

ロックフィルダム用土の盛土試験について

齋藤 二郎 平間 邦興
木村 薫 佐藤 滋男
(靴屋工事事務所)

Some Field Studies on Soil Materials of Kojiya Rockfill Dam

Jiro Saito Kunioki Hirama
Kaoru Kimura Shigeo Sato

Abstract

This report is on the use of core materials and transition materials in embankment of Kojiya Rockfill Dam.

Both materials make use of deposits of the Noma River, and before banking, rolling tests were carried out on these materials at a specially provided test site. The purposes of these tests were as follows:

- a) Selection of rolling machines.
- b) Examination of methods of rolling and placement thickness.
- c) Examination of the relation of the number of rolling passes to compacted soil density and field coefficient of permeability.
- d) Examination of water content of these materials for embankment work.

The BW-200 rolling machine was found to be suitable for core materials. The rolling method using this machine consists of placement thickness of 20 cm and 6 passes of rolling. Under such conditions, a degree of compaction of higher than 95% and coefficient of permeability of 10^{-6} cm/sec are obtainable.

For transition materials, the KR-30 rolling machine is suitable. However, some consideration is needed such as drain setting in compacted layers or modification of grain size distribution since the permeability is low.

概 要

本報告は、靴屋ロックフィルダムの築立工事におけるコア材料ならびにトランジション材料の現場における施工方法につき述べるものである。

コア材料ならびにトランジション材料は、現場内の河床堆積土を使用し、本格的工事の開始に先だち試験フィールドを設けて転圧試験を実施した。試験の目的は、(イ) 転圧機械の選定、(ロ) まき出し厚さ転圧方法の確立、(ハ) 転圧回数と現場密度ならびに現場造水係数との関係、(ニ) 施工含水比の検討、である。試験結果より、コア材料については、転圧機種としてBW-200を選び、まき出し厚さ20cmで6回以上の転圧回数で締固め度95%以上、現場造水係数 10^{-6} cm/sec が得られることが判明した。また、トランジション材料については、転圧機種としてKR-30が適当であるが、現場造水係数が低く、ドレーン層の設置あるいは粒度改良など今後の対策を必要とすることが判明した。

1. まえがき

フィルタイプダムの特徴は、現地に存在する材料をできるだけ有効に利用し所用の安全性ならびに機能を確保することにある。フィルタイプダムに使用する材

料はかなり広い範囲にわたっているが利用する材料の選び方、タイプの選定の優劣によって、でき上る堤体の安定性や工事にかかる経費にかなりの幅がでてくる。また土取場に選定した地山の表層は決して均質なものではなく、設計計算に用いる各ゾーンの材料の力学的

諸性質を決める上にもまた施工管理の上にも多くの問題がある。これらの問題に対処するためには、材料の土質工学的な性質に関しての十分な知識を持つことの必要の他、現場で試験施工を行ない各材料の施工法ならびに品質管理の方式についてあらかじめ本格的工事の開始前に検討する必要がある。

工事の設計施工に直接必要な各材料の力学的性質としては、締固められた土のせん断強さ、透水性、あるいは締固め特性であり、これらは実際に使用する各土質の現場試験から検討し所用の品質を確保するに必要な施工法、施工機械の選定が行なわれる。

本報告は、加古川西部農業水利事業計算の一環として現在施工中の靴屋ロックフィルダムにおけるトランジション材料ならびにコア材料の盛土試験の結果につき述べるものである。

靴屋ロックフィルダムは加古川水系、野間川支流に建設中であり、灌漑用水および工業用水を目的とし流

域面積 3.8km²、給貯水量 13,500,000m³ の中心コア一型ロックフィルダムである。堤体の規模は、堤高が 43.4m、堤長 306.2m、築堤体積 861,340m³ である。

2. 試験の概要

(1) 試験箇所；兵庫県多可郡中町靴屋新田

(2) 試験期間；昭和48年9月～同年11月

(3) 試験フィールドの配置；試験フィールドの配置は、図-1 および図-2 に示すごとく、トランジション材料ならびにコア材料それぞれにつき試験場所を設けた。また、各試験フィールドは、転圧機種のことなるとにレーンを設けて転圧機種の違いによる締固めならびにまき出し層厚の変化に対する締固めの効果を比較した。

(4) 転圧機械；転圧機械は、タイヤローラー、振動ローラー、および振動タンピングローラーの3種類とした。

各転圧機械の諸元は表-1の通りである。

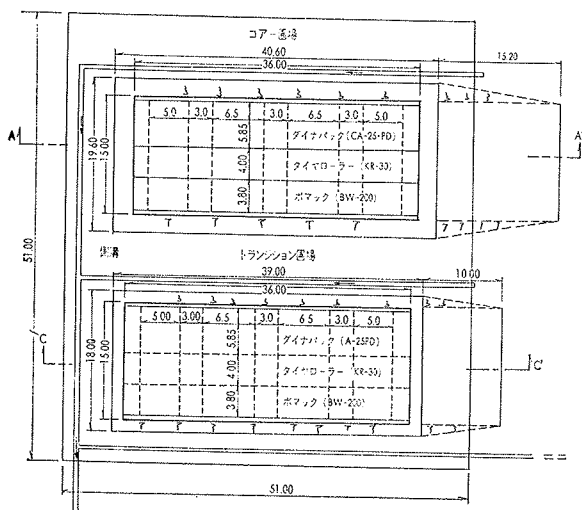


図-1 盛土試験圃場平面図

機種	振動ローラー	タイヤローラー	振動タンピングローラー
型式	BW-200	KR-30	CA-25PD
製造会社	ドイツ BOMAG	日本 川崎重工	スウェーデン DYNAPAC
可能走行速度	1速 1km/hr 2速 2km/hr 3速 3km/hr	1速 0~8 km/hr 2速 13 km/hr 3速 19 km/hr	1速 0~6.75 km/hr 2速 9.75 km/hr 3速 12.5 km/hr
全装備重量	8,000 kg (不燃不可能)	空車 12,000 kg ウエイトブロック 4,750 kg 砂 11,600 kg 計 28,350 kg	トラクター部 4,275 kg ローラー部 6,525 kg 計 10,800 kg
ローラー部仕様	全幅 2520 mm 純幅 2000 mm 前輪 幅 950mm 数 2 輪 後輪：前輪に同じ	全幅 2415 mm 純幅 2165 mm タイヤ寸法 前輪 13-24-18 P R 3 輪 後輪 13-24-18 P R 4 輪 タイヤ圧 3~7 kg/cm ²	全幅 2540 mm 純幅 2130 mm ローラー径 1720 mm パッドフット 偶数 15×10=150 接地面積 145cm ² /個
振動	3,500回/分	無し	1,700回/分
試験速度	1.2 km/hr	2.0 km/hr (無振動)	1.2 km/hr
試験重量	振動時 32,000 kg 静止時 8,000 kg	28,000 kg	26,600 kg 10,800 kg
その他	振動 3,000回/分	タイヤ圧 7.0 kg/cm ²	振動 1,500回/分

表-1 転圧機械の諸元

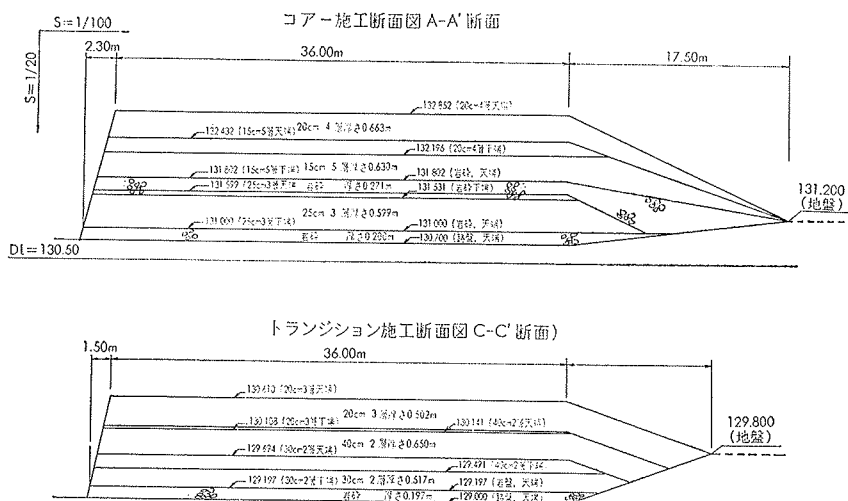


図-2 盛土試験圃場断面図

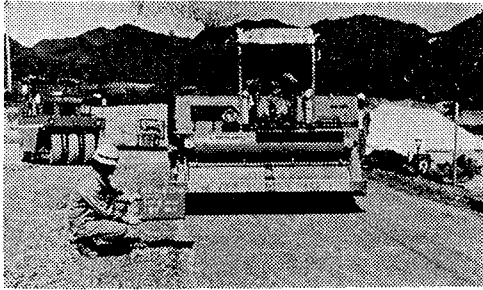


写真-1 ポマツグ BW-20

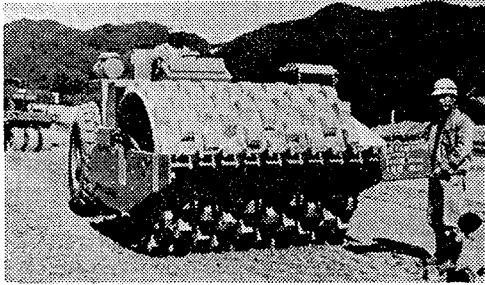


写真-2 ダイナバック CA-25PD

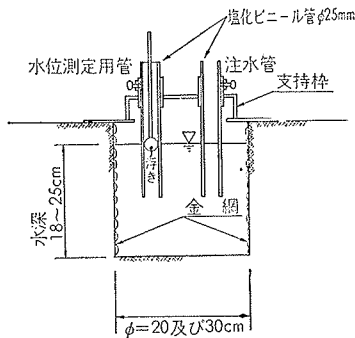


図-3 現場透水試験

(5) 測定；現場における締固めた土の透水試験は図-3に示す土地改良事業計算設計基準の第1法に順じて行なった。この際、現場における透水係数は、試験孔内の水位を一定するに要する単位当りの注水量 Q 、孔内水深 H 、試験孔の半径 γ とから次式により求めた。

$$k = \frac{Q}{2\pi H^3} \left[H \sin \cdot h^{-1} \left(\frac{H}{\gamma} \right) - \sqrt{\gamma^2 + H^2} + \gamma \right]$$

現場における締固めた土の密度試験は、コアー材料の場合、試験孔の直径20cm×深さ20cmの突き砂置換法による測定とし、トランジション材料の場合には、試験孔の直径30cm×深さ25cmの水置換法による測定とした。

盛土試験に用いた各材料は、レキの含有率が高く、JIS 標準突固め試験法における最大乾燥密度をレキ率をパラメータとし Walker-Holtz の方法により修正した。すなわち、今回の盛土試験において、基準となる JIS の標準突固め試験方法は、許容最大粒径を 19.1 mm として行ない、これ以上の粒径のものについては含有率に従い次式によりレキ補正した。

$$\gamma_{d_{max}} = \frac{1}{\frac{1-P}{\gamma'_{d_{max}}} + \frac{P}{G_b}}$$

ここに、 $\gamma_{d_{max}}$ ；修正最大乾燥密度、 $\gamma'_{d_{max}}$ ；19.1 mm 材料の突固め試験における最大乾燥密度、 P ；レキ(+19.1mm)の含有率、 G_b ；レキのかさ比重、である。

また、現場の締固め度(D)は修正最大乾燥密度 $\gamma_{d_{max}}$ と現場の乾燥密度 γ_{df} とから次式により求めた。

$$D \text{ 値} = \frac{\gamma_{df}}{\gamma_{d_{max}}} \times 100 \quad (\%)$$

3. 盛土試験に使用した土質

本試験に使用した材料の室内における土質試験結果を、図-4～6に示す。

コアー材料について、使用材料のレキ含有率は、大略38～58%の範囲にあり若干レキの含有が多いものの透水性を左右する 0.074mm (No. 200) 以下の細粒子も35%以上あり充分不透水性と判断される。

統一分類でも GC であり、パイピングに対する抵抗性も非常に高く、レキ含有率が高い割には、 10^{-8} cm/sec オーダの透水係数を得ることができると判断される。コアー材料の締固め含水量、締固め密度と透水係数の関係は、図-6に示されるようにレキの含有量ならびに含水量により著しく変化する。いずれのレキ含有率についても最適含水比より数%湿潤側の締固め含

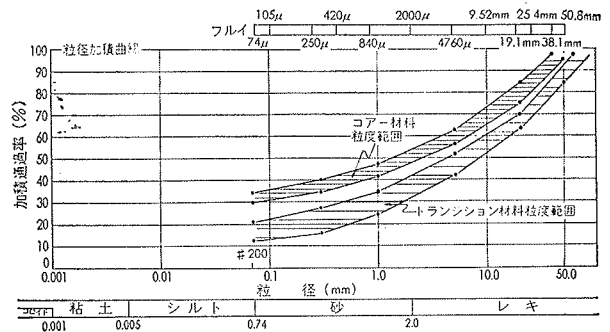


図-4 盛土試験材料の粒度

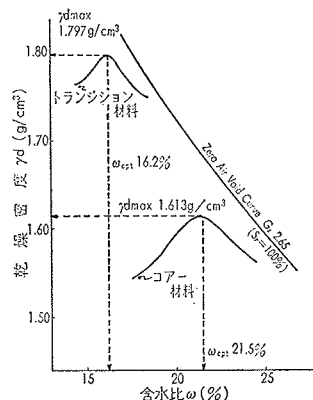


図-5 盛土試験材料の突固め試験結果

水比において最も低い透水係数が得られる。

トランジション材料について、統一分類では、G.Wに属し一応透水性に富む材料と云えるが、0.074mm以下の細粒土含有量が15~20%の範囲にあり透水性に

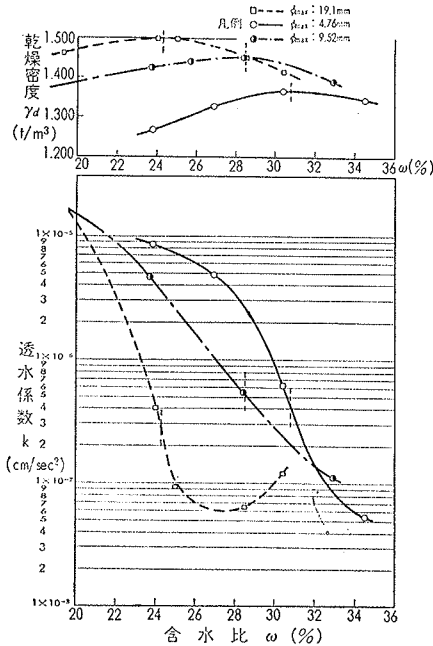


図-6 突固め密度と透水係数との関係
多少問題がある。

締固め密度については、両材料ともに $D \geq 95\%$ において十分に設計数値を上廻ることが予想され堤体の安定性に対する問題が少ないと考えられる。

4. 試験結果の検討

4.1. 転圧回数と沈下率の関係

各種転圧機械による転圧回数と沈下率の関係は、大

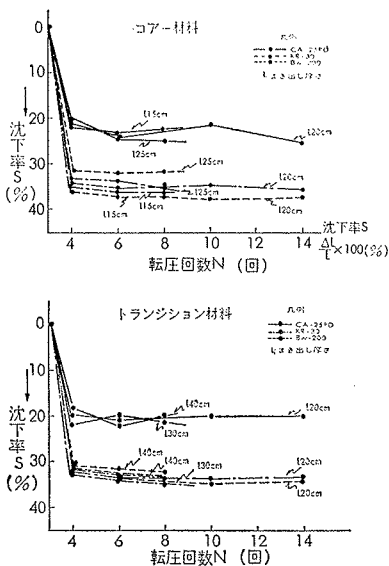


図-7 転圧回数と沈下率の関係

略コア-材料で35%、トランジション材料で30%の沈下率が転圧回数4回以上で得られた。図-7のうちCA-25PDの機種による沈下率が他の機種に比較して小さく現われている理由は、この機種がタンピング型式であるため測定にあたり転圧面のおうとつの平均を目測し転圧後の平均高さとしたため、ウォークアウトの影響が現われたものと考えられる。

一般にCA-25PDによる転圧の場合、まき出し土層のかなり深い部分まで転圧が及ぶため、まき出し層厚さの変化による沈下率の差が殆んど認められない。しかし他の2機種については明らかに、まき出し層厚さの変化による沈下率の違いが認められる。

4.2. 転圧回数と締固め度ならびに透水係数の関数

コア-材料について、試験時の含水比が各まき出し土層厚さごとに異なっており、この点同一条件ではないが試験結果から次のことが判断された。

桃屋ダム仕様書によれば、施工管理限界値として、 $D \geq 95\%$ 、 $k \leq 3.6 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ である。したがって転圧試験結果は、これらを満足するに必要な転圧回数ならびに施工機械を選定することとなる。

まき出し厚さ15cmおよび25cmにおける転圧試験結果についてみると、試験時の自然含水比が最適含水比より1~4%湿潤側の範囲にあったためKR-30では4回転圧以上で過転圧現象を生じトラフィカビリティ不足の問題を生じた。特に、まき出し厚さ25cmの場合には、過転圧による影響が大きくなり所要の透水係数がいずれの転圧回数においても得られなかった。しかし他の2機種については、まき出し層厚さの違いによる転圧効果の差は、あるものの所要のk値を得るに必要な転圧回数は、BW-200で6回以上、CA-25PDで6~7回以上であることが判明した。

一般的に、まき出し層厚さが25cm以上になると転圧効果が減少し所要のD値ならびにk値を得るに必要

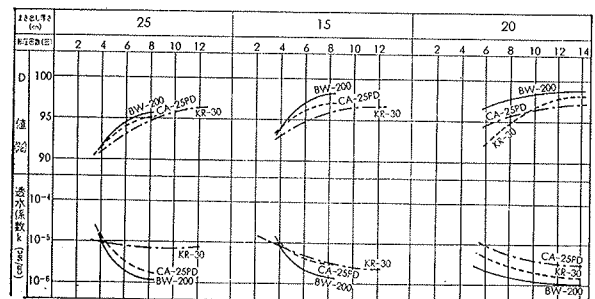


図-8 締固め度と透水係数との関係 (コア-材料)

な転圧回数は増加する。また転圧機種についてみるとこの場合、最も転圧効果を期待できる機種は、図-8から判断してBW-200と考えられる。

トランジション材料について、仕様書に規定される

諸数値は、 $\gamma_d \geq 1.69 \text{ t/m}^3$ 、 $D \geq 95\%$ 、 $k \geq 10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ である。

試験結果は、4回の転圧回数ですでに基本設計数値 $\gamma_d = 1.69 \text{ t/m}^3$ を上廻り、転圧回数に関する問題は無い。まき出し厚さが 30cm~40cm と厚くなるにつれ D 値 95% を得るための転圧回数は著しく大きくなる。BW-200、および CA-25PD では、まき出し厚さ 40cm の場合、8~9回の転圧回数を要するが、KR-30では14回以上になる。

盛土試験に使用したトランジション材料は、前述したように 0.074mm 以下の細粒度の含有量が若干、多かったため透水係数に過小な値を得る結果になった(図-9参照)。したがって今後本材料を使用する限りでは締固め土の透水性に若干の懸念を残すであろう。これに対処するためには、材料の細粒度分の含有量を15%程度に止め、最適含水比に対し数%乾燥側での締固めによることと、透水性を確保するための対策としてドレーン層を設置するなどの対策が必要と考えられる。



写真-3 現場透水係数の測定

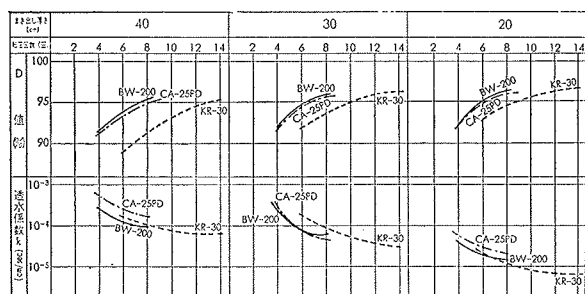


図-9 締固め密度と透水係数との関係 (トランジション材料)

5. まとめ

今回の試験結果から、コア材料ならびにトランジション材料のそれぞれにつき、転圧機械の選定、施工含水比、まき出し厚さ、など一連の施工方法について以下に述べる事柄が判断された。

5.1. 転圧機械の選定

試験結果より締固め密度、透水性ならびにトラフィカビリティーの状況など総合的に判断すれば表-2に

示す結果が得られる。

要因 機種	密度		透水性		トラフィカビリティー	
	乾燥側	湿潤側	乾燥側	湿潤側	乾燥側	湿潤側
BW-200	○	○	△	○	○	○
KR-30	○	×	△	×	○	×
CA-25PD	△	△	△	△	○	○

○：適当 △：普通 ×：不適当

表-2 転圧機械の適用性

コア材料の施工含水比が最適含水より数%湿潤側にある場合は、過転圧現象とトラフィカビリティー不足のため KR-30 による転圧効果が期待できない。また材料のレキ含有量が多い場合、CA-25PD による転圧はウォークアウトを生じ均一な締固めが得難いなどの欠点がある。結局、コア材料については、BW-200 が適当と考えられる。一方トランジション材料については、BW-200 および CA-25PD と同じ程度の転圧効果を示すものの転圧速度に関して、これら両機種に比して KR-30 が優れており、締固め効果においても前述の両機種に比してきしたる差のないことから KR-30 が適当と考えられる。

5.2. 施工含水比、まき出し厚さ等について

コア材料の施工含水比は、最適含水比を限界とし湿潤側はかなり広い範囲に選ぶことができるがトラフィカビリティーの問題を考慮すると湿潤側の限界含水比は、最適含水比の+4%までの範囲と考えられる。また、まき出し厚さについては、転圧機種に BW-200 を選ぶことを考慮し 20cm が適当と考えられる。一方、トランジション材料については、材料の透水性から施工含水比を最適含水より乾燥側に選ぶ方が良い。また、まき出し厚さについては、締固め機械に KR-30 を選ぶこととし 40cm が適当と考えられる。

6. むすび

一般に河床堆積土は、レキ率、含水比など材質的に変化に富む。したがってこれを盛土材料として使用する際は、ストックヤードを設けて異なる土質性状を有する材料を混合するなど、材質の均一化を行なった上で盛土材料として使用しなければならない。

今回の盛土試験に使用した材料は、土取場予定地として数カ所あるうちの一カ所から採取したものであり土取場に変更があれば当然、新たに試験盛土を行ない検討する必要がある。したがって、今後盛土材料として予定されている材料の埋蔵量をあらかじめ調査するとともに詳細な土質調査を行ない土質の変化に対応できる体制をとっておくなど工事に必要な盛土材料の長

期的な供給計画を現場の状況に応じて検討しなければならない。

試験盛土に使用した材料うち、コア材料については、レキ含有量が多く、一方トランジション材料では、逆に細粒度分が多く、いずれの材料についても締固めた土の透水性に若干の問題が残されることが判明した。

これら材料の施工に当っては、今後粒度改良あるいはフィルターの設定などの処置が望まれる。

最後に、本試験盛土は近畿農政局加古川西部農業水利事業所糺屋支所の指導のもとに実施したものであり、試験工事は大林組糺屋工事々務所が行なった。ここに関係各位に深謝するしだいです。