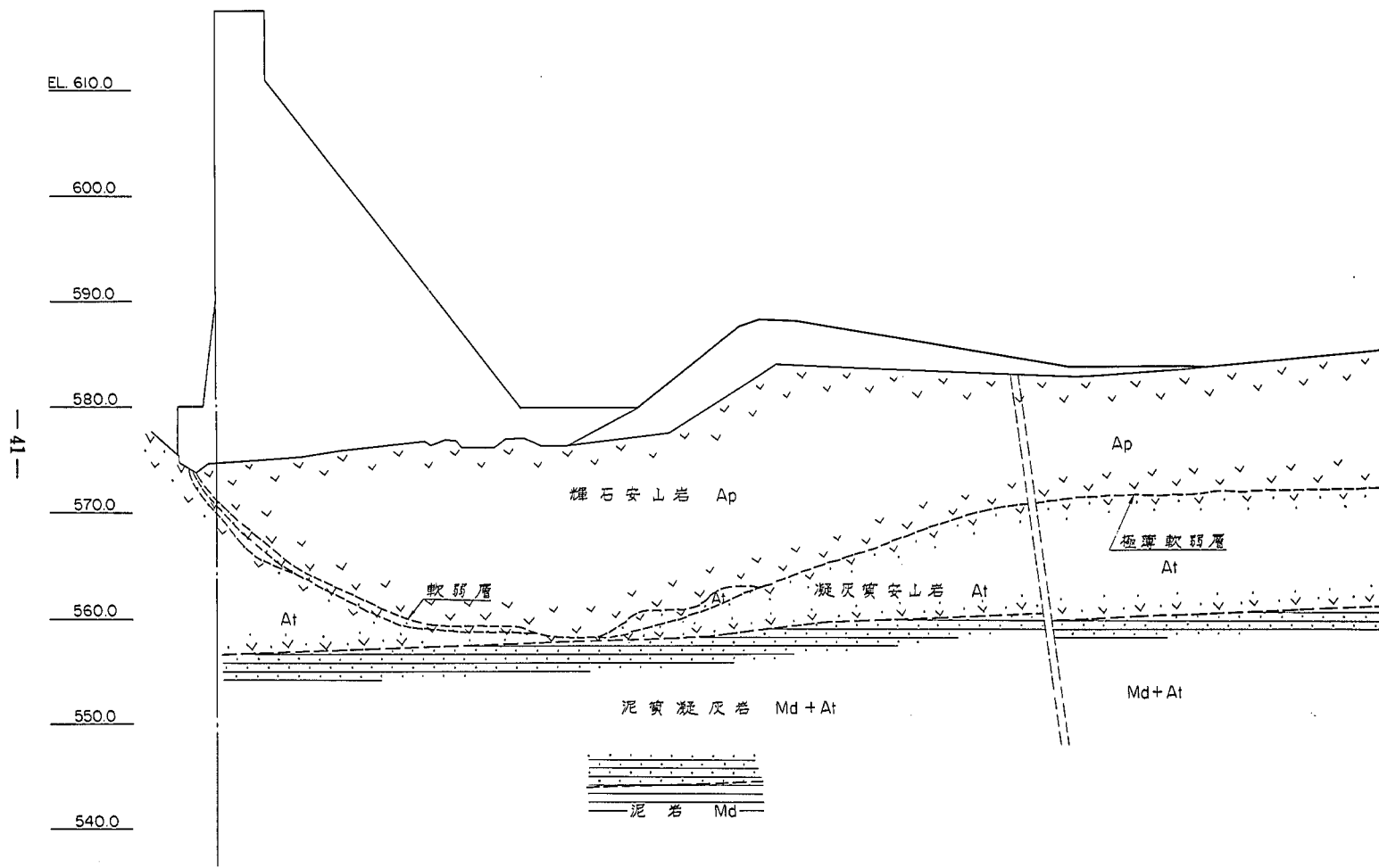


図 - 15 - 3 No. 16 + 7.5 m 断面の計算モデル地質図

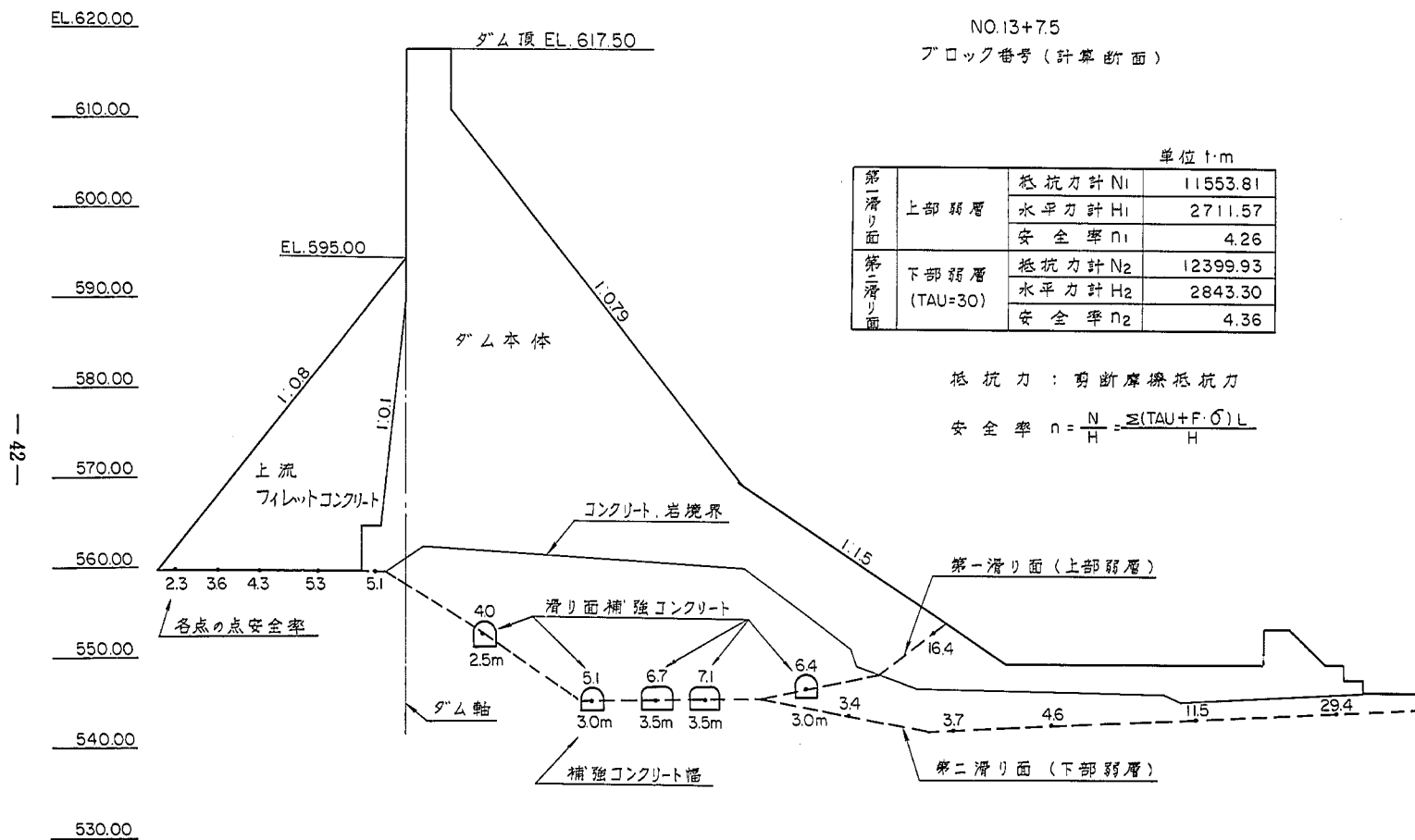


図-16 安全率凡例図

② コンクリートダウリング案の計算（ケース５）

コンクリートのダウリングを施工することが、安全率増加に効果のあることが解ったが、先の試算でも幅 2.0 m のものが 6 m 間隔に 7 本以上必要になり、実際にはダム本体のコンクリートも、5～6 リフト打設されている状況で、基礎岩盤の中をこのように掘削施工することは非常に困難な事が予想され、更に掘削に伴う良好な周囲の岩盤の損傷も考慮すると、この施工本数は出来得る限り減じる方法で検討することが得策であると考えられた。

そこでダウエルの本数を極力減ずることとし、最初に幅 2.0 m のダウエルを図-17 の様に配置することを基とし、さらに不足する安全率については他の工法で補充する案について検討することとした。図-17 によると Henny の安全率が 2.45 となり、弱層沿いの点安全率も上流側の方でかなり小さい。また、主応力も弱層沿いの上流部で引張応力 -6.1 kg/cm^2 が生じている。なお、このケースから、その後明らかになった下部弱層についても、これを含めて安全解析を行うこととした。

③ 上流側フィレットを付ける案の計算（ケース 6, 7）

上流側にフィレットを付することによって、Henny の安全率、点安全率とも、かなり向上することはいくつかの予備計算を行ったことによってわかったが、上流側の基礎岩盤の状況、掘削地形の状態から、最大に付することの施工可能な断面は図-18 の通りであった。この断面を付することによって Henny の安全率は $N = 3.86$ 、点安全率もすべての点で $n > 2$ となり、ほぼ所要の点安全率に近い効果を上げ得ることがわかった。

安全率の上積みをはかるため図-19 に示した様に、ダウリングを幅 2.5～3.5 m とし、かつ本数を 5 本とすることにして計算を行った。その結果、Henny の安全率は $N = 4.26$ 、点安全率も全ての点で $n > 2$ となり、共に所要の安全率を多少上廻ることになり、満足すべきものと解された。したがってこの案をもって 13 Block 及び 14 Block の弱層処理法の最終案とすることにした。

(ii) No 15 + 7.5 m 断面

No 13 + 7.5 m 断面の検討においては、ダウリングを 5 本更に上流側にフィレットを付けることによって、所要の安全率を確保することが可能であることがわかったので、当該断面では、弱層がダムベースよりやや深い位置になるため、最初からダウリングを 4 本として計算を行った。計算結果を図-20（ケース 8, 9）を示す。このうち、ケース 8 は、無処理の場合でケース 9 は、ダウリングとフィレットを付したものである。

無処理の場合は、Henny の安全率は $N = 2.98$ しかなく、点安全率も上流側と下流端の一部を除いてほとんどが $n = 1.6 \sim 1.9$ の値を示す点が連続していて、不安定であることを示している。これに対し、ケース 9 は Henny の安全率が $N = 4.32$ 、点安全率も問題となる様な点は全く見当らなく、処理工の効果の大きいことを示している。

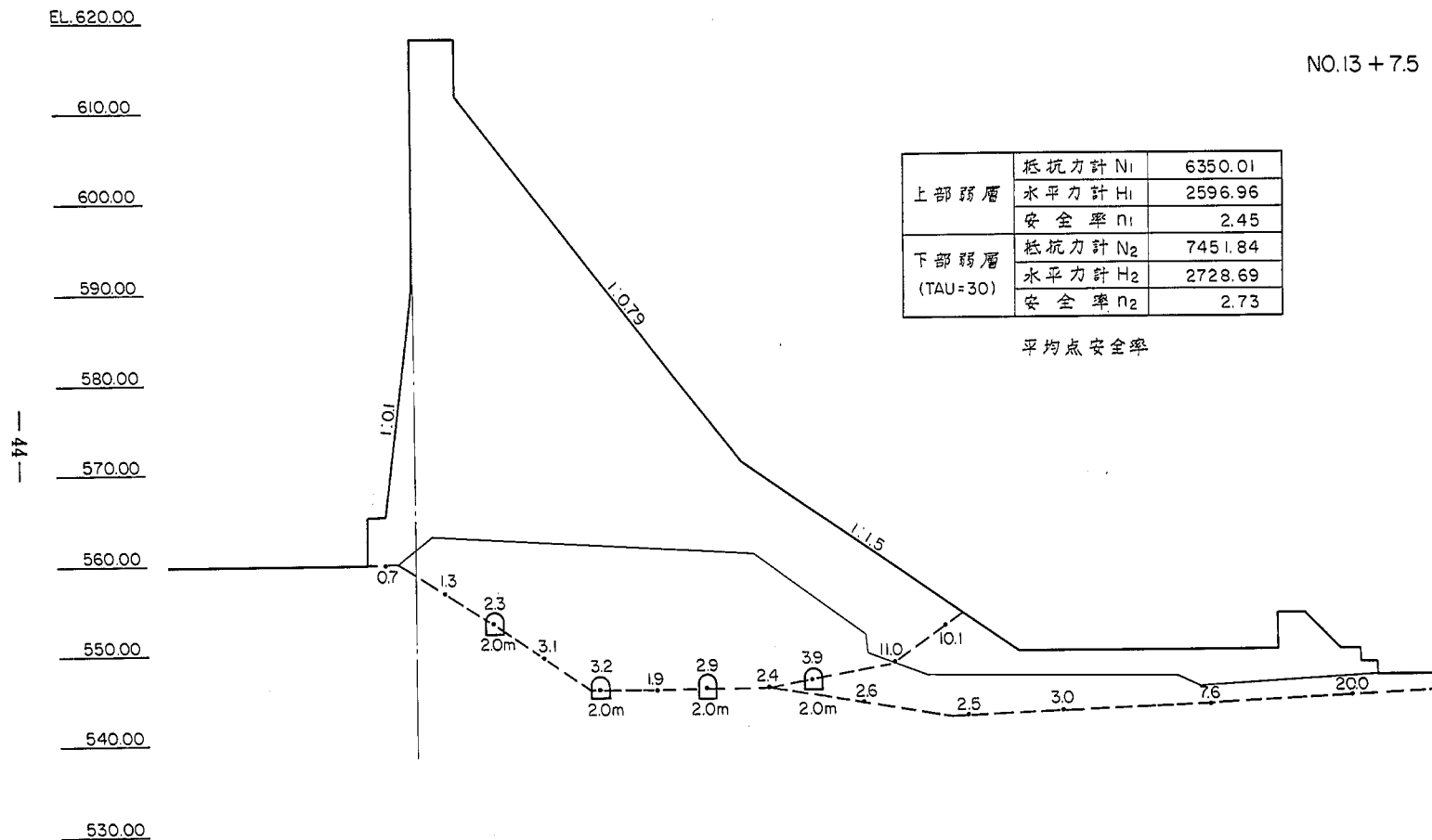


図-17-1 ケース5 点安全率

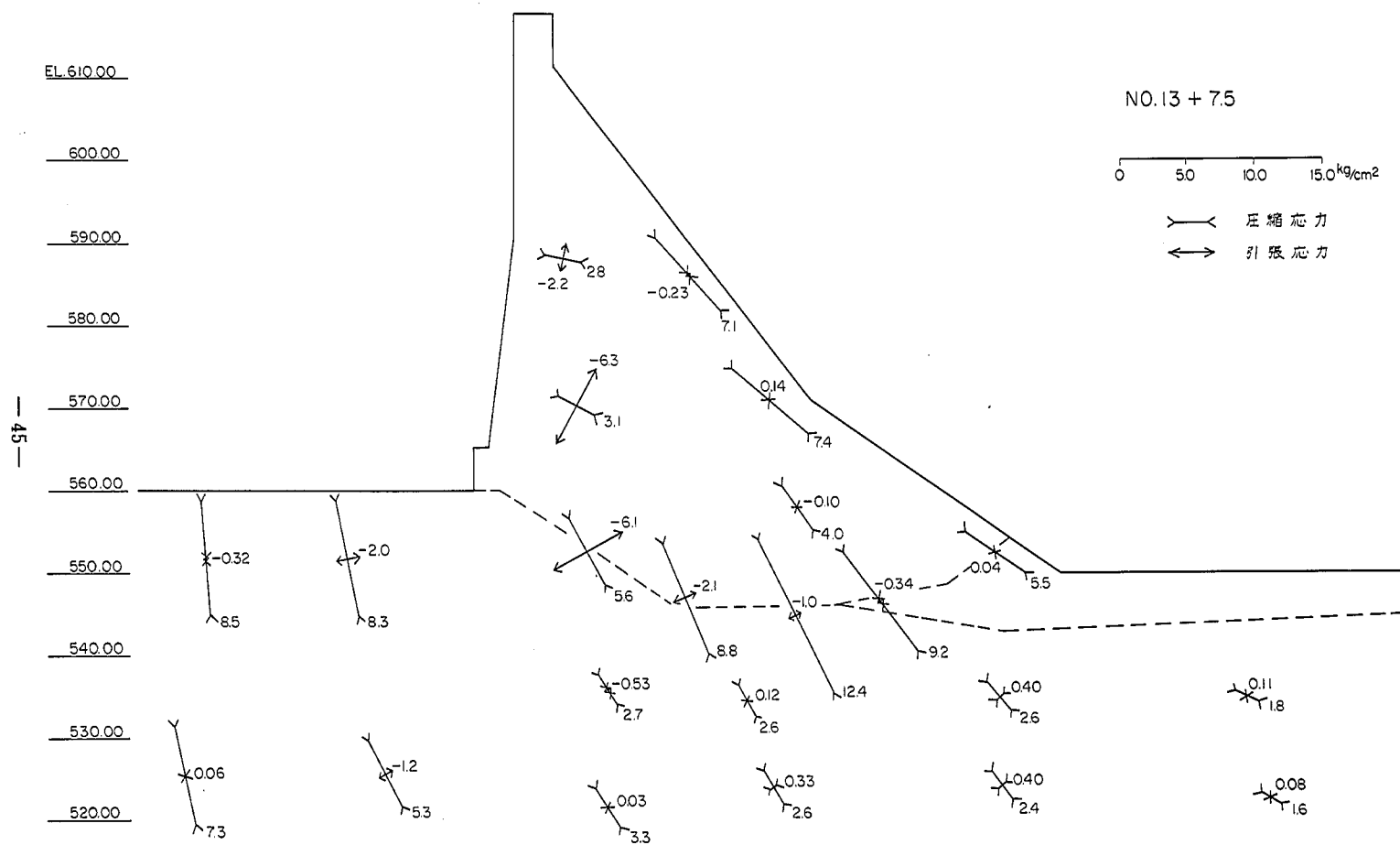


図-17-2 ケース6 主応力図

ケース 6 主応力図

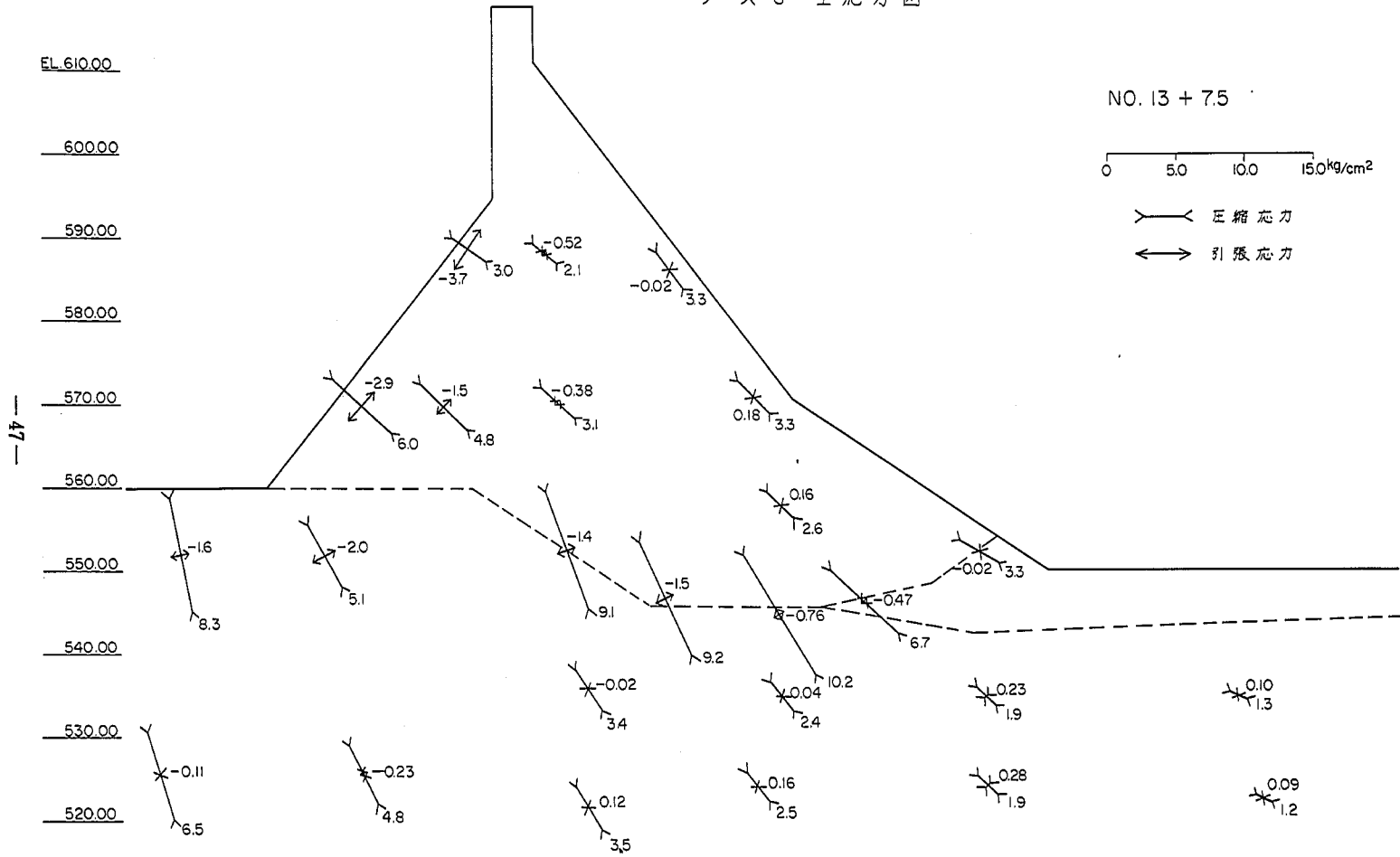


図-18-2 ケース 6 主応力図

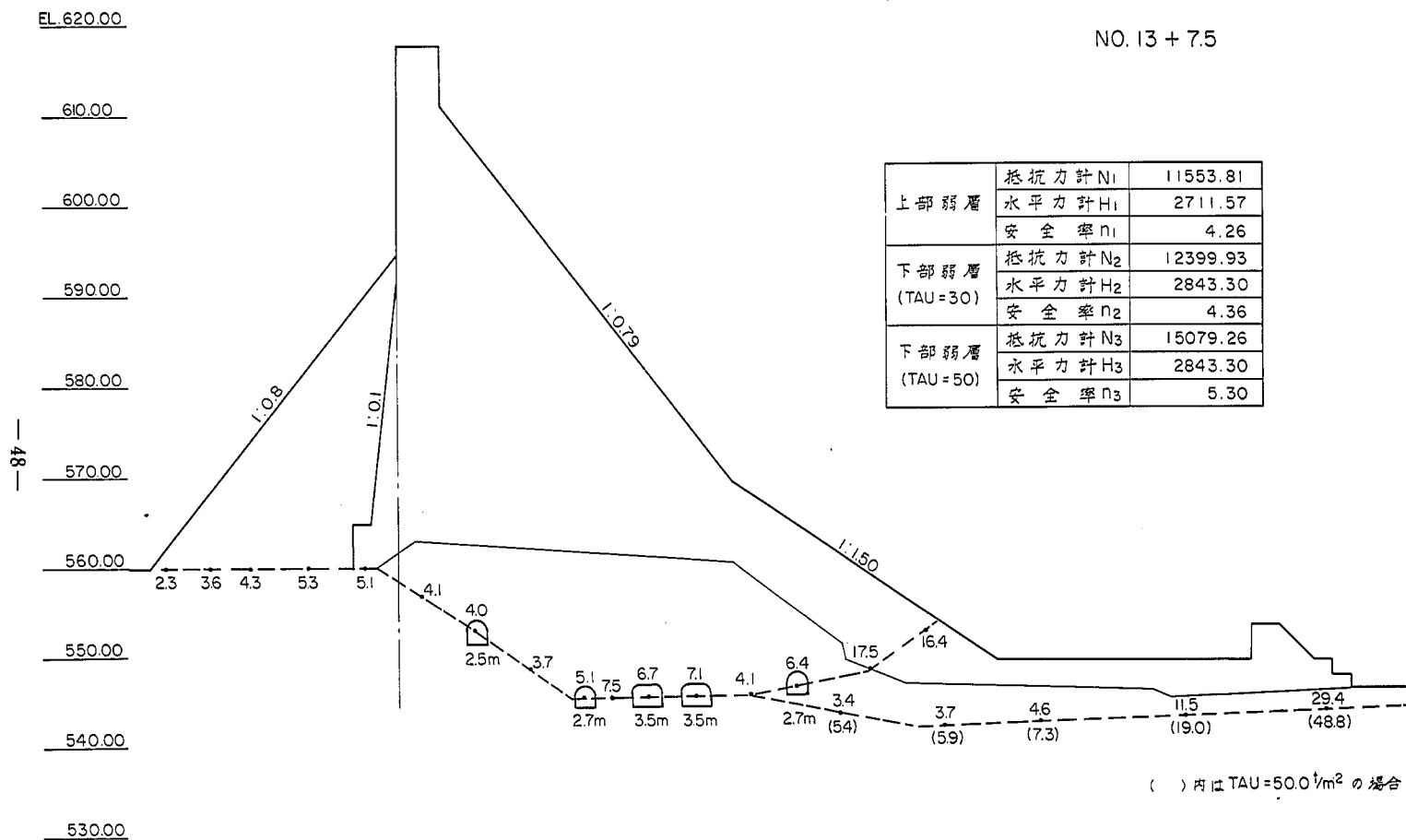


図-19-1 ケース7 (最終案)点安全率

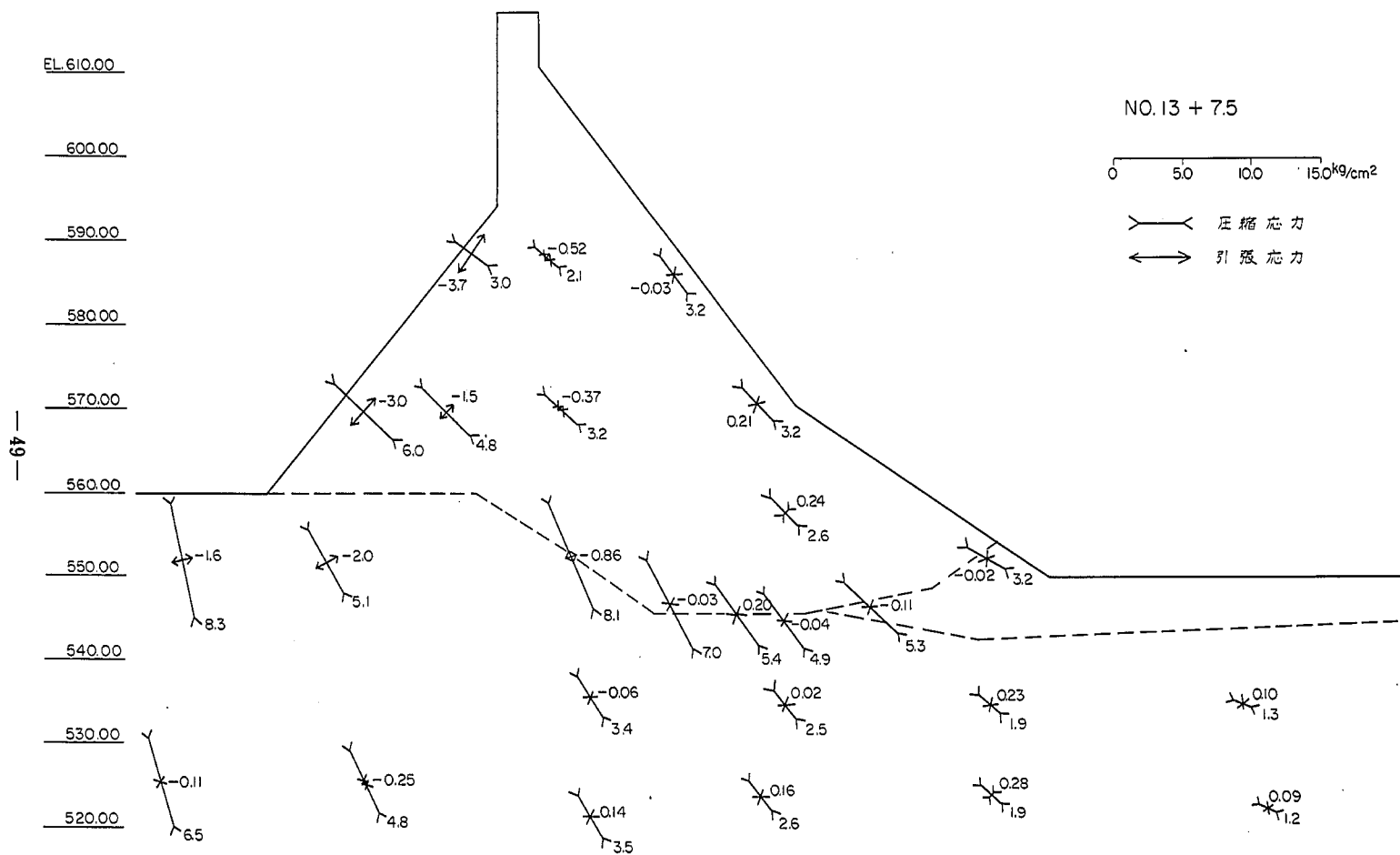


図-19-2 ケース7 (最終案)主応力図

610.00

600.00

590.00

580.00

570.00

560.00

550.00

		ケース 8	ケース 9
	ダウエル工	無	有
上部弱層	鉛直力計 N ₁	4775.60	6913.95
	水平力計 H ₁	1601.07	1601.07
	安全率 n ₁	2.98	4.32
下部弱層	鉛直力計 N ₂	8964.27	9879.30
	水平力計 H ₂	2046.99	2046.99
	安全率 n ₂	4.38	4.83

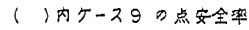


図-20-1 ケース8, 9点安全率

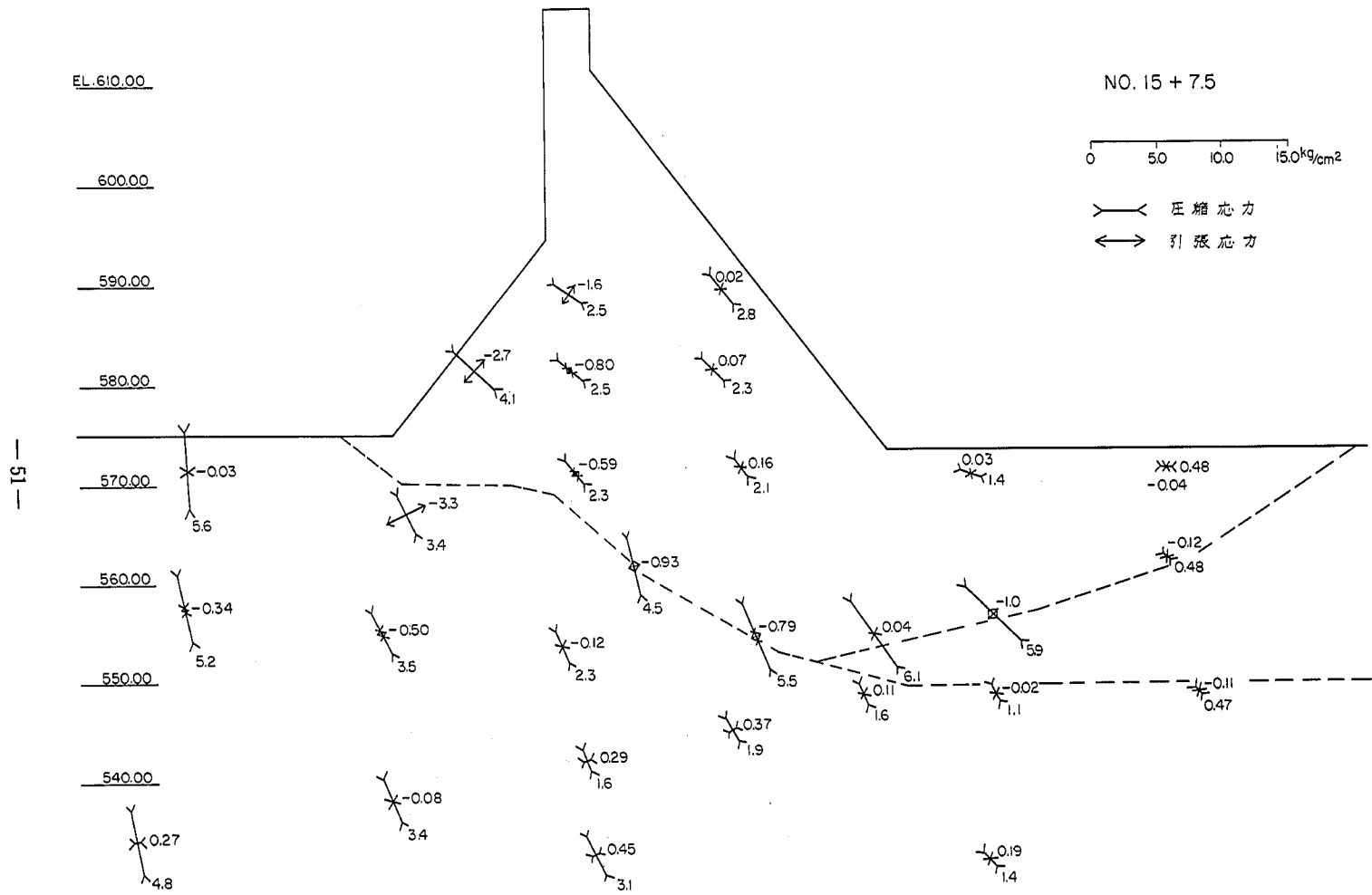


図-20-2 ケース9 主応力図

(iii) Na 1 6 + 7.5 m断面

この断面になると弱層も基礎岩盤のかなり深い位置になってくると、弱層の下流側が岩盤の表面に現われることがないこと、弱層の規模もかなり小さくなっていること等から、ダウエリングもこの断面止まりとし、上流側フィレットのみによる安定向上をはかることとしたものである。計算結果を図-21に示す。これによると弱層の下流側が岩盤深く入り込んでしまうため、Hennyの安全率は $N = 4.60$ もあるが、点安全率は、 $n = 1.8 \sim 1.9$ の点が弱層中央部を連ねている。しかしながら、この断面になると、弱層の規模もかなり小さくなり、物性としては計算値（剪断強度 $\tau_0 = 10 \text{ t/m}^2$ ）より大きくなっていることは確実で、実際は点安全率もこれ以上になることが十分考えられるため、これを最終としてダウエリングの施工止め断面としても差支えないと判断された。（ケース10）

(4) 対策工の最終設計案

Na 1 3 + 7.5 m, Na 1 5 + 7.5 m, Na 1 6 + 7.5 mの3断面について、剪断摩擦に対して安全度を解析した結果、この弱層に対する最終的な設計として次のものが良いことが結論された。

(i) Na 1 3 + 7.5 m断面（13, 14 Block）

上流部に幅27.60m、上流法勾配1:0.8のフィレットを設け更に弱層部に幅2.5m、2.7m、3.5m、2.7mの計5本のダウエリングを設ける。

(ii) Na 1 5 + 7.5 m断面（15, 16 Block）

上流部に幅約15.50m、上流法勾配1:0.8のフィレットを設け、更に弱層部に幅2.5mの4本のダウエリングを設ける。

(iii) Na 1 6 + 7.5 m断面（16 Block の右岸側半分）

上流部に幅約11.60m、上流法勾配1:0.8のフィレットを設ける。

なお、フィレットの施工にあたってはすでに打込んだダムコンクリートとの間に、貯水池水が入らないよう十分な止水、排水ができるよう細心の注意が必要である。またダウエリングの施工に際しては、周囲の岩盤をゆるめないことと、上載ダムの重量によって不等沈下を起させないように配慮しなければならない。

EL. 620.00

NO. 16+7.5

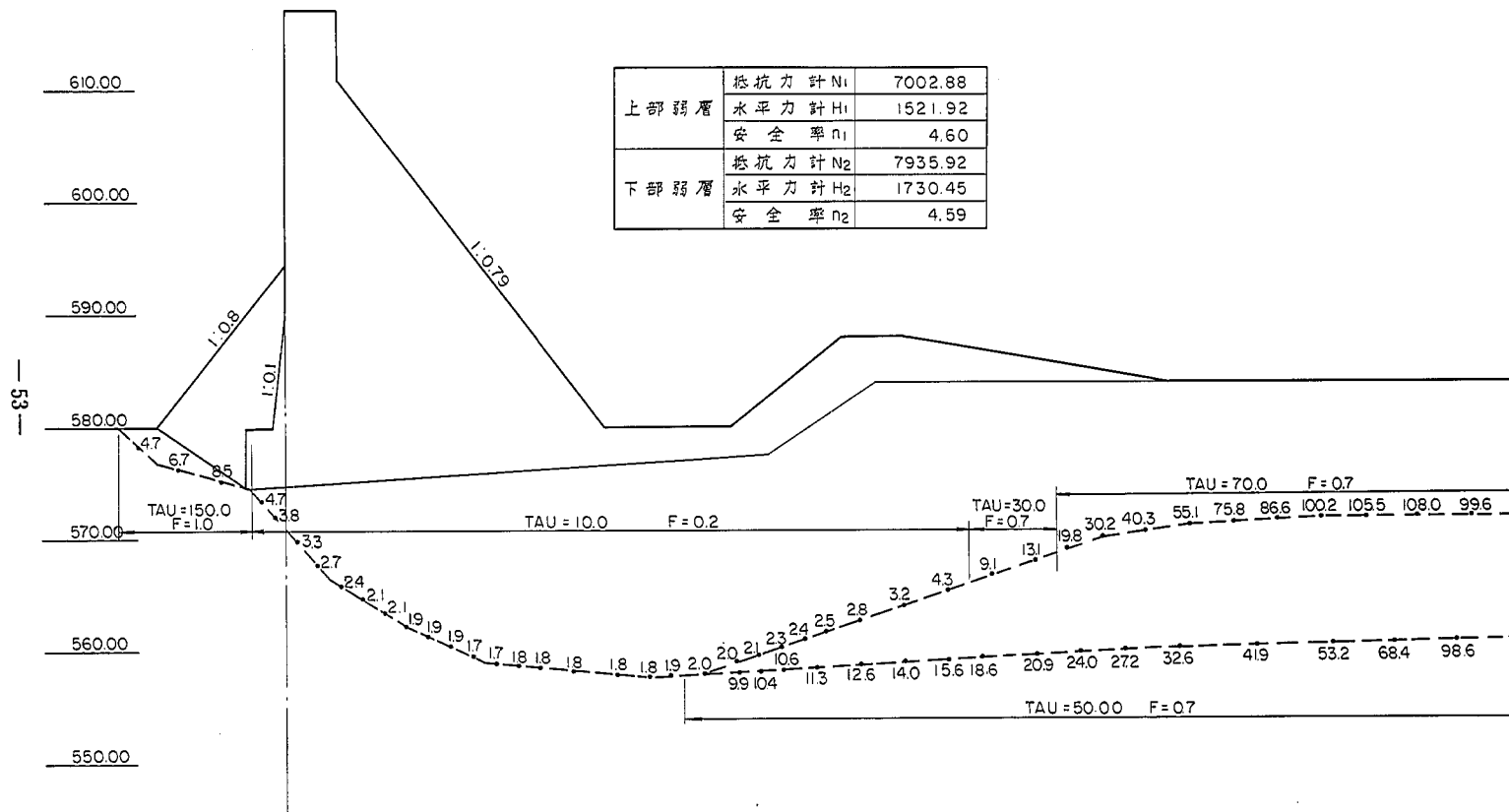


図-21-1 ケース10 安全率

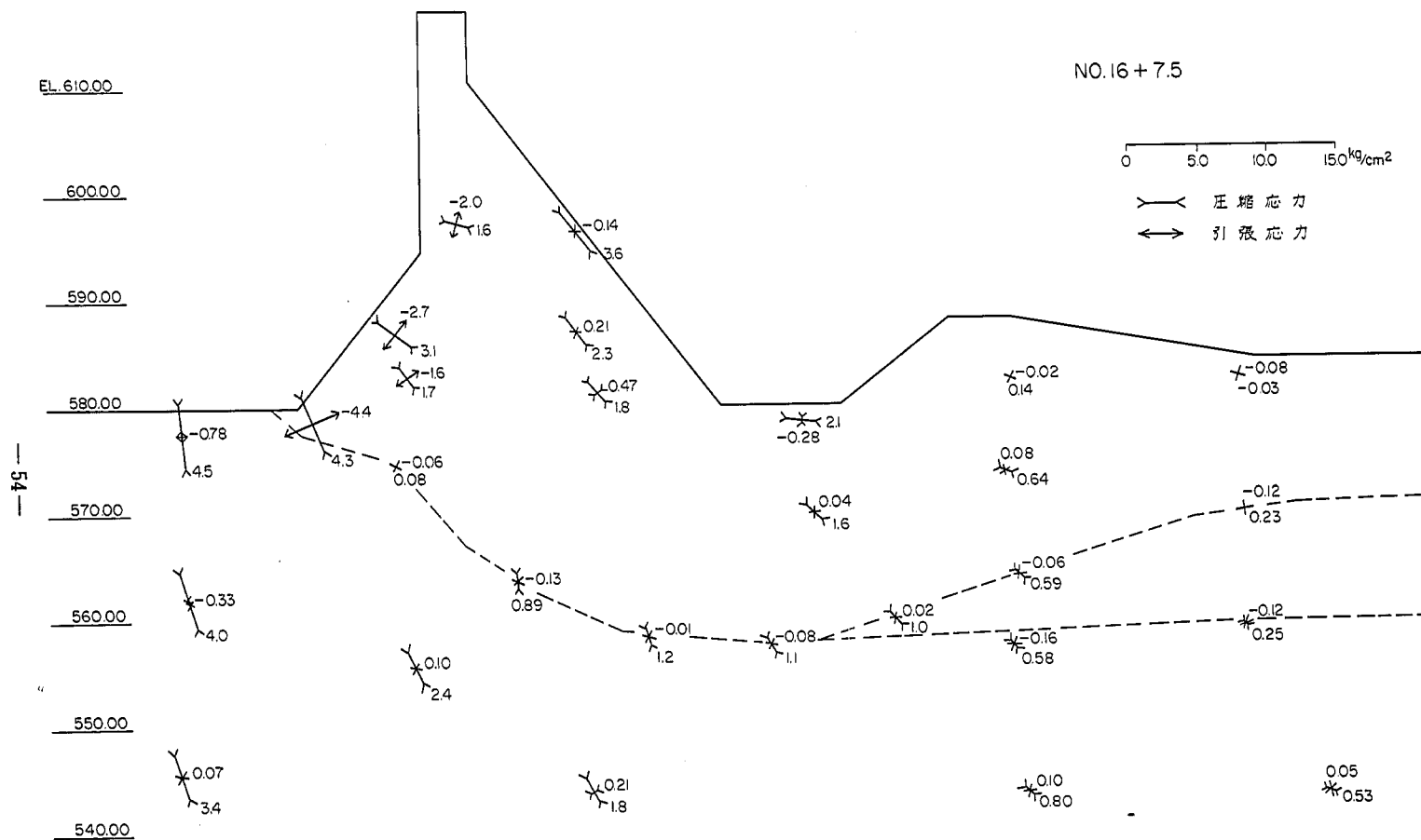


図-21-2 ケース10 主応力図

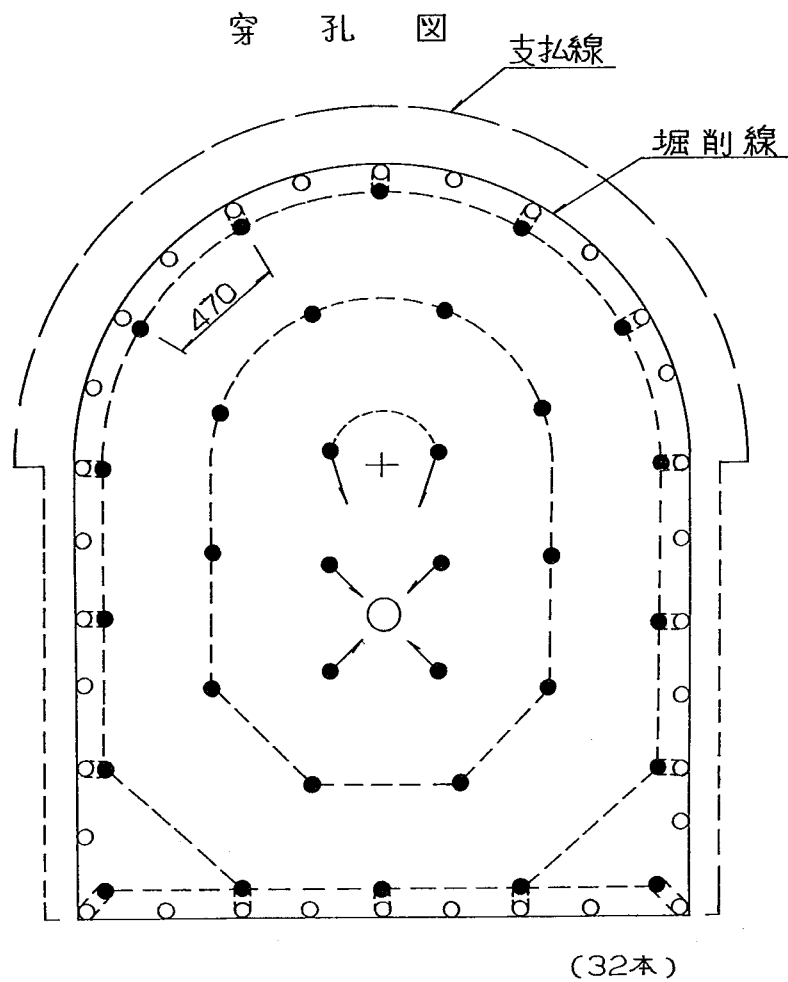
4. 処理工事の施工

弱層の処理方針が決定されたことにより、安全計算に用いられた条件に合致するべく、諸工事を行わなければならないがダム本体が既に数リフトコンクリート打設が行われている状況のもとでの基礎岩盤内の工事は、相当の困難を極めた。弱層の上盤及び下盤、良好な堅岩を傷めぬ様にダウリングの掘削をするため図-23に示すようなスムーズプラスティングがとられた。また弱層は、上下流方向及びダム軸方向にもかなり傾斜をもっているため、ダウエル坑と作業坑を完全にコンクリートで填充するには、周到な施工計画が必要であった。即ち、コンクリートは坑道の標高の低い方の1区間長さ5mづつ左岸側から打設し、順次右岸側に進められた。更に右岸側のコンクリート施工をやり易くするために、ダム本体の上流端に作業用堅坑が掘削された。コンクリート打設は、コンクリートポンプとプレスクリートを使用し、締固めは棒状バイブレーターを使用し、入念に施工された。さらに、完全を期するため、コンタクトグラウト用パイプ及び空気抜きパイプもコンクリート打設に先立って配管され、コンクリート打設後、岩盤と打設コンクリートの間隙が残らないようコンタクトグラウチングが行われた。横坑掘削時には周囲の岩盤を傷めぬ様、細心の留意がなされたが、図25-1のように、坑道内コンクリート閉塞部(1閉塞施工長さ5m)切羽からのグラウチングを始め、図25-2~8のように、ダム本体側からダウエル坑周辺の岩盤に向けて多数のコンソリデーショングラウチングが実施された。

次に、上流面にフィレットを新しく付ける工事は、既に立ち上っている本体コンクリート部と一体化なるようにしなければならないので、次のような方法がとられた。

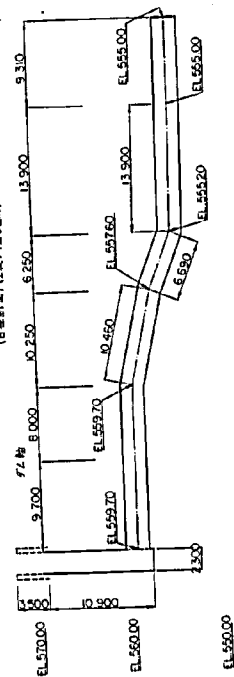
まず、既設コンクリート打継目のグラインダーによる清掃から始まり、フィレット部の打設が完了後の厳塞時のグラウチングが行われた。最も注意して施工されたものに、図-26に示されている止水工がある。これは、特にフィレット上部と本体側コンクリートとの取付水平部分、フィレット背面と本体コンクリート上流面の横継目部分、基礎岩盤付近のフィレットと本体側コンクリートとの取付水平部分、止水板とアイガスで完全な止水工をつくり、新しく打設されたフィレットの背面と既設本体コンクリート表面の間には水が絶対に侵入することのない様考慮されたものである。尚フィレットと、本体側コンクリートの継目に対する止水板の埋込みは、本体側の旧コンクリートを図-26のようにはつり、止水板を無収縮コンクリートで固定してからフィレットのコンクリートを打込むようにした。

以上の弱層対策工事は、昭和47年12月から始まり、昭和49年5月に完了された。

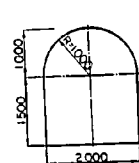


- 火薬填充穴
- 空 穴

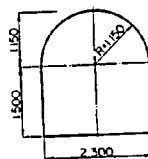
図-23 ダウエル工坑道



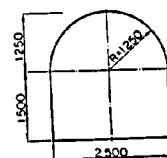
A 種断面



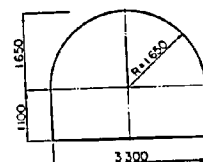
日裡断面



C 種断面



D 搜断面



作菜坑断面图 L=4515

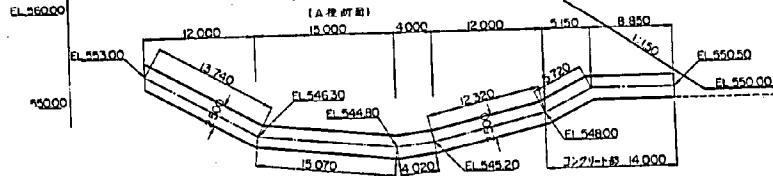


図-24 ダウエル施工図

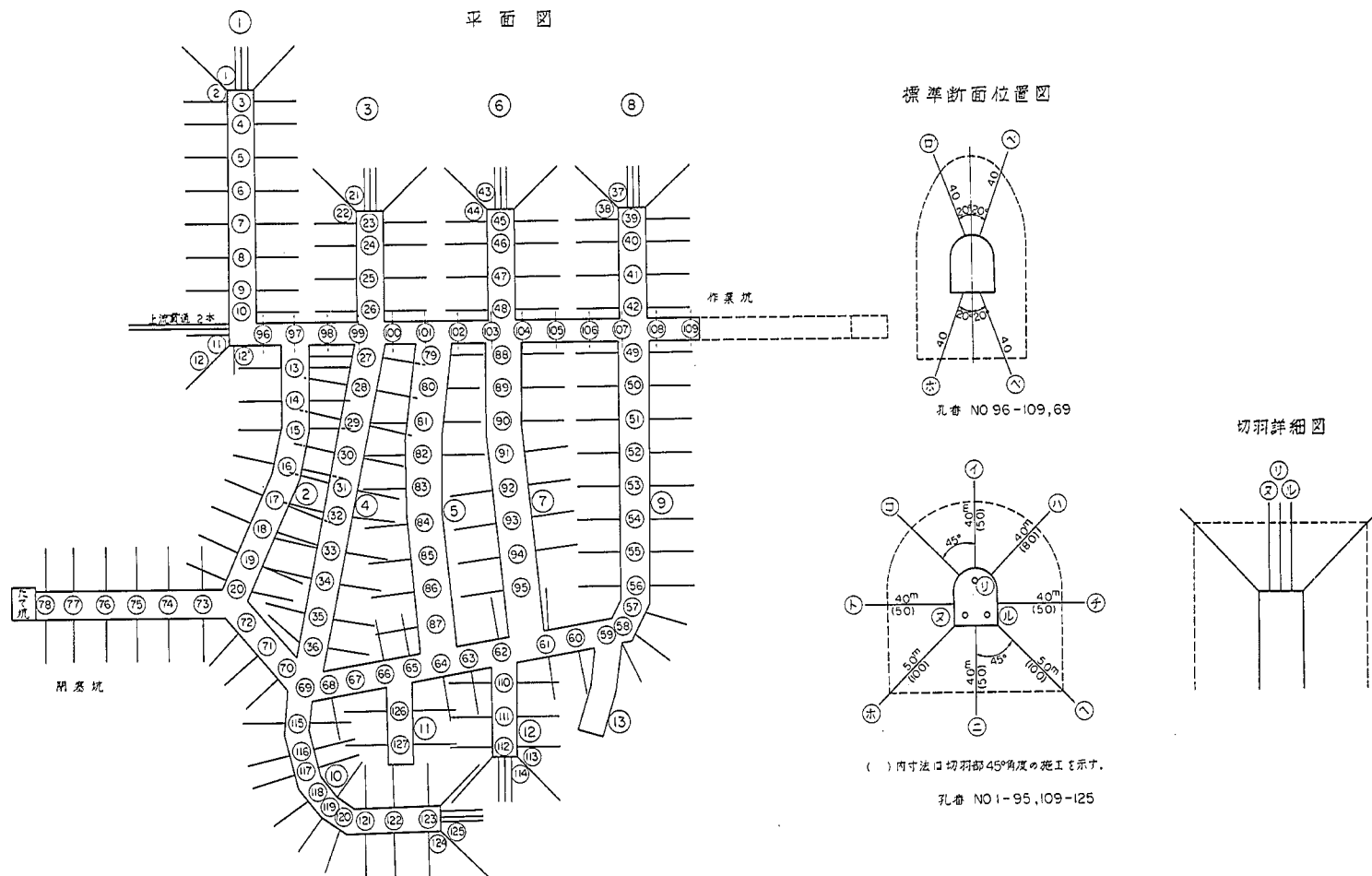


図-25-1 ダウエル周辺グラウチング施工図

図-25-2 J-13+7.5 ダウエルグラウト横断図

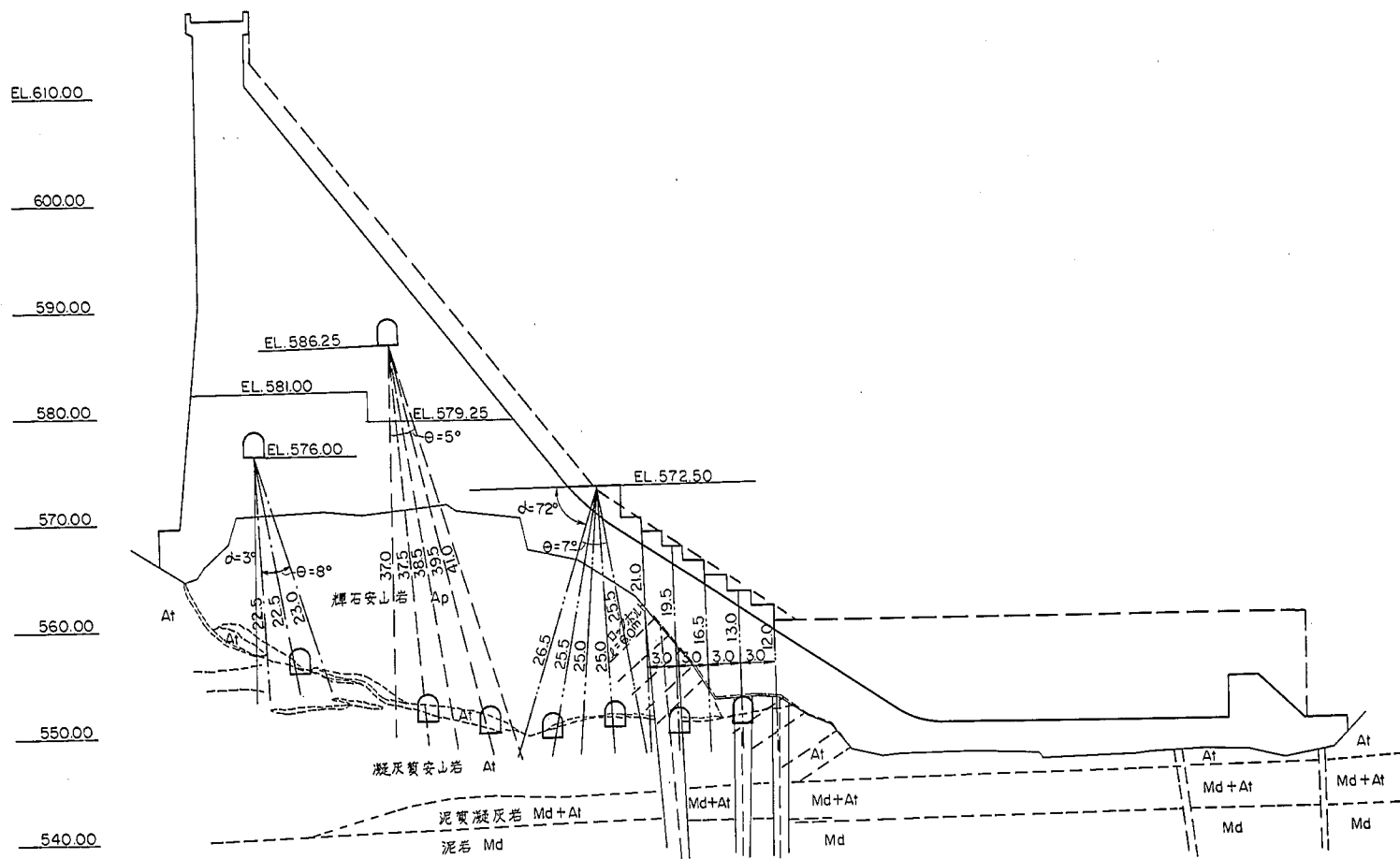


図-25-3 J-14+7.5 ダウェルグラウト横断図

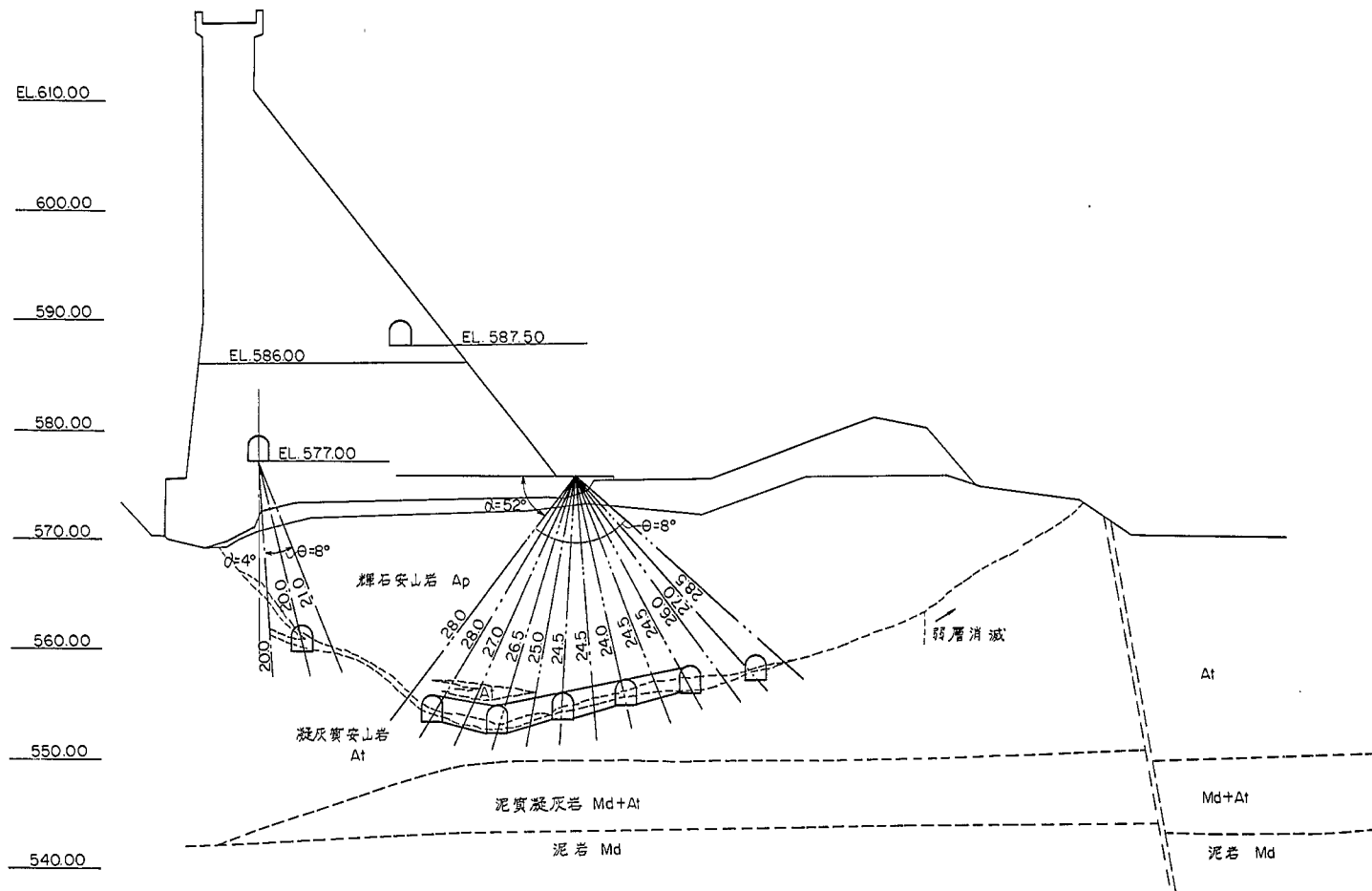


図-25-4 J-15+7.5 ダウエルグラウト横断図

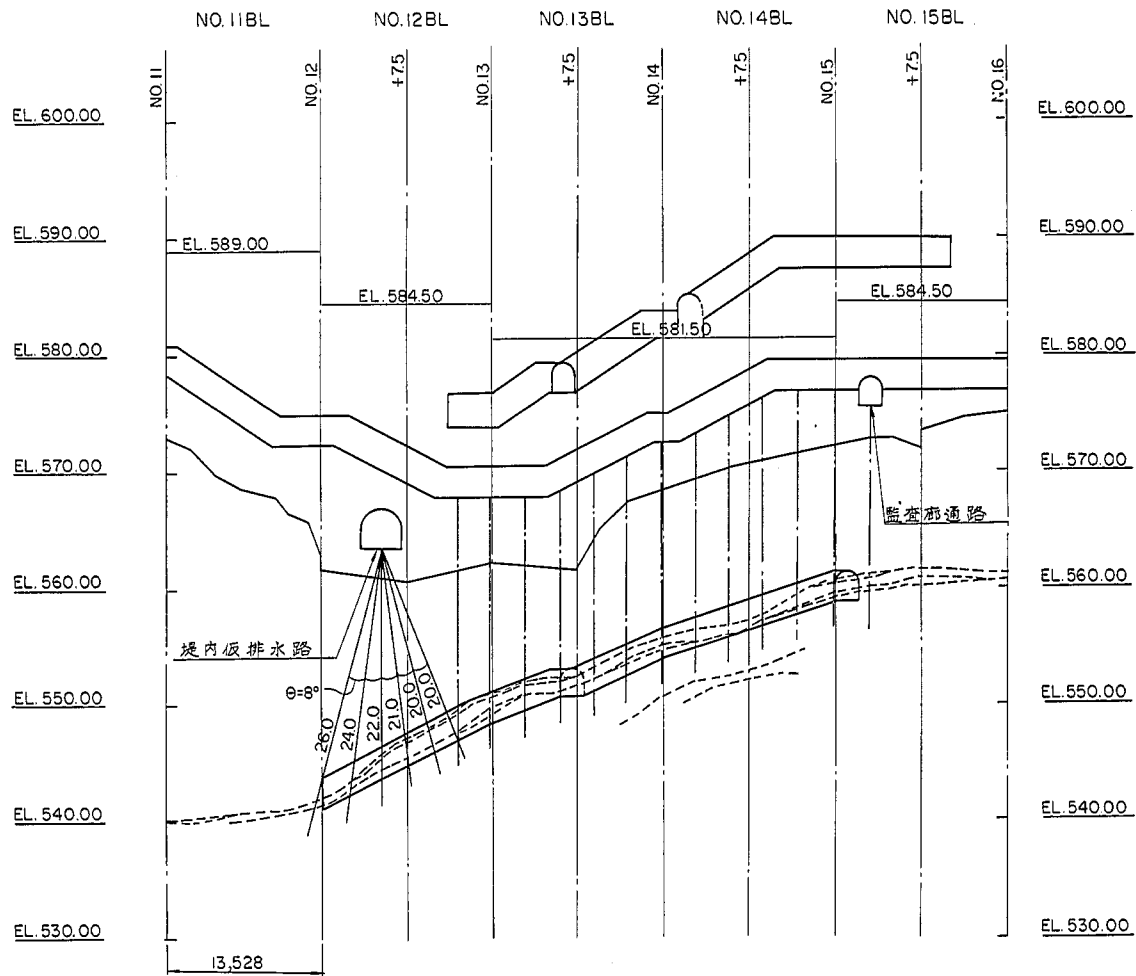


図-25-5 ダウエル(ダム軸+9.0 m)縦断図及びグラウト図

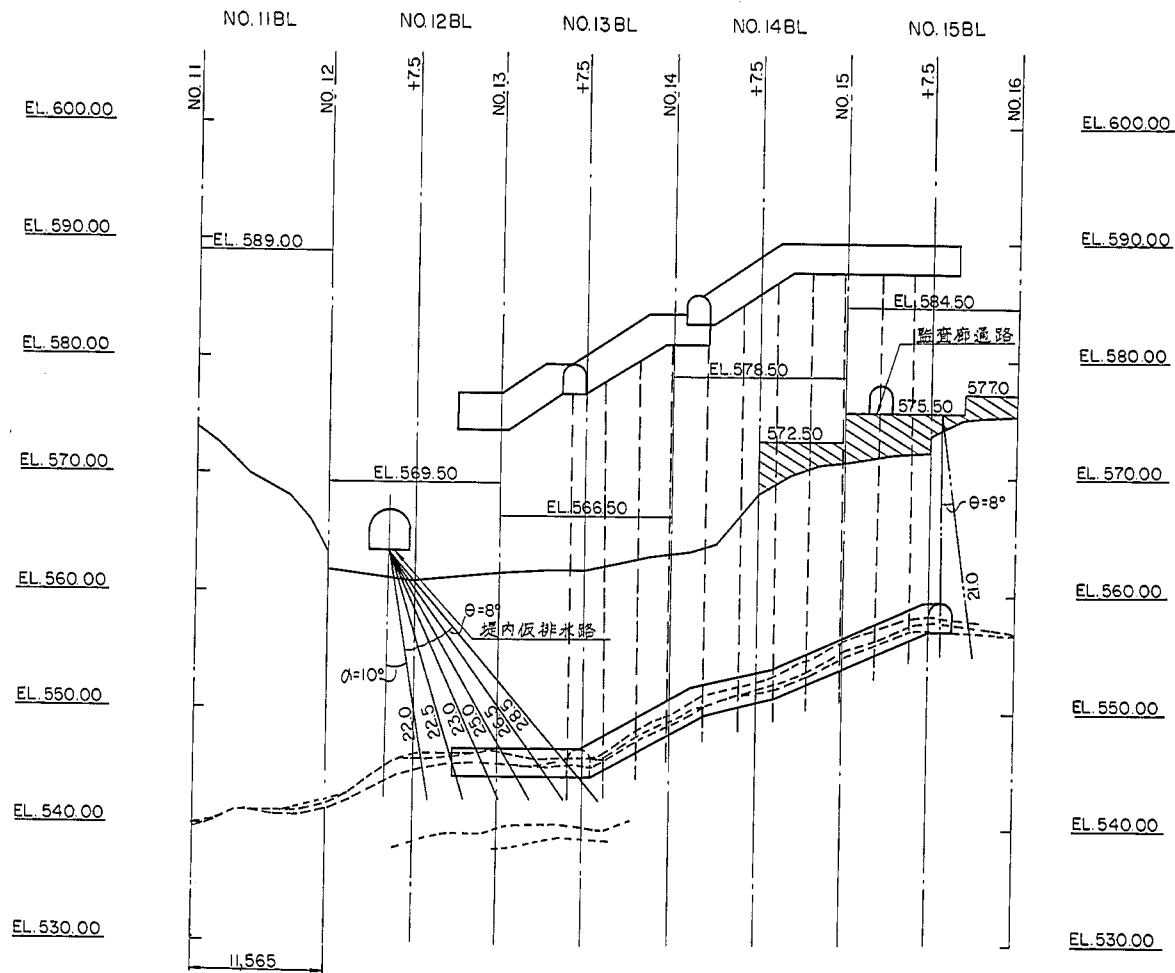


図-25-6 ダウエル(ダム軸+21m)縦断面図及びグラウト図

図-25-7 ダウエル(ダム軸+33.0m)縦断図及びグラウト図

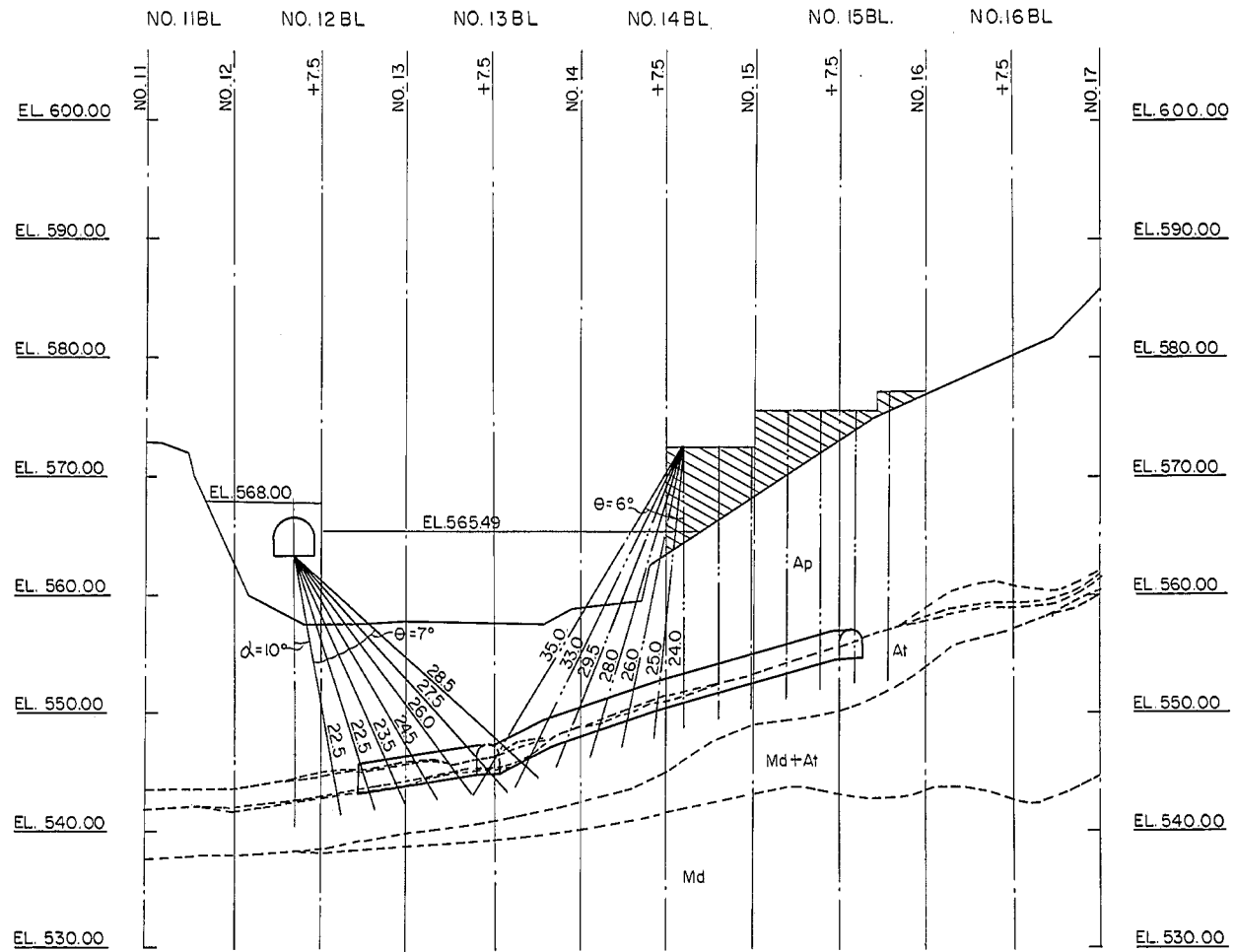


図-25-8 ダウエル (ダム軸 + 4.5 m) 縦断図及びグラウト図

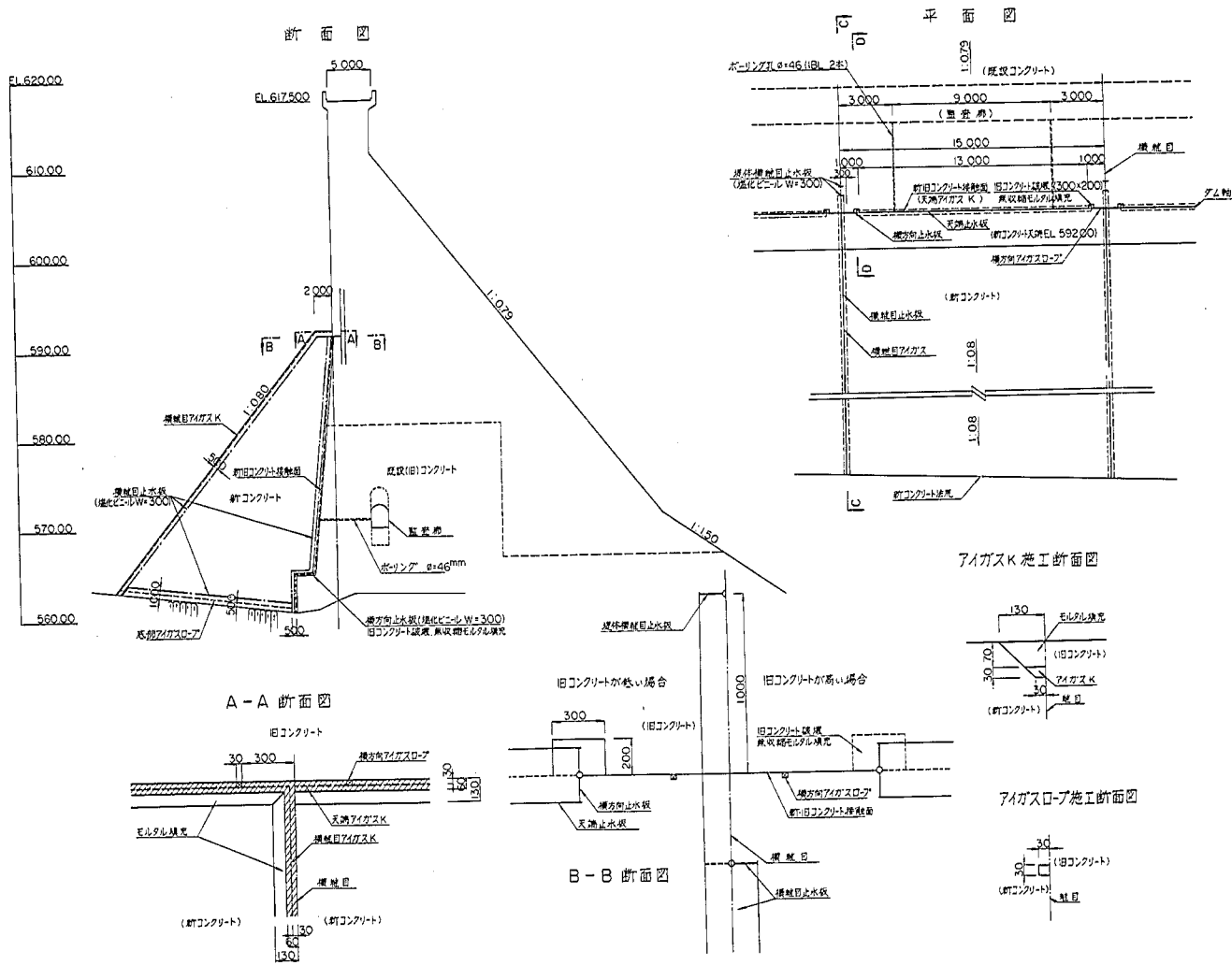
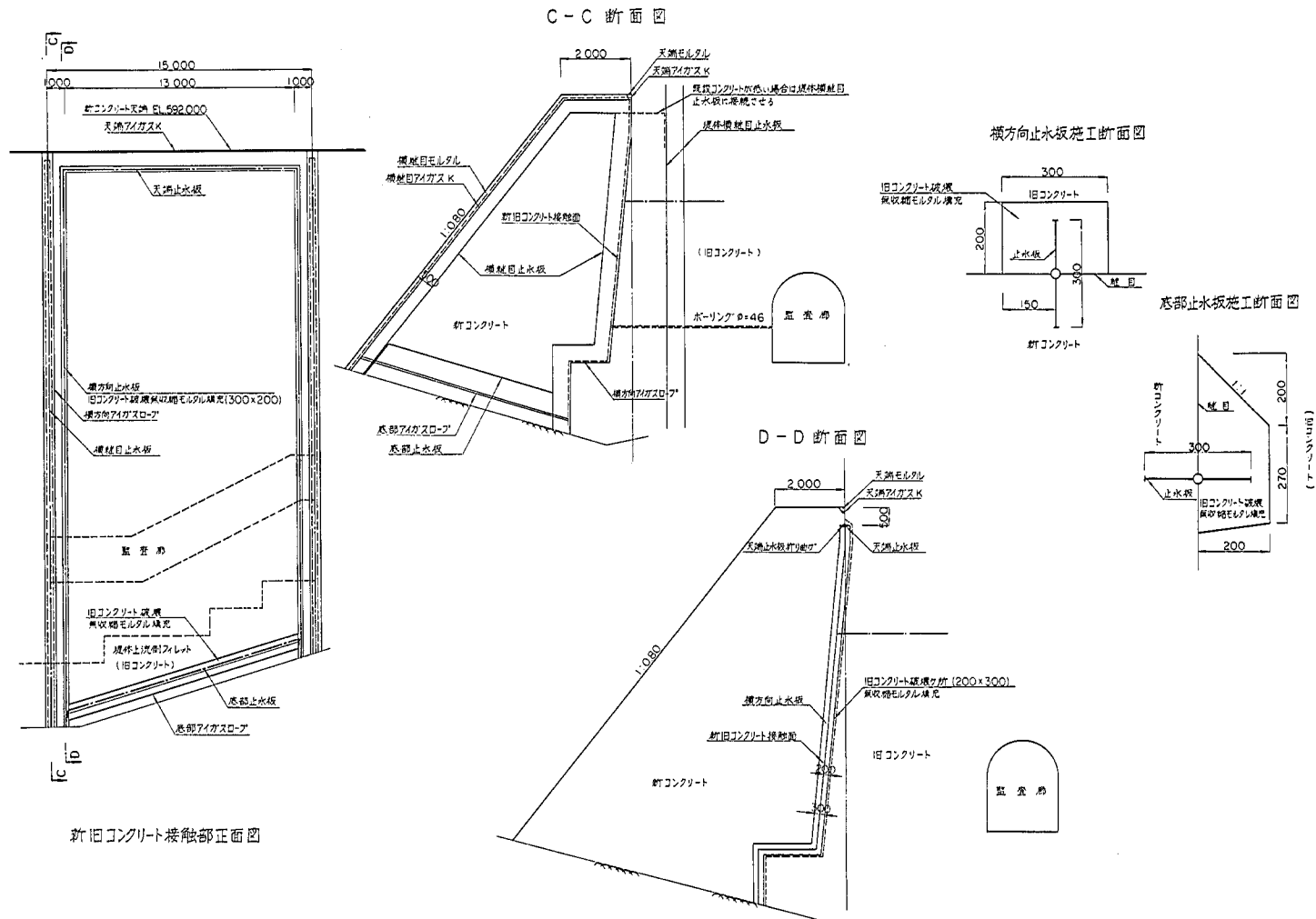


図-26-1 上流側止水工設計図



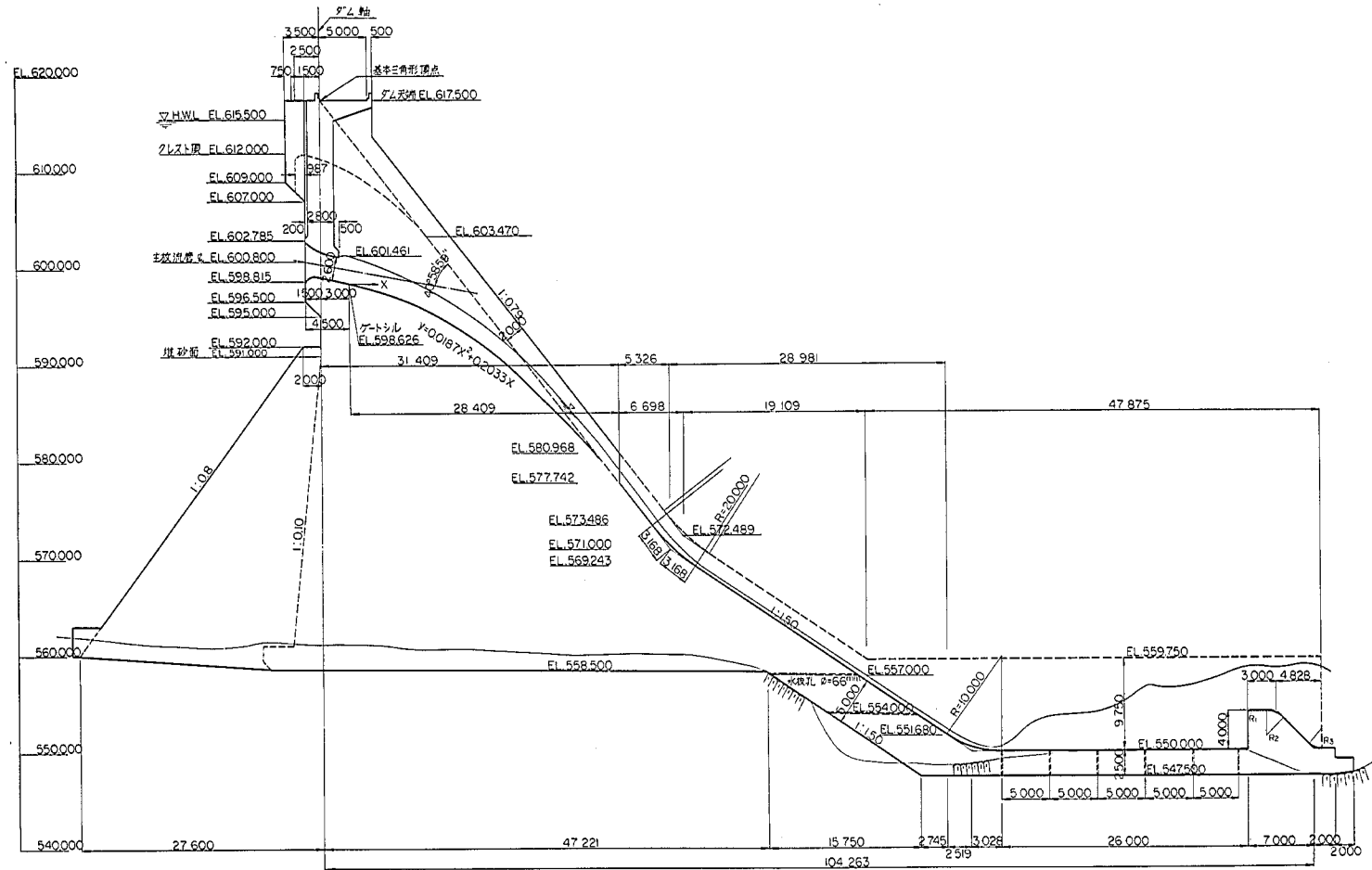


図-27 越流部標準図

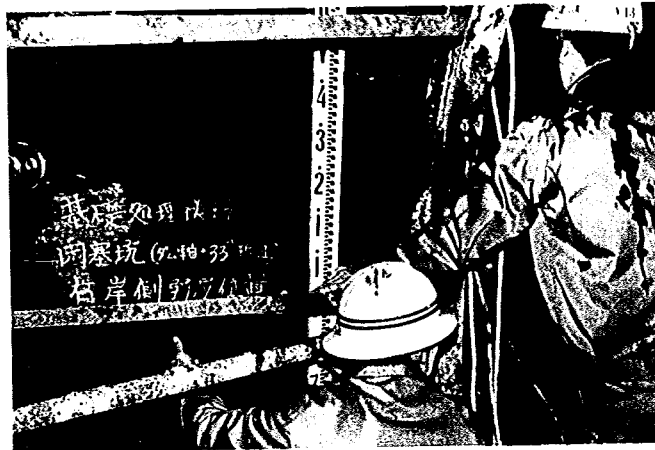


写真-4

弱層処理工事
青ペンキの間が弱層

写真-5



弱層処理工事
巻立部コンタクトグラウト
用配管が見える。

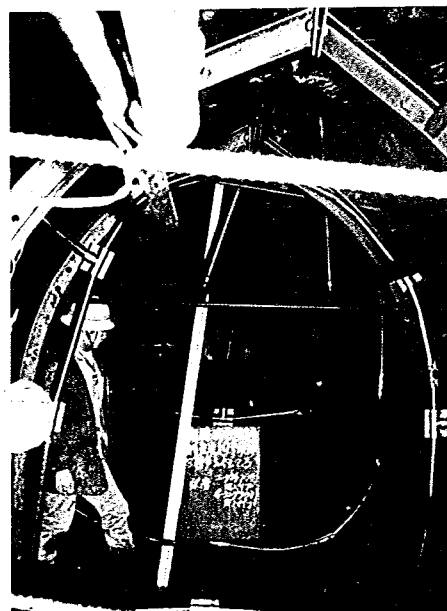
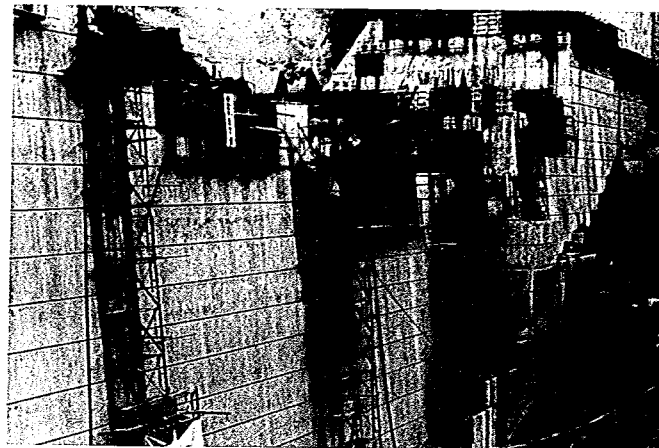


写真-6

弱層処理工事
切羽にグラウト用配管及び
壁面にコンタクト用配管が
見える。

写真-7



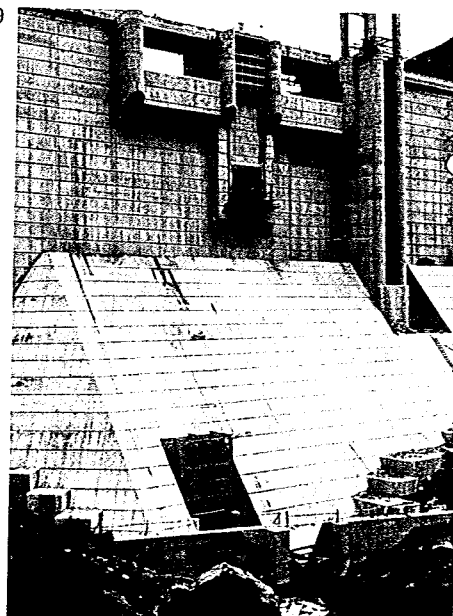
フィレット取付部全景



写真-8

フィレット取付部
止水工用既設コンクリートの
のはつり

写真-9



上流フィレットの完成

5. 湛水後のダムの挙動

昭和50年10月に湛水を開始して以来の漏水量、たわみについての観測値が図-28のように貯水位と対比して示されている。漏水量は、堤体の横継目ドレーン分と基礎岩盤のドレーン孔を合計したものであり、たわみは13ブロックの基礎岩盤下約40mの深さをもつリバースペンジュラムである。

昭和51年1月20日頃に貯水位は満水位(EL. 612m)に達している。この時点までに漏水量も徐々に増え、同年3月の初旬には最高92ℓ/minが記録されたが、これは右岸側ジョイント16の横継目ドレーン1孔からの約60ℓ/minが大きかったもので、その後51年6月この部分の修理を行ったので、それ以降は、減少し、その後は貯水位EL. 600m前後の所で総量20ℓ/min前後でキープされている。季節的に貯水位の対応できる測定値を拾ってみると

年 月 日	貯 水 位	漏 水 量	
52. 2. 20	EL. 599.40 m	14 ℓ/min	> 冬期
53. 2. 20	" m	15 ℓ/min	
51. 11. 10	EL. 600.00 m	12 ℓ/min	> 秋期
52. 11. 10	EL. 599.40 m	10 ℓ/min	

であり、季節的には若干継目の開きなどにも対応しているものと判断されるが、貯水位とは大きな関係はないようである。事実、堤体監査廊に入って観察した結果(S. 53. 6)、基礎岩盤の排水孔からの漏水量は著しく少なく、漏水の大半は継目などの堤体からのもので、それも両岩の高位標高の8, 9, 10ブロック及び17, 18ブロックからのものが大半であった。

たわみはリバースペンジュラムによるものであり、ダム基礎盤下40m間の上下流方向水平変位を測定していることになるが、昭和51年1月末の満水位(EL. 612m)までは徐々に変位量が増加し、1.1mmに達した。この満水位状態は51年5月まで続けられているが、この1.1mmの値は変化しなかった。その後の季節的に貯水位と対応できる測定値を拾ってみると、

年 月 日	貯 水 位	変 位 量
52. 2. 20	EL. 599.40	0.7 mm
53. 2. 20	599.50	
51. 11. 10	EL. 600.00	0.5 mm
52. 11. 10	599.40	0.7 mm

となり、季節的な変化の傾向は認められない。

次に貯水位の変化に対して同様に对应できる数値を拾ってみると、

年 月 日	貯 水 位	変 位 量
51. 1. 20	612.00	1.0 mm
52. 1. 20	599.40	0.6 mm
53. 1. 20	599.40	0.8 mm

これらの間にも関係があるとは認められない。このリバースベンジュラムの測定については、途中で測定器のトラブルが生じたり、測定者の交替などがあったために、その測定方法の影響もあると考えられるが、その後の観測データ（S. 53. 4～6）によると、値は小さいが、貯水位と対応している傾向があるようにも思われる。

このように、漏水量も少なく変化してないし、ダム基礎の変位も落ち着いているので、ダムの安全は十分に確認された。

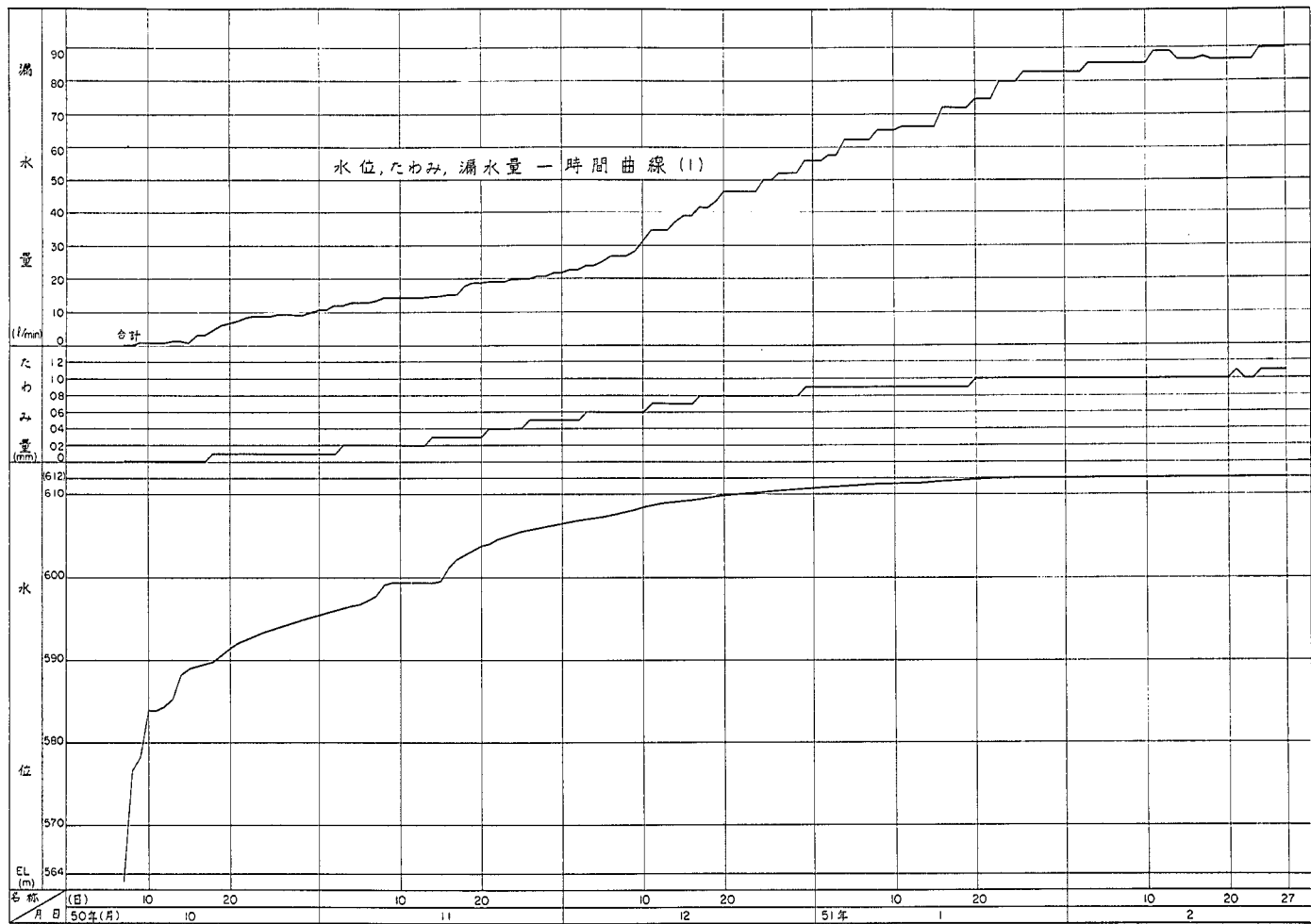


図-28-1 水位, たわみ, 漏水量 — 時間曲線(1)

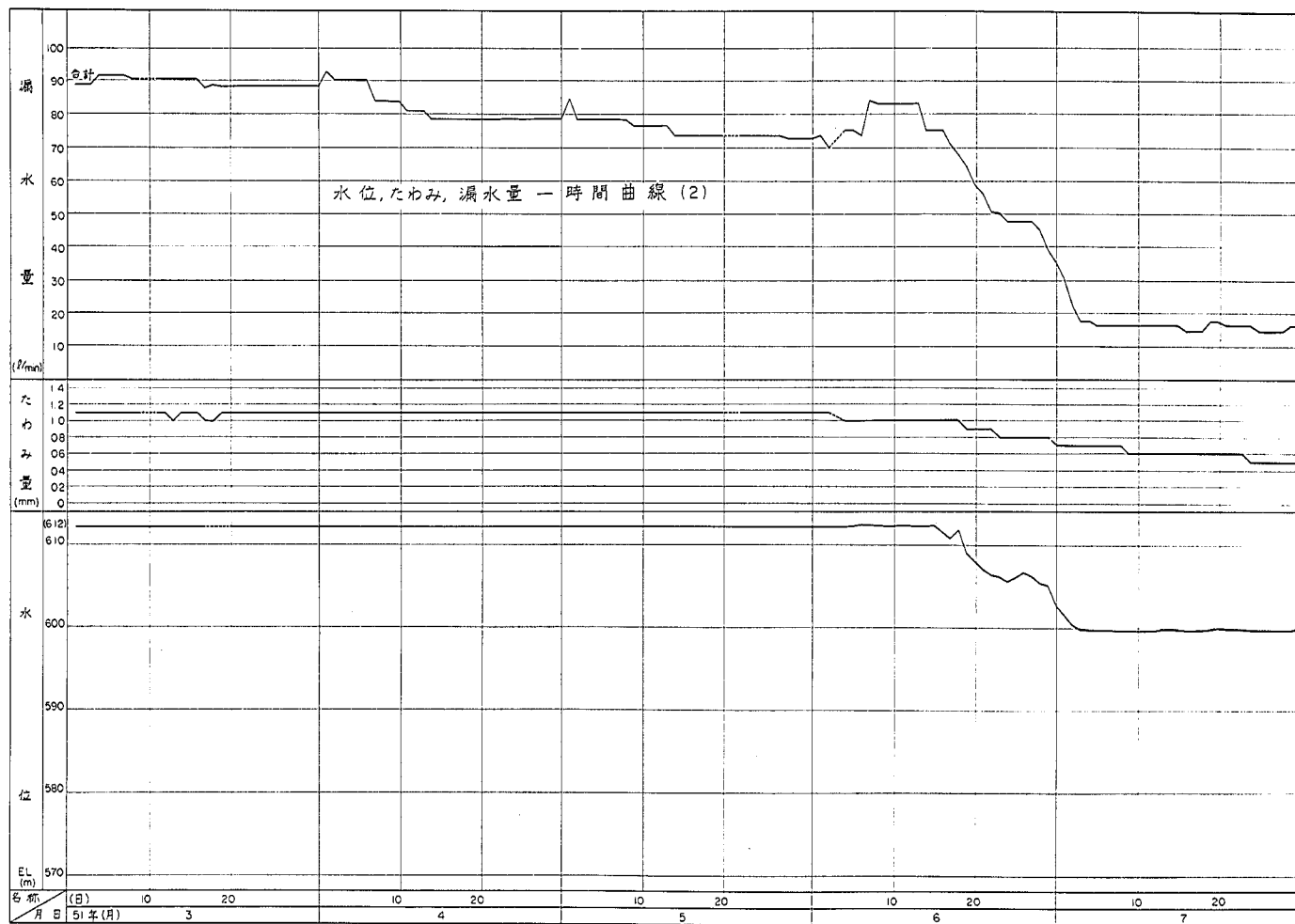


図-28-2 水位, たわみ, 漏水量 - 時間曲線(2)

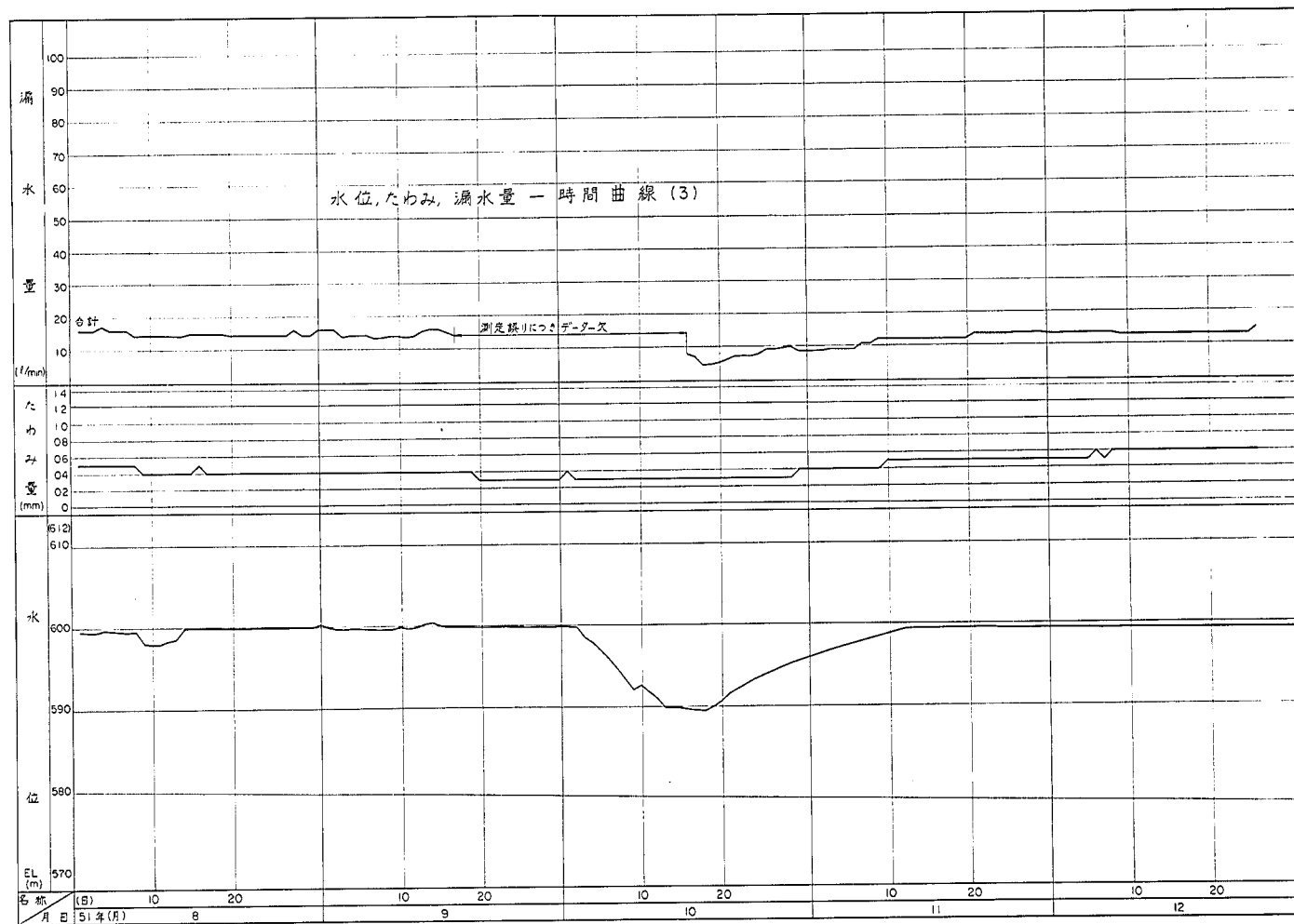


図 - 28 - 3 水位, たわみ, 漏水量 一 時間曲線(3)

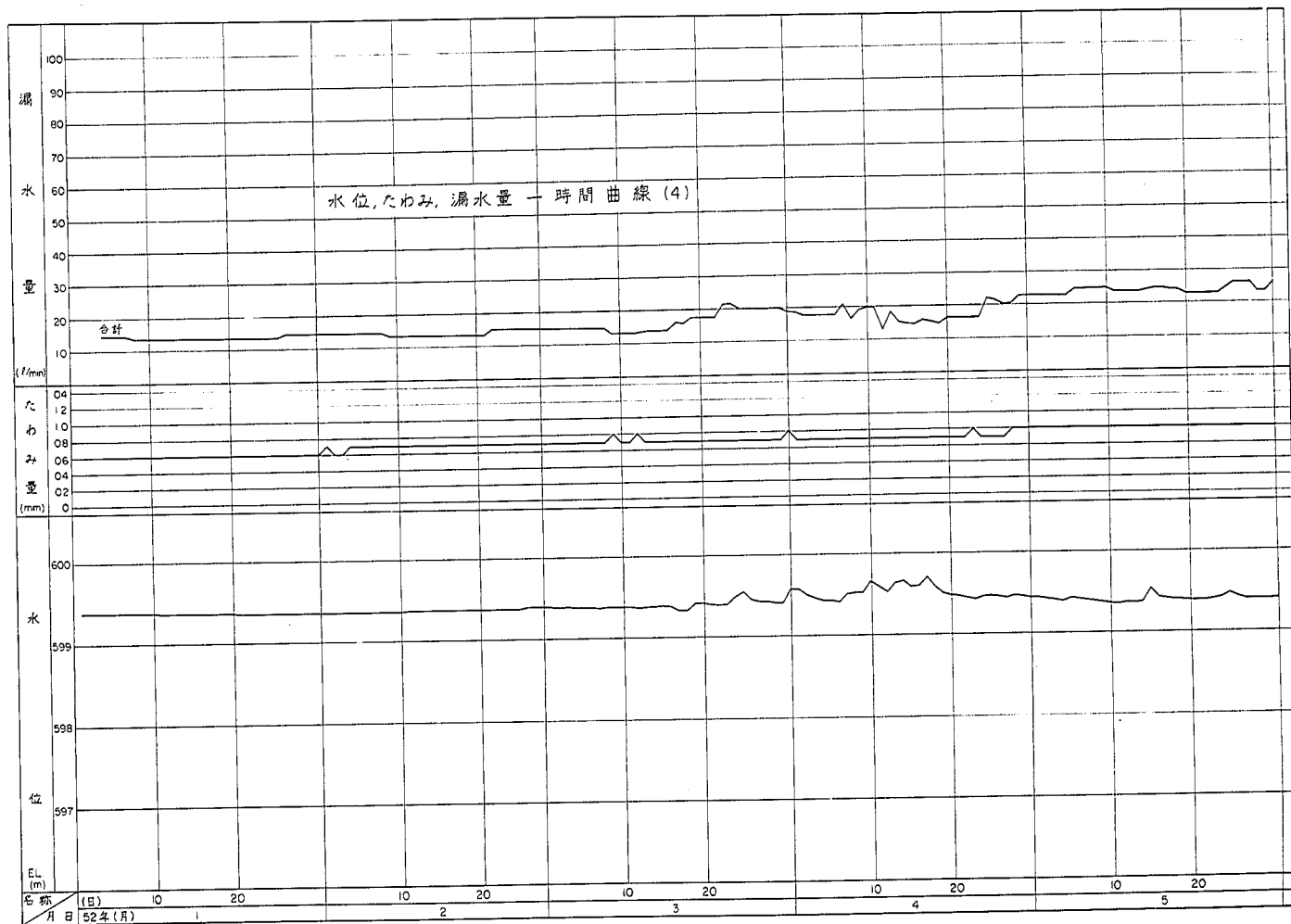


図-28-4 水位, たわみ, 漏水量 一 時間曲線(4)

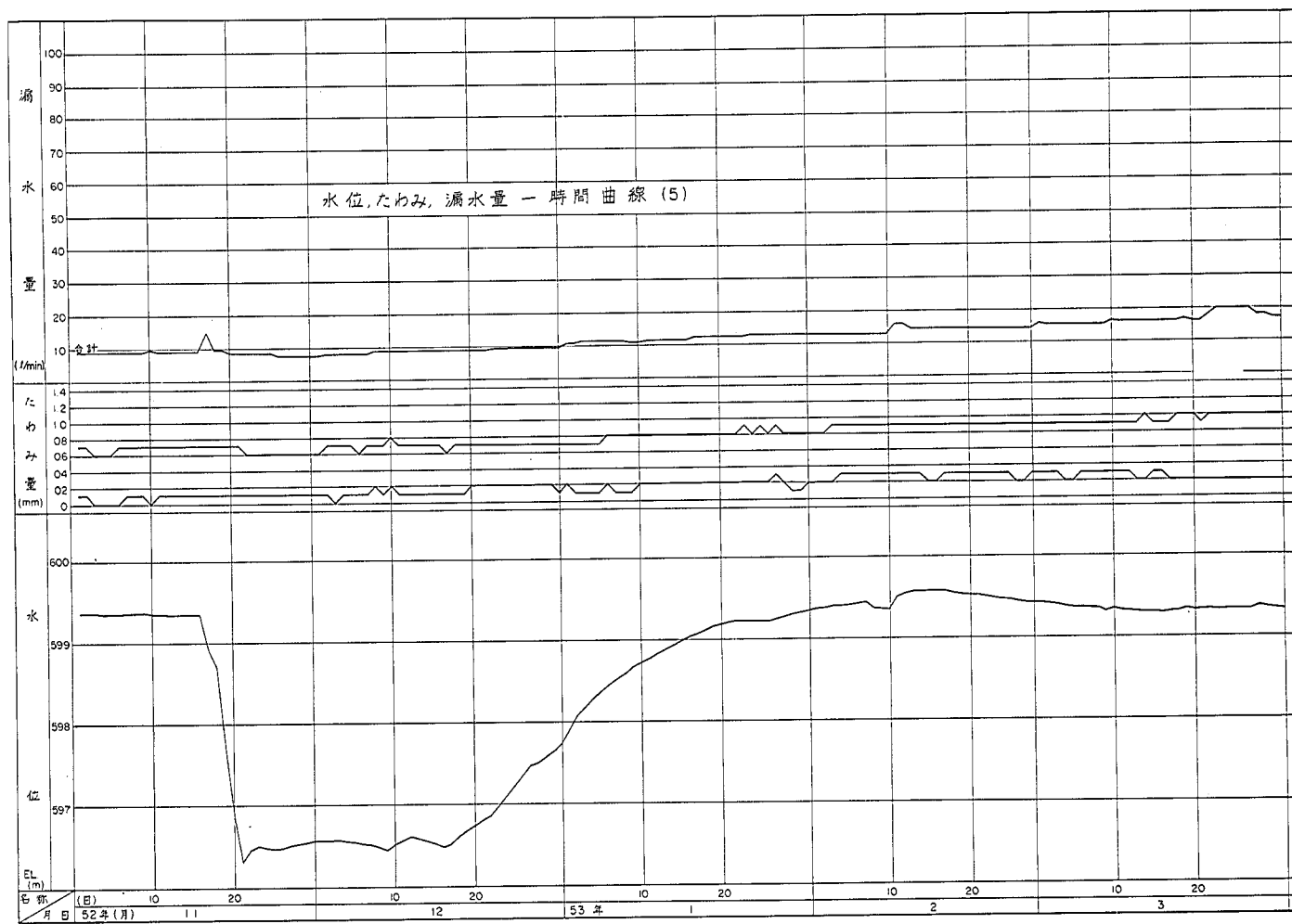


図-28-5 水位, たわみ, 漏水量 一 時間曲線(5)