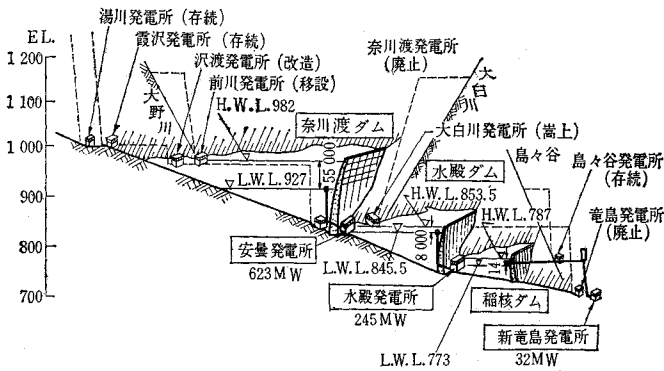


図-2 計画地点断面略図



開発するもので、揚水式を付加して合計出力 90 万 kW の計画を策定している。

計画の諸元を表-1 に、地点の配置を図-1,2 に示し、発電所使用開始の予定を表-2 に示す。

3. 工事用資材とその輸送

(1) 所要資材

主要工事用資材は表-3 のとおりである。

表-3 主要工事用資材および労務者 (3 地点合計)

項目	単位	数量
バラセメント	千 t	256
袋詰めセメント	〃	74
フライアッシュ	〃	74
小計	〃	404
木材	〃	15
火薬	〃	1
鋼材	〃	20
機器類	〃	23
工事用機械	〃	11
ゲート・鉄管	〃	9
その他	〃	22
小計	〃	101
計	〃	505
骨材	〃	3 000
労務者延べ人数	人	5 000 000

(2) 資材輸送

資材のうち、骨材を除く大部分は、各出荷地から赤松資材集積場 (松本電鉄新島々駅付近) まで、国鉄中央東線、および松本電鉄上高地線を経由して鉄道輸送を行ない、集積場から各現場へは国道福井~松本線 (158 号線) を道路輸送することとした。このために赤松資材集積場を新設したほか、松電上高地線の増強、国道の拡幅改修を行ない、中央東線の輸送力増強工事のくり上げ実施を国鉄に依頼した。

骨材輸送は索道によることとし、梓川下流部花見地区に設置した骨材プラントから奈川渡地点まで全長 13.3 km に、索道 3 線 (輸送能力 100 t/h×3) を架設した。

4. 奈川渡ダムおよび安曇発電所

(1) 構造物の設計

諸元を表-4、概要図を図-3 に示す。

ダム設計に当っては、事前にダムサイトの地質確認のために、延長 8 300 m の調査横坑および 11 000 m の調査ボーリング、さらに、ジャッキアスト、弾性波試験等を行ない、これらの結果に基づいてアーチダムの設計を行ない、ついで 6 回のモデルテストによって設計の確認、ならびに応力状況の把握を行なった (詳細は別の機会に発表の予定)。

また、ダム洪水吐および発電所放水路についても、設計に当って十分な水理実験を行なった。

表-4 安曇地点概要

項目	単位	規模・寸法	
流域面積	km ²	380.5	
貯水池	総貯水量	m ³ 123 000 000	
	有効貯水量	m ³ 94 000 000	
	利用水深	m 55	
	満水面標高	m 982	
ダム	形式	アーチダム	
	高さ	m 155	
	堤頂長	m 367	
堤体積	m ³ 660 000		
洪水吐	形式	トンネル式 (左岸)	
	計画洪水量	m ³ /sec 1 500	
	トンネル長さ	m 340	
	トンネル内径	m 8	
ゲート		高 13 m × 幅 8.5 m × 2 門	
取水口	位置	1~2 号機	3~6 号機
		ダム上流面中央	ダム上流右岸
水圧管路	形式	ダム内埋設式	内張式
	条数	本 2	4
	長さ	m 50	210~350
	内径	m 6.0~4.2	4.8~4.2

(2) 施工設備

主要施工設備は表-5 のとおりで、このうち大型機器については他社の遊休設備を検討し、できるだけその有効活用をはかった。

(3) 仮排水路

工事中の河水処理のため、ダムサイト左岸に延長 477 m、内径 8 m、勾配 1:195 の仮排水トンネルを設けた。この通水容量は 450 m³/sec (5 年確率洪水量) で、堤体コンクリート打設中は堤内バイパス (容量 90 m³/sec)、竜島発電所運転 (20 m³/sec) の併用が可能である。

(4) 基礎処理

a) ダム基礎の地質

ダムサイトはかこう岩、ホルンフェルスおよび煌斑岩によって構成されている。

図-3 奈川渡ダム平面図および諸図

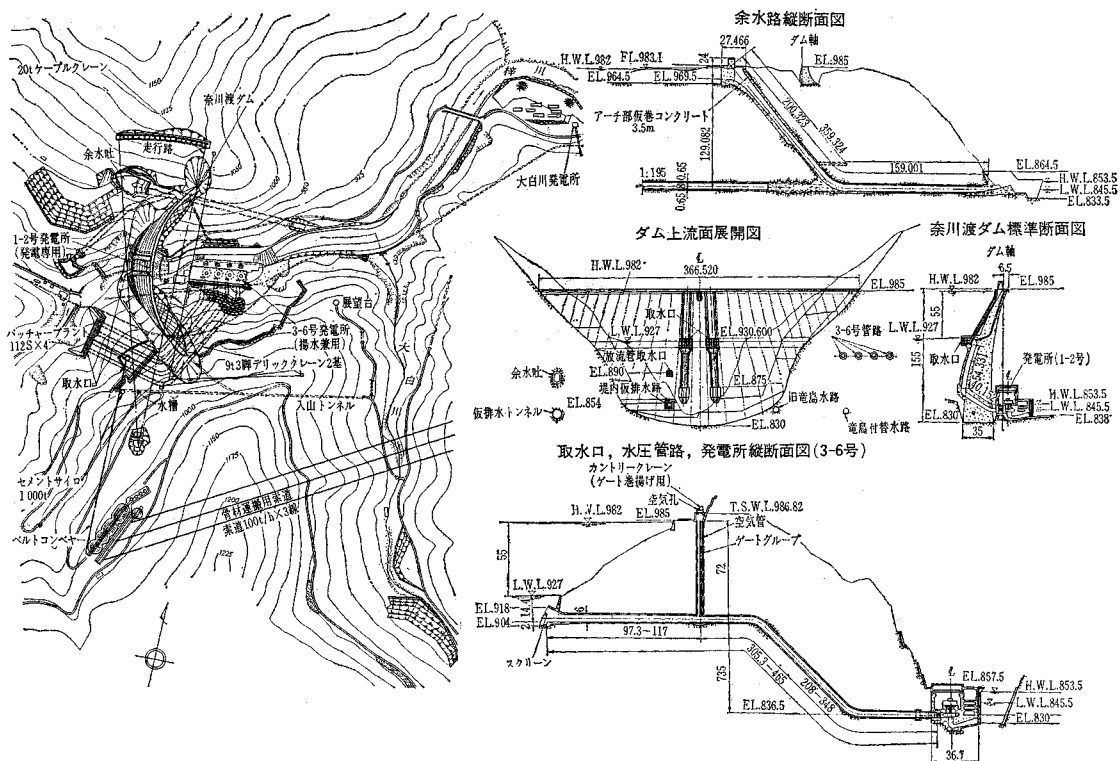


表-5 主要施工設備

品名	基数	仕様	能力
ケーブルクレーン(弧動形)	1	形式ブライヘルト 径間……580 m 吊荷重……20 t 横行速度……500 m/min 巻上げ速度……実空とも 制御方式……	揚程……215 m たわみ度……5% バケット容量……6 m ³ 走行速度……20 m/min 90 m/min 180 m/min 150 m/min 直流ワードレオナード制御
パッチャープラント	1	112 s × 4 形全自動	ビン容量 1050 m ³
セメントサイロ	1	1000 t トラックホッパー付き	セメント輸送能力 50 t/h
フライアッシュプラント	1	フライアッシュ計量器付き 溶解槽 3 m ³	ペーストタンク 70 m ³ ペースト輸送パイプ付き
クーリングプラント	1	200 冷凍トン	
ディーゼル機関車	2台	10 t レール	ゲージ=1435 mm
バケット運搬台車	2台	6 m ³ バケット2個積み	レールゲージ=1435 mm
6 t ケーブルクレーン(弧動形)	1	20 t ケーブルクレーン走行路利用 ダムコンクリートサービスおよび1~2号発電所用	
6 t 固定クレーン	1	3~6号機発電所コンクリート打ち込み用	
デレッキ	1	6.5 t	
パッチャープラント	2	28 S × 2	28 S × 1

かこう岩はダムサイト基盤の大部分を占め、堅硬で耐荷力の点で問題はないが、多数の転移面や節理が発達しているため、ろくろ水の防止と安定性確保のために考慮を必要とする箇所がある。

ホルンフェルスは標高の比較的高いところに分布しており、硬質であるが地表近く風化の進みやすい位置にあるため細かい割目が多い。しかし、節理面は平滑でなく連

続性も少ないので、外力に対する摩擦抵抗は相当高く、地山の安定上問題は少ない。

また煌斑岩はかこう岩中に局部的に岩脈状に存在するがきわめて堅硬で、かつ、母岩に密着しているため耐荷力安定性とも問題はない。

b) 基礎グラウチングおよび基礎排水工事

コンソリデーショングラウチングは、原則としてダムコンクリート打設前に実施し、コーキングを行ってもなおグラウトの漏洩のはなはだしい箇所は数リフト打設後に削孔を行ない注入する。削

孔位置は岩盤面に約3m間隔に斜路子状に配置し、孔長は7mおよび12m、合計延長19kmを予定しているが、注入実績により必要に応じてさらに追加することとしている。なお、注入はパッカーグラウチングを原則とし、注入圧力は場所別に2~5 kg/cm²とするが、岩盤の状況に応じて、一部ステージグラウチングを行ない、その注入圧力は1 kg/cm²以下とする。

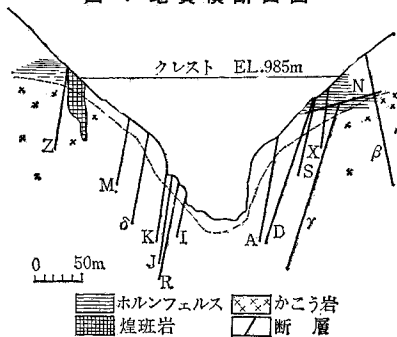
カーテン グラウチングは、ダム 基礎 上流端に沿って実施し、不透水層基礎（透水係数 10^{-5} cm/sec 以下）に達する 11 万 m^2 の止水層を形成する計画で、特に左岸側は地質を検討の結果、ダムアバットメントより 200 m の深部にまでおよぼすこととしている。ボーリング孔の配置は 1 列、標準間隔は 3 m、総数 554 本で合計延長 26 km の予定である。

基礎排水工事は、止水カーテン背面にボーリングを行ない排水孔を設置するものであるが、排水孔の総数 67 本、総延長 3.1 km で、排水孔と止水カーテンの間隔はダム頂部 13 m、底部 23 m、地山深部 30 m とする計画である。

c) 断層処理

ダム サイトの基礎であるかこう岩中には、図-4 に示すように多くの断層が川の流れの方向に並行して存在している。これらの断層のほとんどは幅 0.1~1 m で、粘土層および破碎帯をともなった軟質かこう岩により形成され、比較的平滑な面状をなしている。

図-4 地質横断面図

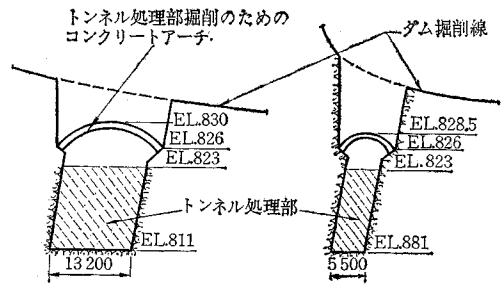


断層の処理に当ってはダム基礎としての安定、変形透水の面から検討して処理必要箇所を定め、これを掘削除去してコンクリートに置き換え、コンソリデーショングラウトを行なうこととしているが、河床部と両岸部で施工方法に相違があるので、それぞれについて概要を説明する。

河床部の I.J.K 3つの断層は互いに近接しているので一括して処理することとしたが、ダム基礎掘削を待って施工すると、ダム本体コンクリート打設工程に影響を生じ、また 20 m を越すの面部ができて危険をともなうので、図-5 のように施工箇所を上下に 2 分して、下部についてはダム掘削に先立って、地下発電所式の地下洞約 8000 m^3 を掘削してコンクリートを充填した。

左、右岸の断層については、当初ダウエリング工法を予定していたが、その後の検討により断層部をコンクリートに置き換えることとした。断層部の除去に当っては、モニター（高水圧ジェットポンプ）による水力掘削を計画、1 年あまりの現場試験の結果、これを採用して成功

図-5 河床部断層処理部横断面図



を取っている。詳細データの報告は別の機会に譲るが、その概要は、断層に沿いに上下間隔 10 m に設けた作業横坑内にモニターをすえつけ、100 kg/cm^2 の高圧水を噴射して断層材料を洗い出すもので、発破を使用する普通の方法とくらべて、周囲の岩盤の損傷が少ないので基礎処理のための掘削方法として好適である。ただし、この方法は断層面が屈曲している場合、極端に薄い場合には不適當で、当所でもスームプラスチングによる掘削を併用している。掘削後、断層部へは主として 0.5 m^3 プレッサーを使用してコンクリートを打設、硬化後置換部周辺に作業横坑よりコンソリデーショングラウトを行なって閉塞する。このようにして処理する断層面は約 15000 m^2 である。

また、アバット部分の岩盤については、断層処理箇所を含めて、PS工法によって基礎岩盤を緊結一体化することとしている。これに使用する鋼棒は径 27 mm、長さ 40~90 m で 6 本を 1 組とし、基部 6 m をモルタルで母岩に定着、1 孔当り 240 t の緊張力を与えることにしている。

(5) ダム基礎の掘削

ダム形状は図-3 に示したとおりで、掘削量は約 70 万 m^3 である。

ダム本体の掘削は原則的にベンチカット掘削とし、ベンチ高さは左右岸部 14 m、河床部 8~10 m を標準とした。この際カットの最小抵抗線とせん孔間隔は 2~2.5 m、せん孔長は 15 m、1 回の発破は 2 列を原則として、各段発の時差を調整して震動重複を防止した。

また、発破時の震動による基礎岩盤の損傷を避けるために、仕上げ面より 1.5 m 以内の約 22000 m^3 はベンチカット工法の範囲外として慎重な掘削を行ない、特に仕上げ面より 0.5 m 以内については、ニューマチックハンマー、および人力によって仕上げた。

5. ダム コンクリートについて

ダム コンクリートの総量は、下流の 2 ダムを含めると

100万 m³ に達するので、材料の選定と配合設計については現地の材料試験室を中心に、東京大学、電力中央研究所技術研究所、ならびに当社の技術研究所等の協力を得て慎重に調査研究を行なった。

(1) 使用材料

使用セメントについては、化学成分の標準値を表-6のように仕様し、特に不溶解残分は1%以下、アルカリ(Na₂O, K₂O)の含有量は0.6%以下におさえることとした。またオートクレーブによる膨張は0.2%以内、粉末度を比較面積3000~3400 cm²/gで、88μフルイ残分5%以下とした。また、強さおよび水和熱については表-7のように定めた。

表-6 セメントの化学成分の標準値 (単位%)

強熱減量	不溶解残分	シリカ	アルミナ	酸化第二鉄	酸化アルミニウム	マグネシア	無水硫酸	アルカリ他
0.6	0.5	23.3	4.0	4.0	64.0	1.1	1.9	0.6

表-7 強さおよび水和熱

	単位	7日	91日
圧縮強さ	kg/cm ²	140~190	460~530
曲げ強さ	"	35~45	72~88
水和熱	cal/g	70以下	80以下(28日)

フライアッシュについては、長期材令における強度の増加を目的として、良質のフライアッシュをセメント量の25%使用することとして、品質を表-8のように仕様し、圧縮強度比を58%以上(7日)、63%以上(28日)、80%以上(91日)と仕様した。これらに基づき、フライアッシュについては特に品質管理に留意する方針である。

表-8 フライアッシュの品質

シリカ分	湿分	強熱減量	比重	粉末度	44μフルイ残分
45%以上	1%以下	5%以下	1.95以上	2700 cm ² /g以上	25%以下

骨材については梓川堆積砂礫と奈川渡ダムサイト付近の原石山を対象に、材質ならびに経済性について比較検討を行なった結果、梓川堆積砂礫を粒度調整して使用することとしたが、その物理的性質は表-9のとおりである。骨材の品質管理については、粗骨材の規格粒度百分率と破碎骨材量の変動管理、細骨材の粒度分布と表面水量などの管理を行なっているが、当地点の骨材の特性から、破碎骨材量と0.3~0.6mm粒径の含有率の変動管理には特に重点を置いてゐる。

表-9 骨材の物理的性質

	比重	吸水量(%)	単位容積重量(kg/m ³)	洗い試験(%)	有機不純物	安定性(%)	すりへり試験(%)
粗骨材	2.66	0.63	1730	—	—	2.1	18.3
細骨材	2.62	1.20	1710	3.0	合格	3.1	—

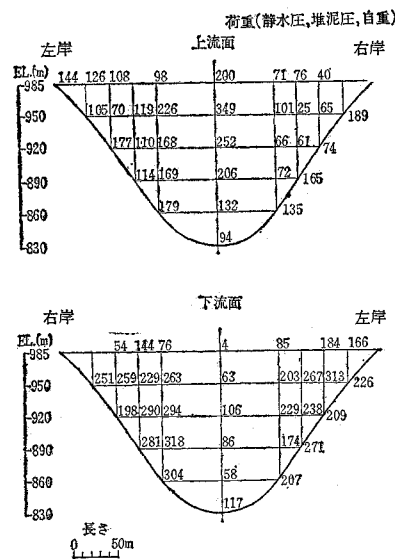
(2) 配合設計

ダムコンクリートの標準配合表を表-10に示す。示方配合の設計に当っては、施工管理、品質管理を容易にすることにより、強度の変動係数を小さくして経済的なコンクリートを打設する目的で、事情の許す限り配合の種別を少なくした。

水-セメント比は、ダム上下流面より主応力の分布より求めた配合強度分布(図-6,7参照)と、必要な耐久性を満足させるように定める。

コンクリートの許容応力は、径15cm供試体の圧縮強度を基として定め、安全率を4とした。割増し係数は同

図-6 奈川渡ダム配合強度(1)



程度の規模、仮設備を有するダムの実績から1.12(変動係数15%)としたが、今後コンクリート打込みの進行にしたがって、その管理実績から修正して行く考えである。

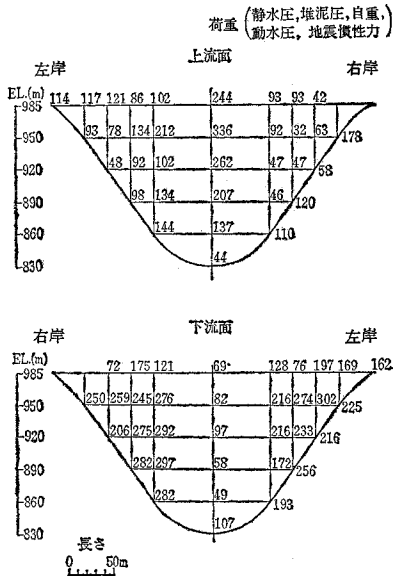
(3) コンクリートの打込み

ダムコン

表-10 ダムコンクリートの標準配合

	単位	I	II	III	IV	V
粗骨材の最大寸法	mm	150	150	80	40	40
スランブの範囲	cm	3±1	3±1	9±1	9±1	9±1
空気量の範囲	%	3±1	3±1	3.5±1	4.5±1	4.5±1
単位セメント・フライアッシュ量	kg	200	200	253	328	296
フライアッシュおきかえ率	%	25	25	25	25	25
単位水量	kg	99	100	129	151	151
水セメント比	%	47	50	51	46	51
細骨材率	%	20	21	26	31	31
単位骨材量	kg	2114	2121	1979	1826	1853
単位細骨材量	kg	417	440	508	560	568
単位粗骨材量	kg	1697	1681	1471	1266	1285

図-7 奈川渡ダム配合強度(2)



クリート打込みのブロックは、アーチの円周方向の天端における幅を12mとし、リフト高さは2mを原則として、着岩部および2カ月を経過したブロック上のリフトは1mとすることを定め、また隣接ブロックの高低差の制限は12mとした。

打込みのサイクルは5日を標準とし、日平均気温が15°C以上のときは4日とすることを許容した。また冬期は気温が-2°C以下に低下した場合打込みを行わないこととしたので、1,2月はコンクリート打込みは休止状態となり、12月と3月は夜間の打込みが行なえないことが予想される。

さらにコンクリートの温度規制ならびにジョイントグラウトのために、1次ならびに2次のパイプクーリングを行なう計画で細目を検討中である。

6. 発電所関係工事

発電所はダム直下中央河床部に自流式2台 211mW, ダム下流右岸に揚水兼用式4台 412mWを設置する計画である。

取水口はダム上流面に2門, 右岸ダム アバット上流に4門を設け, それぞれ水管鉄管により発電所に導水する。

放水路は 540 m³/sec の大水量をスムーズに通水し, 揚水時のサクシオンヘッドを確保するために, 在来河床の拡幅ならびに盤下げを行なって設けることとした。

なお, 発電所基礎工事は掘削 21万 m³, コンクリート9万 m³で, ダム工事と併行して施工する。

7. 水殿地点および新竜島地点

両地点については, 今回は説明を省略, 諸元を表-11, 12に示す。

8. あとがき

表-11 水殿地点概要

項目	単位	規模・寸法	
流域面積	km	431.0	
貯水池	総貯水量	m³	15 100 000
	有効貯水量	m³	4 000 000
	利用水深	m	8
	満水位標高	m	853.5
ダム	形式		アーチダム
	高さ	m	95.5
	堤頂長	m	357
	堤体	m³	294 000
洪水吐	形式		ダム右岸越流形
	計画洪水量	m³/sec	1 700
	越流幅	m	幅 21m 水深 12m
	ゲート		高 12.5m × 幅 10.5m × 2門
取水口	位置		ダム上流面中央4基
水圧管路	形式		ダム内埋設式
	条数	本	4
	長さ	m	141~152
	内径	m	7.2~4.0

表-12 新竜島地点概要

項目	単位	規模・寸法	
流域面積	km²	470.4	
貯水池	総貯水量	m³	10 700 000
	有効貯水量	m³	6 100 000
	利用水深	m	14
	満水位標高	m	787
ダム	形式		アーチダム
	高さ	m	60
	堤頂長	m	215
	堤体	m³	82 000
洪水吐	形式		ダム中央越流形
	計画洪水量	m³/sec	1 800
	越流幅	m	幅 60m 水深 6.5m
	ゲート		高 7.0m × 幅 12.0m × 5門
取水口	位置		ダム上流右岸
圧力トンネル	延長	m	2 645
	内径	m	5
	管厚	cm	55, 60
水槽	形式		制水孔式圧水槽(鋼製)
	内径	m	14
	高さ	m	37
水圧鉄管	条数	本	1
	長さ	m	103
	内径	m	4.4~3.6

以上梓川電源開発工事のあらましを紹介したが, 現地では奈川渡ダムの基礎掘削を終って, 今やダム コンクリートの本格的打込みを開始しており, 水殿・稲核両ダムにおいても基礎掘削, コンクリート打込み用仮設備の準備が着々と進められている。着工以来2年を経過して工事はまさに最盛期を迎えた感がある。

しかしダム工事完成にはまだ2年余りの歳月を残しており, われわれは今後予想される諸問題を克服して, 工事を成功に導くために一層の努力を傾倒する所存である。(1966. 10. 11. 受付)