

御所ダムのフィルダムコアの施工

——アスファルトコアと粘土性・砂レキ混合コア——

井畑 敏昭*

清家 保成**

要 約

フィルタイプダムのコア材としてはダム近傍で得られる材料を使用して施工されるのが一般的であるが、御所ダムではフィルダム本体のコアは粘性土単体では施工性が非常に悪いため、河床砂レキを乾燥し、60mmグリズリを通過した粗粒材と粘性土の細粒材をストックパイルで混合した混合コアを使用した。また、これに先立ち施工した上流2次締切堤のコアはアスファルトを使用して厳寒期の1～2月に施工した。本報告はこれら2種類のコアの盛立施工について記すものである。



写真－1 満水した御所ダム全景

目 次

- § 1. 御所ダムの概要
- § 2. アスファルトセンターコアの施工
- § 3. フィル堤体混合コアの施工
- § 4. まとめ

§ 1. 御所ダムの概要

御所ダムは建設省東北地方建設局が北上川右支川雫石川に建設を進めている多目的ダムで、右岸部は余水吐機能を主とした重力式コンクリート構造、左岸部は土質センターコア型ロックフィル構造の複合ダムである。重力式コンクリートダムとフィルダムの接合部は重力式コンクリート構造で上下流方向に設けたセパレートウォールで仕切られている。コンクリートとフィルの取合部の傾

斜は1:0.65である。構造および断面は図－1、図－2、図－3に示す。ロックフィル部の上流2次締切はフィル堤体施工のための2次締切であり、フィル堤体の一部を構成する高さ14.5m、長さ185mのアスファルトセンターコア型の締切である。上流2次締切の施工は工程上厳寒期の施工となったため、土質コアの施工は困難であり、当初アスファルトフェーシング工法の検討がなされたが施工期間および施工性を検討の結果、アスファルトセンターコア工法の施工となった。フィルダム本体のコアは当初粘性土単体のコアで設計されていたが自然含水比が高く、施工性が悪いため、含水比の低下と施工性の改善を目的として種々の混合試験を行った結果、粘性土の細粒材と旧河床砂レキの粗粒材を重量比で1:3の割合で混合使用することになった。両材料とも最適含水比に比べ自然含水比が高いため、砂レキを曝気乾燥し、ストックパイル混合により所定の含水比になるよう調整した。

表－1 御所ダム諸元

位 置	岩手県盛岡市繫地内
地質 (左岸)	火山泥流堆積層、凝灰岩
地質 (右岸)	安山岩質集塊岩
ダム形式	中央コア型ロックフィル、コンクリート重力式複合ダム
堤頂標高	EL186.50m
堤 高	52.5m
堤頂長	327m
堤体積	フィル 1,005,050m ³ コンクリート 220,000m ³
コンクリート堤体法勾配	上流 1:0.06 下流 1:0.80
フィル堤体法勾配	上流 1:3.3 下流 1:2.5
越流設備	クレストゲート 幅11.5m、高さ9m 4門
放流設備	オリフィスゲート 幅5m、高さ6.5m 3門
流域面積	635km ²
総貯水量	65,000,000m ³
有効貯水量	45,000,000m ³
計画洪水量	2,450m ³ /s
計画放流量	1,200m ³ /s

*東北(支)御所ダム(出)

**東北(支)御所ダム(出)所長

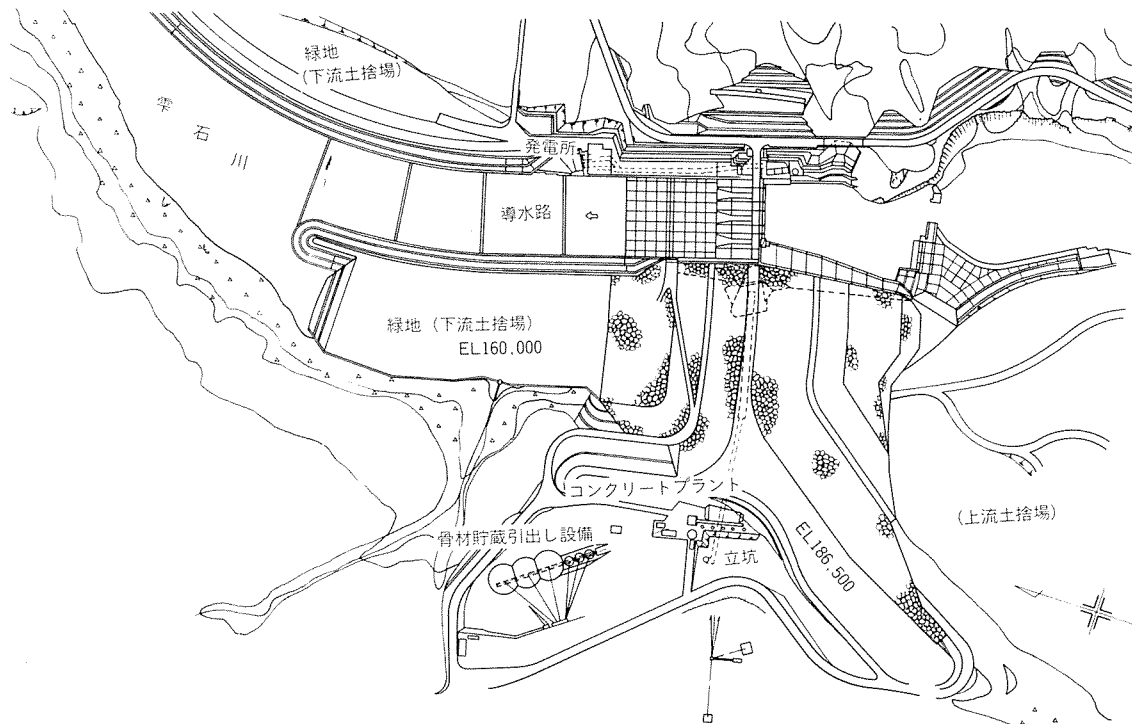


図-1 御所ダム平面図

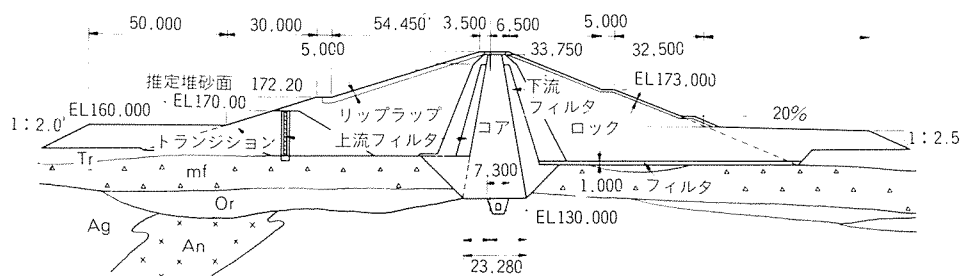


図-2 フィルダム体標準断面図

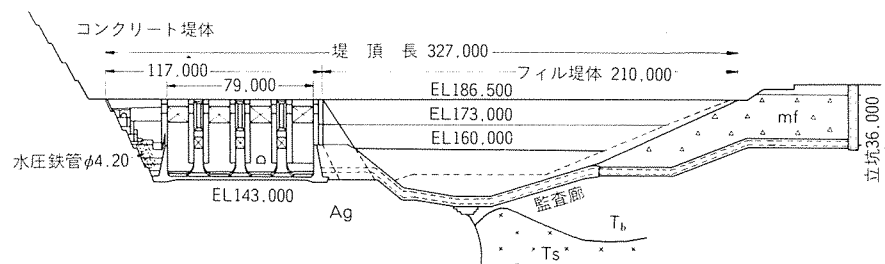


図-3 下流面図

本工事は昭和47年に半川締切方式として転流工事に着手し、昭和49年よりコンクリートを打設し、昭和52年10月に2次転流を行い、以後昭和53年3月までの渇水期である冬期間に上流2次締切を施工し、昭和53年9月よりロックフィルダムの盛立を開始し、昭和55年7月に盛立完了、同年11月に湛水を開始し現在に至る。

§ 2. アスファルトセンターコアの施工

2-1 施工概要

フィルダムのアスファルトセンターコア工法はヨーロッパを中心に約20ヶ所の施工実績があるが、わが国では昭和51年完成の拓殖大学八王子校地の調整池ダム（鹿島

建設施工)が最初である。そのため施工に先立ち試験施工を実施し、本工事の施工管理、出来形管理、品質管理の基準を決定するデータを集収し、アスファルトの配合混合物の温度低下、ベースコンクリートおよび打継面の接合、空ゲキ率、透水性などを検討した。

上流2次締切は将来フィル堤体の一部を構成するものであり、天端幅100m、上流面勾配1:3.3、下流面勾配1:1.7の断面で中央に厚さ60cmのアスファルトコアを有するものである。図-4に標準断面、図-5に底部断面を、表-2に主要工事量を示す。

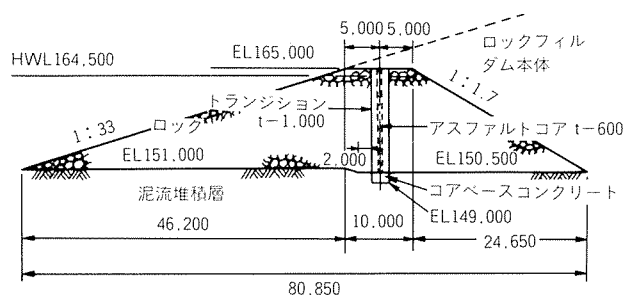


図-4 標準断面図

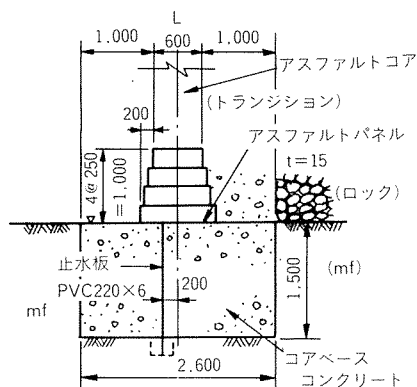


図-5 コア底部断面図

表-2 主要工事数量

工 種	単位	数 量
掘 削	m³	75,300
ロ ッ ク フ ィ ル	m³	104,550
ト ラ ン ジ シ ョ ン	m³	5,010
ア ス フ ェ ル ト	m³	1,243
ベ ー ス コ ン ク リ ー ト	m³	379

2-2 アスファルトコアの施工

(1) アスファルトコアの配合設計

コア用のアスファルト混合物は遮水が目的であるから不透水性であることが重要な要素となるが、アスファルト混合物の透水性は締め固め後の空隙率と相関がある。図-6はVenemoダムに於る空隙率と透水性の関係を示したものである。図-6によると空隙率4%で透水係数



写真-2 アスファルトコア舗設状況

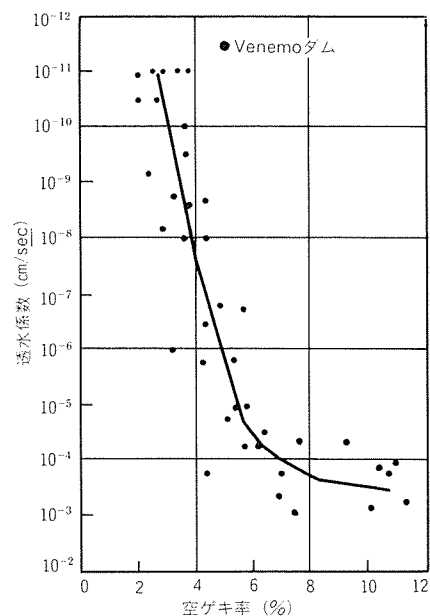


図-6 アスファルトコンクリート空ゲキ率と透水係数

10^{-7} cm/sを得ることができる。本施工前に実施した試験舗設でもほぼ同様の値が得られた。

従って、ここでは、透水性ではなく、堤体の変形に対する追従性及び施工性から次のとおり配合設計を行った。

骨材の合成粒度に対しアスファルト(針入度80~100)量を5.0%~7.0%の5種類に変化させてマーシャル試験を行った結果、いずれの場合も基準値(空隙率3%以下、飽和度85%以上)を満足しているが、転圧時にブリージングを起さない等を考慮して設計アスファルト量は6.0%に決定した。実施配合を表-3に示す。

表-3 実施配合表

(2) 舗設

アスファルトコアのベースとして深さ1.5m、幅2.6m

のベースコンクリートを打設し、コンクリート面とアスファルト混合物の接着を確実にするため、コンクリート面はレイタンスを除去しエアで清掃後60℃に加熱して次にアスファルトプライマを1.0ℓ/㎡を塗布し、アスファルトプライマ乾燥後再び60℃に加熱してアスファルトパネル（t=15mm）をコンクリート面に密着させた。既設のセパレートウォールコンクリート面との接着はチップング後エアで清掃し、同上処理した。

アスファルトコアおよび盛立の施工順序はアスファルトコアとランジション材は1層の厚さが25cmで同時施工とし2層を先行させて、ロックは1層を50cmとして全体がほぼ水平に盛立されるようにした。

アスファルト舗設機械は図-7および表-4に示す諸元のものであるが、混合物をホッパーに受け、バーフィードから所要の混合物を送込み振動を与えながら成形する③～⑥。スリップフォーム⑥で成形すると同時にビブロプレート⑦で初期転圧を行い、ランジション敷均し装置⑧の両側よりランジション材をまき出し、振動ローラ⑨⑩により転圧する。続いてアスファルトコア部の仕上げ転圧を小型振動ローラ⑪で行う。左右岸の舗設

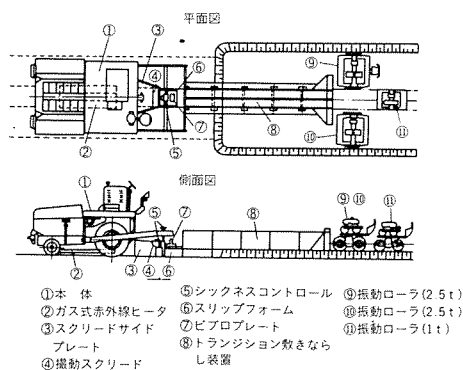


図-7 アスファルト舗設機械配置図

表-4 舗設機主要諸元

機 械 名 称	仕 様・諸 元	数 量
コ ア 舗 設 機 (保温設備付)	舗 設 幅 0.5～1.0m 可変式 舗 設 厚 0.1～0.4m " 舗 設 能 力 10～40t/h 無段可変式 合 材 ホ ヱ ヱ 4 t/回 走 行 装 置 ホイール式低接地圧型	1 台
振 動 ロ ー ラ	起 振 力 500 kg 締 固 め 幅 0.6 m 重 量 200 kg	1 台
ジ ョ イ ン ト ヒ ー タ (赤外線ガス式)	有 効 幅 0.3～1.0m 結合式 有 効 温 度 深さ 5 cm, 60℃	2 基
ビブロプレート	重 量 138 kg 振 動 数 4,500 cpm 起 振 力 1,700 kgf 転 圧 深 度 0.2～0.35 m	2 台

機械による施工ができない部分は人力により1層の厚さを12.5cmとしてボッシュタンパで締固めさらにビブロプレートで5回程度仕上げ転圧を行った。

ランジション材はロック材の比較的細粒のものを使用し最大粒径200mm程度とし、6tfブルドーザで敷均した後2.7tf振動ローラで転圧した。

コアの水平打継ぎは既設コアが60℃以下の場合には60℃以上になるように予熱し、混合物の舗設温度は120℃以上として、気温が5℃以下の場合には140℃以上とした。同一日に打継ぎ場合は約4時間サイクルの施工となり、4時間後のコアの表面温度は80～90℃であり、ホットジョイントとして舗設した。打継ぎ翌朝以降になる場合はコア表面が20～30℃程度であり、ジョイントヒータで60℃以上となるように予熱した。

アスファルトプラントは一般道路舗装用のものを使用したが生産地まで約6km、所要時間15分であり、厳寒期（-5℃前後）の施工であり、出荷後の合材の温度降下を少なくする目的で合材運搬車には木製の保温箱を設置し、合材の出荷温度を170℃、敷均し温度は150～160℃を目標とした。

舗設現場では舗設後のコア面は防水シートで養生し、舗設時にコア上に水分、湿気がある場合はモップおよびガスバーナ等で除湿した。舗設機のホッパーについてもシート養生した。コア施工に影響のあるランジション、ロックゾーンについてもシートで養生し積雪しないように配慮し、施工時の積雪についてはガスバーナで融雪して敷均し転圧を行った。

(3) 出来形管理、合材使用量

上流2次締切堤は本体の一部であるため、コア自体半径 $r=1,074\text{m}$ の円弧の一部で、線形の保持に注意した。コア舗設終了後各層毎にセンターをポイントしセンターからのずれを測定して修正を行いながら施工した。

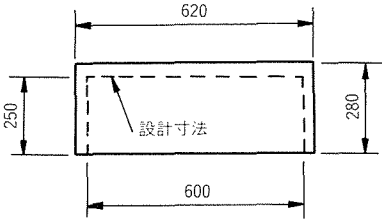
舗設終了後の実測の結果層間のずれは最大7cmであった。アスファルトコアの出来形はランジション材の平坦性に左右され、ランジション材の粒径、粒度が作業能率、舗設寸法に大きく影響する。今回の施工はランジション材として最大粒径200mmのものを使用したが、合材の食い込みおよび施工性等を考えれば80mm以下の碎石が適当と思われる。またランジションの施工幅は、1.5～2.0mが施工性がよい。

アスファルト合材の使用実績は表-5に示すとおりであり、実際の使用量は設計量の120%となり、出来形から推定すると平均厚さは60.3cmであり、設計断面に対し約23%はランジション材への食込み及びロスとなっている。図-8にコア敷出し時の寸法を示すが、設計値

幅60cm×厚さ25cmに対しコア成形のスリップフォームを幅62cm×厚さ28cmにセットした。

表－5 合材使用実績

搬入量 (㎡)	実使用量 (㎡)	設計量 (㎡)	廃棄量 (㎡)
1,517.6	1,490.4	1,243.6	27.2



図－8 吐出時コア寸法

(4) 品質管理

アスファルトコアの品質管理は表－6に示す項目について実施し、合材の基準密度は最初の2日間の舗設から12個の試料を採取し測定の結果2.511g/cm³と決定した。なおこの時の空ゲキ率は1.8%であった。舗設現場の管

理は施工日7日当り1回（1回3本）の割合でコアを抜き取り、供試体を作成して測定した。管理結果を表－7に示す。透水試験は圧力1kgf/cm²で3時間、3kgf/cm²で3時間、5kgf/cm²で42時間で実施したが、全供試体とも透水は観測されなかった。一般に空ゲキが2.6%の場合は10⁻⁹cm/s以下となり問題はない。合材の温度測定結果は表－8に示す。

表－8 温度測定結果

種 別	測点数	出荷温度 ①	現場着温度 ②	敷均し温度 ③	温度降下 ①－③
本 施 工	360	169℃	165℃	158℃	11℃
試験施工	6	172℃	167℃	162℃	10℃

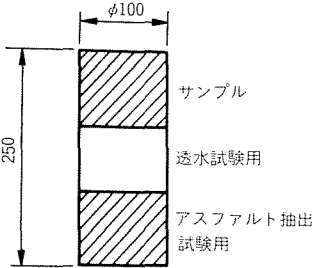
種 別	測点数	平均温度 (℃)	標準偏差 (℃)	変動係数 (%)	規 格 値
混合物の温度	188	171.9	6.2	3.6	SL=140℃ SU=185℃
敷均し温度	360	157.7	5.6	3.5	140以上

2－3 施工実績

アスファルトコアの施工可能日数をダムサイトの気象資料より降雪降雨日以外は施工可能として、1月～3月の51日間で舗設延べ長さ約8,200m（25cm60層）を1日当りの施工量164m/dとして50日と計画していたが、天

表－6 品質管理項目

種 別	試 験 項 目	管 理 基 準		
		試 験 方 式	規 格 値	試 験 基 準
プラント	配合試験	配合ごと各1回		
	混合物の抽出試験	アスファルト舗装要綱	基準A C量±0.55%以内 におさまるものが90%以上	1日につき1回行う。
	温度測定 { アスファルト 混 合 物 }		加熱温度は承諾温度の ±15℃ 加熱温度は承諾温度の ±25℃	1時間毎に行う。
	基準密度の決定	アスファルト舗装要綱		当初の2日間午前・午後各 1回3個
舗設現場	温度測定		120℃	トラック1台ごとに行う。
	密度測定	コアによる。	基準密度の96%以上	1週につき1回行う。
	空ゲキ率		4%以下	〃
	遮水性		10 ⁻⁷ cm/s以下	〃



供試体

表－7 管理結果

種 別	測定値の 平 均	標準偏差	変動係数	規 格 値
抽出アスファルト量(%)	6.13	0.20	3.24	6.0±0.55
コ ア の 密 度 (g/cm³)	2.487	0.003	0.012	基準密度の96% 以上
空 ゲ キ 率 (%)	2.55	0.59	23.11	4%以下
透 水 係 数	0	透水なし		10 ⁻⁷ m/s以下

候に恵まれ、工程を大幅に短縮することができ施工量も250m/dで実作業日数40日で完了した。日当たり作業時間は9.1hであり、実働時間は6.1h、その他準備昼休み、跡片付が3.0hであった。表－9に稼働日数を示す。

表－9 舗設実績

53年	暦日	施工日数	休日	舗設工程		摘 要
				舗設高	舗設延長	
1月	21	18	1	6.25m	3,070	1月11日舗設開始
2月	27	22	2	8.25m	5,130	2月27日舗設終了
計	48	40	3	14.50	8,200	人力舗設部472m

ロックの盛立は昭和52年12月15日より昭和53年3月12日までに施工日数69日間で施工量1,515m³/dで完了した。ロック材の原石山は節理が細かく発達した両輝石安山岩で最大粒径300mm程度、比重2.2t/m³のものを使用した。

なお、当工事に使用したトランジションおよびロック材の現場密度測定結果は表－10に示す。

表－10 現場密度測定結果

種 別	測点数	測定値の平均 (t/m ³)	標準偏差 (t/m ³)	変動係数 (%)	規 格 値
トランジション	10	1.630	0.055	3.36	1.600以上
ロック	23	1.644	0.055	3.33	1.600以上

§ 3. フィル堤体混合コアの施工

3-1 施工概要

御所ダムのフィル堤体は土質センターコア型ロックフィルダムであり、その断面および諸元は§ 1 御所ダムの概要の項に示すとおりであるが、フィル堤体の材料別盛立量は表－11に示す。

表－11 材料別盛立量

種 別	数量 (m ³)	備 考
コ ア	102,700	砂レキ混合コア 60mmグリズリ通過材
フィルタ	細 粒	52,700 河床砂レキ 150mmグリズリ通過材
	粗 粒	62,100 河床砂レキ 200mmグリズリ通過材
マ ッ ト	25mm以下	4,900 河床砂レキ 骨材プラント1次細粒
	80mm以下	4,900 切込砕石
	200mm以下	17,000 河床砂レキ 200mmグリズリ通過材
ロ ッ ク	699,100	両輝石安山岩、最大粒径300mm程度
リップラップ	61,650	輝緑凝灰岩、最大粒径1,000mm程度
計	1,005,050	

コア材は当初粘性土単体で計画されていたが自然含水比が高く施工性が悪いため、砂レキを混合して含水比を低下させ施工性を改善した混合コアに決定した。昭和50年より種々の試験を行い検討したが、その結果、細粒材と粗粒材の混合比は1：3、転圧機種はタンピングローラ(30tf)、まき出し厚22cmに決定した。試験概要を表－12に示す。

表－12 試験概要

工 事 名	概 要
コア材盛土試験調査 S.50. 7.26～50.10.31	主旨：粘性土細粒材単体を使用し盛立施工仕様を決定する現場転圧試験。 転圧機種：ソイルコンパクタ WF-22A, K-300 結論：試験材は高含水比($w=30\sim45\%$)で使用機種ではオーバーコンパクションとなる。対策としては接地圧の小さい機種を選定することと、地山含水比を5～10%低下させる必要がある。
コア材混合試験 S.51. 2. 6～51. 3.25	主旨：細粒コア材の品質改良の一方法として切込砕石(60mm)を混合比(コア：砕石=1：0.25, 0.5, 1.0, 1.5)を4種に変化させ、最適混合比を把握する室内試験。 結論：室内試験の結果、混合比1：1.0が最適と判断された。
コア材ストックパイル試験 S.52. 4.26～52. 8.10	主旨：細粒度の含水比について以下の混合ストックパイルを造成し、圧密排水による含水比の低下効果を把握する目的で実施した。 ストックパイル 第1種 細粒土単体 第2種 砕石混合 第3種 真砂混合 結論：圧密排水による含水比の低下効果はみられず第1、第3種で自然曝気による2～3%の低下がみられた。
コア材盛立試験 S.53. 5. 2～53. 8.31	主旨：コアの施工機種、混合比率(細粒材と粗粒材河床レキ)施工管理基準を決定する目的で室内試験、現場転圧試験を実施した。 転圧機種：タンピングローラ (CAT825B-30t) 振動ローラ (BW-200-8t 起震力32tf) 結論：コア材として混合比1：3(細粒：粗粒)でタンピングローラ(C825 ^B)で12回転圧とし22cmまき出し厚が最適である。

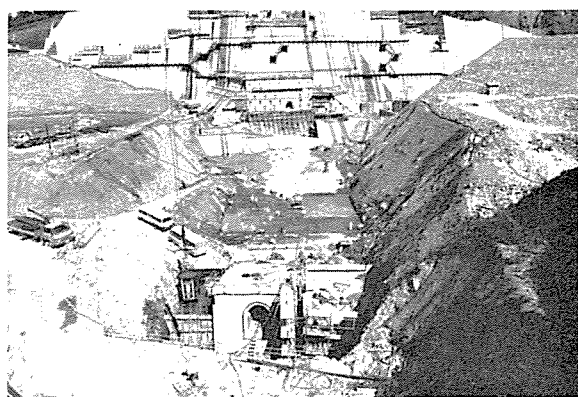


写真-3 盛立前のフィル堤体



写真-4 盛立施工中のフィル堤体

3-2 コア材料採取、ストックパイル

(1) コア材料

フィル堤体のコア材は盛立試験の結果、細粒材と粗粒材を重量比で1:3に混合するものとしたが、細粒材はダムサイトより3.2kmの松森山より採取したシルト質粘土を含んだ風化の進んだ凝灰岩であるが、表土に近い部分には細粒のシルト質粘土が分布しその下は比較的固結した風化軟岩が分布している。表層の風化の進んだものはブルドーザーで集土した状態で粒度的にも安定しているが、下層の固結したものはリッピングを行いキャタピラによって踏みつぶした後排土板で3~5cmにソギ取り集土して細粒化した。自然含水比は28~38%にあり、一部に40~48%の高含水比のものを含んでいたが、ストックパイルする材料は不適材を除き平均33%の自然含水比で使用した。粗粒材は貯水池内の上流側採取場の旧河床砂レキを使用した。砂レキ堆積層は不透水性の泥流堆積層の上に厚さ約2mで分布しており表土処理時点では地下水位が高く基層に達する側溝を設け地下水位の低下を行ったのち表層を曝気乾燥し60mmの大型フルイ設備(グリズリ)を通して採取した。砂レキ層の自然含水比は降雨の影響等で一定しないが、ほぼ14~18%の範囲にあり

平均16%であった。混合材の最適含水比 w_{opt} は17%であり細粒材、粗粒材を自然含水比で混合した場合、混合材の含水比は20%以上となり施工目標の $w_{opt} + 3\%$ を越えるので、粗粒材を12%まで曝気乾燥して混合ストックパイルを行った。

各材料の土質試験結果を表-13に示す。

表-13 土質試験結果

種 別	細粒材	粗粒材	1:3混合材
粒度特性	レキ分(2mm以上) %	27.2	71.7
	砂分(74~2,000 μ m) %	36.4	22.0
	シルト分(5~74 μ m) %	19.1	3.4
	粘土分(5 μ m以下) %	17.3	2.8
	最大粒径 mm	60	60
	均等係数 U_c	436	50.2
コンシステンシー特性	液性限界 W_L %	54.0	36.8
	塑性限界 W_p %	36.0	22.6
	塑性指数 I_p %	18.0	14.2
分 類	日本統一分類	M.H	G.W
土粒子の比重		2.468	2.478
力学特性	最大乾燥密度 γ_{dmax} g/cm ³	1.472	1.978
	最適含水比 w_{opt} %	26.8	10.5
透水係数 (w_{opt} のとき) cm/s		—	5×10^{-7}

(2) グリズリおよび乾燥工程

粗粒材のフルイ分け設備グリズリは図-9に示すものであり傾斜角33°で2段スクリーンとした。当初、傾斜角を30°一段スクリーンとして試験した結果、スクリーン上に土砂が残留し有効でなかった。グリズリ投入材の含

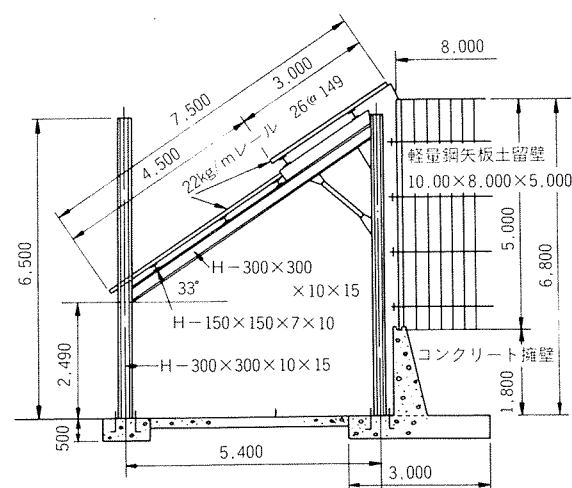


図-9 グリズリ構造図

水比が14%を越えると土粒子が相互に付着し分散性が悪くグρίζリのレーン上に残留して石落し作業に労力を要することから投入材は13%以下とし、作業員2人の石落して施工した。このため原材料をブルドーザにより曝気乾燥し自然含水比平均16%のものを12%まで4%低下した。なお自然含水比の砂レキを山積して3ヶ月間ストックしたが含水比の低下はみられなかった。

土の自然乾燥に関する資料はあまりないが、土の乾燥は土中の水分の蒸発によると考えられ、一般に土の蒸発散は蒸発散能との関数で示され、十分に湿った土からの蒸発は蒸発散能とほぼ一致し、地面蒸発量 E_t と蒸発散能 E_p との比を蒸発比 $f = E_t/E_p$ とすると、土質および含水比の変化により蒸発比に大きな差があり、含水比がある値以下になると蒸発量は極度に減少するとの報告がある。(吉良：農技研報告F第6号，S28.)

ここで蒸発散能 E_p はソーンスウェイトの式で

$$E_p = 0.533 D_o (10 t_j / J)^a$$

$$a = 0.000000678 J^3 - 0.000077/J^2 + 0.01792 J + 0.49236$$

$$J = \sum_{j=1}^{12} (t_j/5)^{1.514}$$

ここに E_p ：月平均蒸発散能 (mm/d)

D_o ：日照時間 (12h/d)

t_j ：j月の月平均気温 (°C)

で盛岡の場合、 $a = 1.199$ $J = 44.686$ となる。

これを現場実験により補正し月平均気温 t_j を外気温 t に置換えて、 $E_t = f \cdot n \cdot E_p = 0.07 D_o \cdot t^{1.2}$ を得た。

ここに f ：蒸発比 E_t/E_p 粗粒材の場合 $w = 9.0\%$ 以上の場合 $f = 1.0$

n ：補正係数 実験より0.8

D_o ：日照時間 (12h/d)

t ：平均外気温 (°C)

E_t ：地面蒸発量 (mm/d)

この式によれば外気温が20°Cで日照時間が12時間のとき土の蒸発量は $E_t = 0.07 \times \frac{12}{12} \times (20)^{1.2} = 2.55$ (mm/d) であり層厚20cmの土砂 ($\gamma_s = 1.7$) の含水比の低下量は1日 $\Delta w = 2.55 \times 10^{-3} / 1.7 \times 20 \times 100 = 0.75\%$ となる。この式は日照時間と温度によるもので風その他による影響は出てこないが、現場実験によると風速4m/sの場合と無風の場合では $E_t = 0.23$ mm/hの差があり風による効果は大きいといえる。温度と風の影響を考慮した蒸発に関する数値式はまだ確立されていないが、上式は土の乾燥量を示す目安になるものと考えらる。

実験結果に示されるように、土の乾燥は外気温が高く、風の強い時に効果があり、土の表面積を大きくするため

にウネ立てを行い、表面が乾いた時点で中の土と混合攪拌することによって乾燥しやすくすることが必要である。ブルドーザによる砂レキ層の集土は表層5cmを目安として行き平均20cmの層厚でまき出し乾燥集土を繰返し所定の含水比まで低下させた。乾燥実績は1日の乾燥工程で約1%の含水比低下であり平均4%低下させるのに4日を要した。土の乾燥は天候に左右され降雨の影響をできるだけ少なくするために16m×32mの大型シートで原材料および乾燥材を養生した。

(3) スtockパイル

ストックヤードは盛立ピーク時の1ヶ月分を2面でストックできるものとして3,000m²ヤード3面で計画していたが、コア材の乾燥ヤードおよび越冬対策、工程の確保のためにストックヤードを各1面増加した。ストックヤードの面積は表-14に示す。

表-14 スtockヤード面積

用 途	1面の面積	数量	計 m ²
1:3混合ストックヤード	3,000	4	12,000
乾燥ストックヤード	6,000	1	6,000
1:1混合ストックヤード	1,000	1	1,000
細粒材単体ストックヤード	600	1	600
計			19,600

標準部のストックパイルは細粒材：粗粒材を重量比で、1:3混合した場合に混合含水比を18% ($w_{opt} = 17\%$) を目標に調整した。混合比の調整は層厚と現場密度管理により行い図-10に示す標準断面でストックパイルした。ストックパイルの大きさは底面30m×66.5m、高さ約4m、法勾配1:1.5として7,000m³を標準とし、1層の平均厚を細粒15cm、粗粒34cmとして最終層の層厚を調整して所定のものとした。混合材の含水比の規格は最適含水比から+3%の範囲であるが、粗粒材の乾燥工程より最適含水比のものをストックすることは困難であった。降

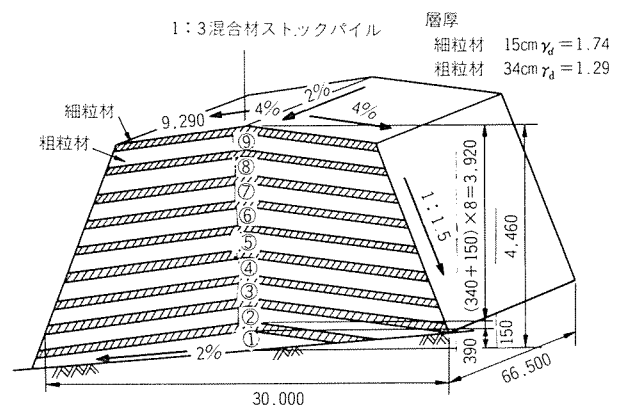


図-10 スtockパイル標準盛立図

雨等の影響によりストックパイル施工時の含水比より約1%上昇する傾向にあったため、ストック時点での目標値は最適含水比から+2%の範囲にする必要があった。さらに透水係数は最適含水比+2%で最小となり、最適含水比より乾燥側では規格を外れる恐れがあったため湿潤側の施工が要求された。降雨時に法面よりの水の浸透を防止するため断面中央部を高くし各層左右に4%の排水勾配をつけ、基盤は層厚50cmのロック材とし2%の排水勾配をつけた。降雨の影響を少なくするため、降雨時には36m×12mの大型シートで全面を養生し、細粒材盛立後には8t振動ローラで転圧して浸透を防止した。ストックパイルの施工時期は4月より11月までであり冬期間は翌年の分を越冬させたが、法面に細粒材を20cm土羽打し、その上を大型シートで覆い、天端は細粒材15cm2層として8t振動ローラで転圧して養生した結果、法面部に約2%の含水比上昇がみられた以外は異常がなかった。各材料のまき出しは層厚と密度のバラツキを少なくするため、粗粒材中央部をダンプ走行させ湿地17tブルドーザにより敷均した。層厚の管理は各層毎に丁張を設置し、現場密度試験は各層3点、含水比試験は各層9点測定して混合化および含水比を管理した。

ストックパイルの稼働日数は材料採取、特に乾燥工程に左右され昭和53～54年の実績は表-15のとおりである。昭和53年実績に対し昭和54年の稼働率が低下しているのは粗粒材の採取位置が地下水位に近く降雨の影響が大きかったのと乾燥材料を確保後集中してストックパイルしたためである。

表-15 ストックパイル稼働実績

種 別	昭和53年(6月～11月)	昭和54年(3月～10月)
乾燥工 (d)	90	97
グリズリ生産 (d)	90	77
ストックパイル (d)	71	62
暦 日 (d)	173	237
降雨日 (d)	61	105
暦 日－降雨日 (d)	112	132
ストックパイル量(m³)	54,200	74,800

作業可能日数=(暦日－降雨日)×0.66
=0.43×暦日

材料採取から盛立までの各材料の量率を表-16に示す。

表-17にストックパイル実績を示す。

表-16 材料採取－盛立フローシート

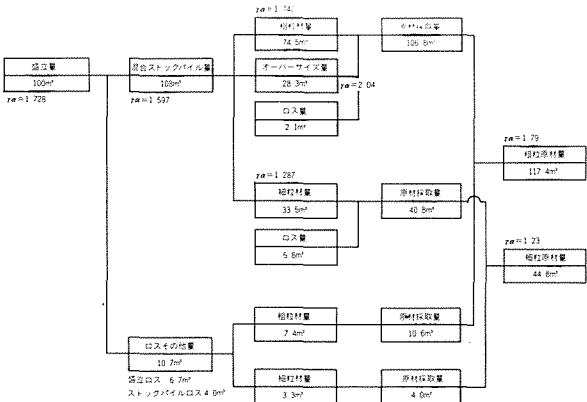


表-17 ストックパイル実績

ストックパイル No.(ヤード)	造成時期	体 積 (m³)	含水比 (%)	乾 燥 密 度 ((t/m³)	混 合 比 細粒：粗粒	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (t/m³)	試験月日
No.1 (A-3)	S.53 7.13～ 9. 3	6,996	16.7	1.596	1：2.93	16.5	1.755	S.53 9.5
No.2 (A-2)	7.31～ 9. 4	7,559	16.1	1.608	1：3.29	16.6	1.669	9.30
No.3 (A-1)	8. 1～ 9. 4	7,139	17.5	1.600	1：3.00	16.9	1.682	10. 9
No.4 (A-5)	9.21～10.14	9,329	17.9	1.545	1：3.06	17.0	1.680	10.24
No.5 (A-3)	10.11～10.31	6,811	17.9	1.612	1：3.04	17.1	1.668	11. 3
No.6 (A-2)	10.18～11. 7	7,010	17.7	1.594	1：2.93	17.4	1.673	S.54 4.25
No.7 (A-1)	S.54 3.19～ 4.13	6,525	18.4	1.589	1：2.98	17.1	1.684	4.15
No.8 (A-3)	4.23～ 5. 9	7,508	18.4	1.622	1：3.04	17.1	1.694	5.15
No.9 (A-1)	5.11～ 6. 2	7,496	17.5	1.578	1：3.01	16.3	1.694	6. 9
No.10(A-2)	5.24～ 6. 2	7,495	17.5	1.576	1：3.03	17.1	1.688	6.13
No.11(A-5)	6. 7～ 7.18	13,483	17.2	1.616	1：3.01	17.0	1.691	7.20
No.12(A-3)	7.20～ 8.24	9,504	17.1	1.637	1：2.97	17.0	1.691	9. 4
No.13(A-1)	7.26～ 8.29	8,040	17.3	1.643	1：2.99	17.4	1.662	11. 5
No.14(A-2)	9. 1～ 9.24	7,486	17.4	1.580	1：3.04	17.1	1.669	10.10
No.15(A-5)	9.20～10.18	5,937	18.5	1.564	1：3.00	18.6	1.722	S.55 6.2
計		118,318	平均17.5	平均1.597	平均1：3.02			



写真-5 スtockパイル盛立状況



写真-6 バックホーによる混合攪拌状況, 4回程度

3-3 盛立

フィルダムコア盛立は層状ストックパイルしたものをバックホーにより4回程度混合攪拌後11tfダンプで運搬し、1層22cmまき出し、20cm仕上りとして転圧した。

a) コンタクト面の処理

コア部の基盤はコア盛立前に浮石、堆積物を除去し、圧力空気、ワイヤブラシ等で清掃しコンクリート面はチッピングを行った。コア接着面はスラリー処理を行い図-11に示す区分によりコンタクトコアを施工した。コンタクト面よりの湧水処理はヒューム管を埋設して集水し盛立終了後小砂利を投入しセメントミルクを注入して填充した。

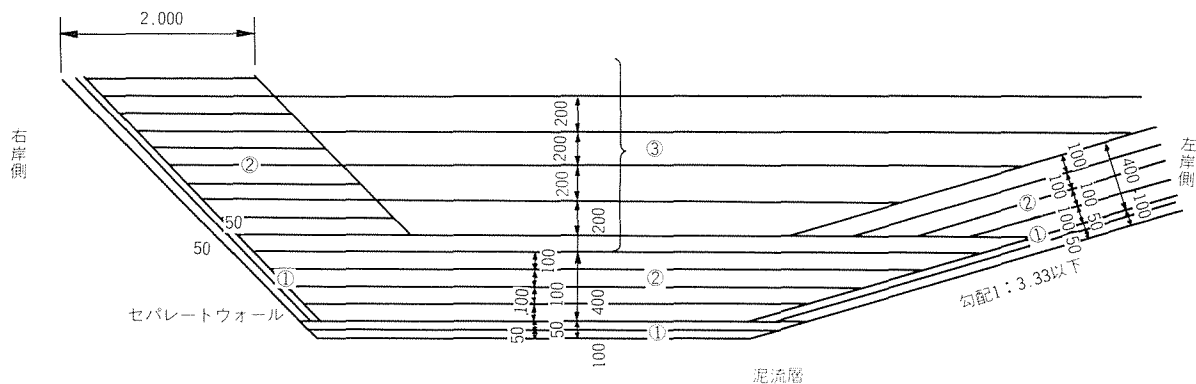
b) 盛立標準

コア、フィルタおよびロック材の盛立基準は図-12および表-18に示す。

降雨時の対策としては盛立面を上下流方向に2%の勾

表-18 盛立基準

盛立種別	一層の厚さ	転圧機種	転圧回数	乾燥密度
コア	20cm	タンピングローラ30t C-825B	12回	1.65t/m³
フィルタ(細)	40cm	振動ローラ21t SP-60	4回	2.00
フィルタ(粗)	40cm	"	4回	2.00
ロック	50cm	"	6回	1.60



層別	一層の厚さ	転圧機種	転圧回数	乾燥密度
①-1	5 cm	エアタンパ T-6	2分/m²	1.20t/m³
①-2	5	バイブロランマ80kgf WRA-80	1分/m²	1.20
②-1	10	振動ローラ8tf BW-200	8回	1.45
②-2	10	" 8tf BW-200	8回	1.45
②-3	10	"	8回	1.45
②-4	10	"	8回	1.45
③-1	10	"	10回	1.70

材料混合 区分	混合割合	
	細粒材	粗粒材
①	1	0
②	1	1
③	1	3

※コンタクト面の勾配1:3.33より急な部分で水平に転圧する場合は②と同じとする。

図-11 コンタクト面の盛立



写真-7 左岸泥流層接着面コンタクトコアの施工

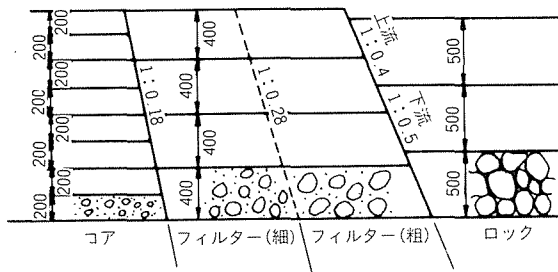


図-12 盛立標準図

配をつけシート養生を行ったが、8t振動ローラで転圧後天日乾燥させた方が雨水の浸透が少なく乾燥効果がよかった。

c) 盛立日数の算定

コア盛立にあたり、日平均気温が 3°C 以下の場合には不稼働日、日降雨量が $2\sim 5\text{mm}$ のときは1日、 $5\sim 10\text{mm}$ で2日、 $10\sim 20\text{mm}$ で3日、 $20\sim 30\text{mm}$ で4日、 30mm 以上は5日を不稼働日として過去の気象データより算定すると表-19の左欄の日数となり稼働可能日数は暦日の38%と算定される。これに対する稼働実績は同表右欄に示す日数であり、計画日数とほぼ一致する。稼働日数149日の内17日は昼夜施工を実施した。

3-4 漏水観測施設

フィル堤体の漏水観測施設として堤体浸透流と下流水を分離するために、アスファルトコア止水壁を下流ロック敷先端部に設けた。堤体浸透流の集水ゾーンは図-13の様に4分割し、分水壁は中央コアを下流フィルタ部に突出させ、止水壁に連絡させたものである。

アスファルト止水壁に到達した浸透水はアスファルトのベースコンクリートへの集水溝で集水し、導水管によって観測室に連結した。昭和54年11月より湛水前約1年間の観測の結果、①地下湧水が主である ②上流河川

表-19 盛立実績

月別盛立可能日数		実稼働日数		
		S.53年	S.54年	S.55年
4月	13		10	3
5月	14		14	13
6月	13		12	11
7月	12		14	
8月	9		12	
9月	11	13	9	
10月	10	16	11	
11月	10	8	3	
計	92	37	85	27
暦日	244日			
盛立量	(m^3)	26,900	60,400	15,100
稼働日平均盛立量	(m^3/d)	727	974	559

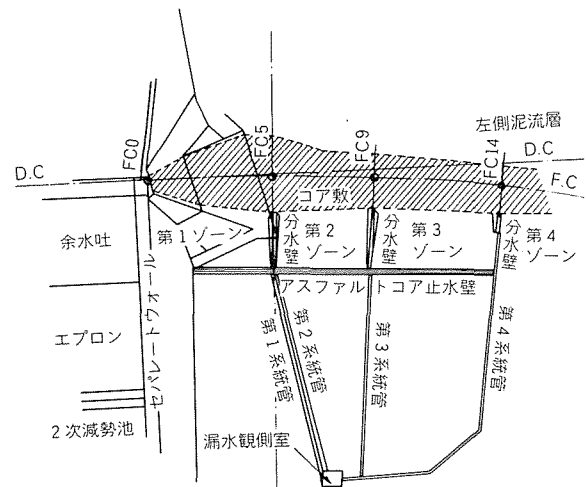


図-13 漏水観測施設平面図

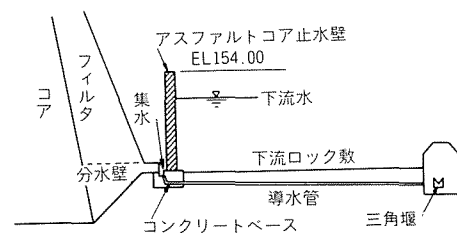


図-14 漏水施設断面図

水位との関係は不明確であるが降雨量との相関が認められる ③各系統の流量は降雨によって増加し、その後徐々に減少する傾向を示している。湛水前の流量は表-20に示すように $300\text{l}/\text{min}$ 程度であるが、湛水後約1ヶ月の

表－20 漏水量観測結果

系 統	湛 水 前		湛 水 時	湛 水 後
	降雨がしばらく 続かない時	通常	水位 EL156.000	水位 EL174.000
FWQ 01 (セパレート ウォール側)	30 ℓ/min	35	30	28
" 02 (河床)	15	20	21	15
" 03 (河床)	180	240	278	235
" 04 (左岸)	3	4	9	3
" 05 (総合)	230	300	338	281

流量は湛水前に比較して減少している。今後、常時満水位の状態における観測結果を見なければ断定できないが、現時点ではフィル堤体からの漏水は観測されない。

3－5 品質管理

a) 管理方法

コア盛立において所定の規格を満足させるためには、管理された標準作業で盛立ることと正しく混合調整されたコア材が必要であり、本工事においてはコア材の調整ストック作業が盛立の良否を左右した。特記仕様による管理基準は盛立時における品質管理について規定しているが、正しく混合調整されたコア材は材料の採取からストックに至るまでの含水比管理とストック時における密度、層厚の管理により得られるもので表－21にその内容を示す。盛立時には混合調整されたコア材が盛立標準作

業によって規格値を満足しているか否かを確認するものであり、盛立量5,000m³毎に突固め、粒度、透水試験を実施した。盛立時における管理項目を表－22に示す。

盛立現場における含水比と密度試験にはRI法(表面透過型水分密度計)を使用し迅速かつ適切な管理ができた。RIの使用に際して盛立土を使用した校正曲線の適否が測定値の精度を左右するが、同一ヶ所における砂置換法による現場密度試験および炉乾燥法による含水比試験の結果と同等の値を示している。今回使用した計器の仕様は次のとおりである。

計器名 日本イーティーエル社製コンパクションテスター Model SX-11B型
仕様 湿潤密度 γ_t 1.0～2.4g/cm³
含水量 m 0～0.5g/cm³
表示方法 スケアラ表示(4桁発光ダイオード表示 1分間タイマ内蔵)

コンパクションテスターは盛土又は地山の湿潤密度および含水量を同一地点で同時にかつ短時間に測定できる特徴がある。測定される湿潤密度及び含水量は表面より20cmまでの深さである。20cmの深さに挿入した線源により土を透過し検出器に到達する放射線の量をスケアラで表示するものであり、この表示された放射線量を校正曲線を用いて湿潤密度及び含水量を求めるものである。

表－21 材料採取～ストックパイル品質管理項目

試験場所	試験時期	試験項目	試験(測定)目的	目標値	試験基準
細粒材採取場	搬出時	含水比	含水比確認(簡易法)	33～35%	1日1回
粗粒材採取場	グリズリ通過後	含水比	"(簡易法)	13%	午前・午後各1回 及び採取ヶ所移動時
ストックヤード	ストック前	含水比	ストック良否決定(簡易法)	12%	1日1回
	ストック時	含水比	含水比確認(JIS-A-1203)	12%	細粒・粗粒各層9点
	ストック後	現場密度	最終層厚決定資料(JIS-A-1214)	細 $\gamma_d=1.26$ 粗 $\gamma_d=1.70$	細粒・粗粒各層3点
	ストック時	ストック層厚	層厚管理(丁張)		細粒・粗粒各層毎

表－22 コア盛立施工管理基準

試験(測定)項目		試験方法	規格値	試験基準
含水量試験		JIS-A-1203及び簡易法	最適含水比 0～+3%	1日又は1層に1回、1回当たり2件
突固め試験		JIS-A-1210に準ずる	—————	作業日7日毎又は5,000m ³ に1回 1回当たり1件
現場密度試験		JIS-A-1214及び簡易法	$\gamma_d=1.650$ 以上 D値95%以上	1日又は1層に1回、1回当たり2件
粒度試験		JIS-A-1204	指 示	堤体および採取場で作業日7日毎 又は5,000m ³ に1回、1回当たり1件
透水試験	現場	現場密度試験孔において 変水位法又は定水位法	5×10^{-6} cm/s 以下	作業日7日毎又は5,000m ³ に1回 1回当たり1件
	室内	JIS-A-1218に準ずる		作業日14日毎又は10,000m ³ に1回 1回当たり1件

突固め試験はφ30cmモールドの自動突固め機を使用し標準エネルギーの1.5倍で突固め及び透水試験を行った。

標準エネルギーで突固め透水試験を行った結果、突固め試験においてはレキの混入率が高いため突固め回数が不足気味であり、透水試験では側面からの漏水がみられた。他のダムのもものと比較すると表-23のとおりである。

b) 管理結果

ストックパイルにおける細粒材の平均含水比は32.7%粗粒材の平均含水比は12.3%でありストックパイルの混合含水比は17.5%となる。これに対し盛立時における平均含水比はRI法18.6%、炉乾燥法で18.4%でありストックパイル時点より盛立時まで約1%の含水比上昇がみられる。これはストック時およびそれ以後の降雨による影響と考えられる。現場密度試験結果は $\gamma_d = 1.728 \text{ t/m}^3$ でありD値が97%付近に平均値があるが規格値D95%に対してはゆとりがない。透水試験結果の平均値は $1.04 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ で全点規格値 5×10^{-6} を満足しているが測定値にバラツキがみられる。粒度では粒径 $74 \mu\text{m}$ 以下15~30%を目標にしたのに対し測定値は16~25%の範囲にあり均等係数は、1:3混合で650~2,140平均1,360であった。細粒材単体の場合67~929平均455であり、粗粒材単体の場合は52~540平均259であった。細粒材粗粒材単体では、かなりのバラツキがあったがストックパ

表-23 突固めエネルギーの比較

種 別	単 位	本沢ダム	御母衣ダム	牧尾ダム	御所ダム
ランマの重量	kg	4.5	4.5	10.0	8.19
ランマの落下高	cm	45.7	45.7	50.0	39.0
ランマの直径	cm	5.0	5.0		5.0
モールドの高さ	cm	30.5	30.0	20.0	30.0
モールドの直径	cm	34.3	30.0	25.4	30.0
モールドの体積	cm^3	25,000	21,200	8,000	21,206
突固め層数	層	5	6	5	6
1層当りの突固め回数	回	139	96	45	94
試料の許容最大寸法	mm	50	40	50	60
突固めエネルギー	$\text{kg} \cdot \text{cm/cm}^2$	5.717	5.587	14.063	8.495

表-24 管理結果

種 別		試 験 項 目	測点数	測定値の平均	標準偏差	変動係数	規 格 値
ストックパイル	細 粒 材	含 水 比 (%)	1.072	32.7	2.84	8.69	
		現 場 密 度 (g/cm³)	356	1.292	0.080	6.18	
	粗 粒 材	含 水 比 (%)	1.060	12.3	1.23	10.08	
		現 場 密 度 (g/cm³)	356	1.739	0.090	5.17	
1：3混 合 材		含 水 比 (R・I) (%)	627	18.6	0.80	4.34	$w_{opt}0 \sim +3\%$
		含水比(炉乾燥) (%)	638	18.4	0.74	4.04	"
		現 場 密 度 (g/cm³)	626	1.728	0.024	1.41	1.650以上 D95%以上
		透 水 係 数 (cm/s)	35	1.04×10^{-6}	2.19×10^{-7}	33.90	5×10^{-6} 以下
フィルタ材	細粒	現 場 密 度 (g/cm³)	97	2.245	0.089	3.93	2.15以上
	粗粒	現 場 密 度 (g/cm³)	138	2.261	0.058	2.58	2.15以上
ロ ッ ク 材		現 場 密 度 (g/cm³)	270	1.661	0.055	3.30	1.60以上

イルすることにより含水比だけでなく粒度の安定につながった。

各試験結果を表-24および図-15~17に示す。

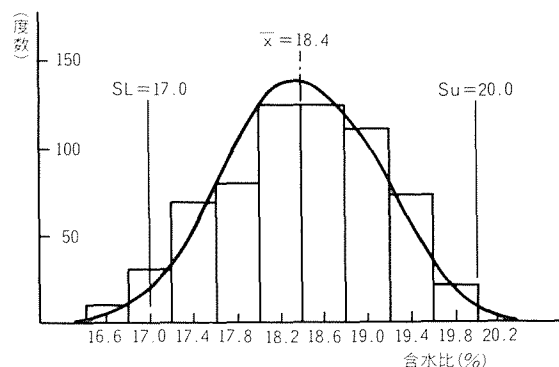


図-15 含水比測定結果

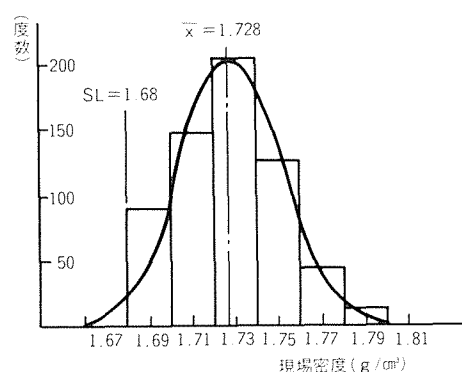


図-16 現場密度測定結果

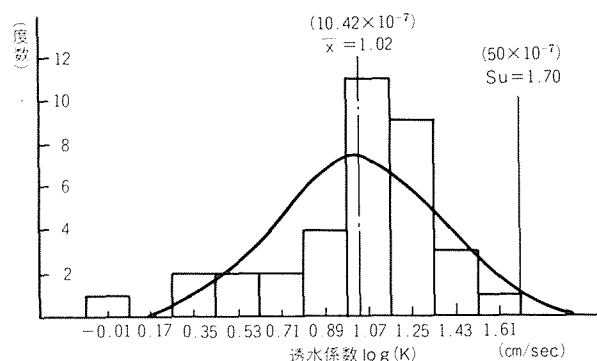


図-17 透水係数測定結果

§ 4. まとめ

当工事において上流2次締切とフィル堤体のコアは施工時期の相違により異なった材料で施工したが、冬季厳寒期におけるアスファルトコアの場合は実績も少なく気象条件の厳しい中での施工であり、フィル堤体部のコアの場合は含水比の低下を必要とする混合コアの施工で材料採取から盛立に至るまで気象条件に影響されることが多く、特に含水比の管理において多大の労力を必要とした。降雨時における乾燥材の量的な確保および越冬対策等人力作業によるところが多く、安定した工程を確保するためには気象条件を的確につかむことから得られたものといえる。ストックパイルおよび盛立の作業日数をみても暦日の35%であり、作業日149日の内17日の昼夜作業に示されるように好天日に集中して施工することによって工程の確保がなされたものと考ええる。

御所ダムは現在湛水し、アスファルトコアおよび本体コアとも浸透による漏水は観測されていない。

本報告がコア施工の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 「フィルダム・アスファルトコア工法の開発と実例について」`第11回フィルタイプダム施工技術講習会資料` 鹿島建設
- 2) 土木学会：水理公式集