

表面遮水壁型工の舗設基盤（トランジション） の要求機能に関する検討

田代 幸英¹・高橋 和雄²・蔣 宇静²・穴井 幸康¹・
袴着 正隆¹・草場 敏宏³

¹正会員 九州電力株式会社 土木部（〒810-8720 福岡県福岡市中央区渡辺通2丁目1番82号）

E-mail : Yukihide_Tashiro@kyuden.co.jp

²正会員 長崎大学教授 工学部社会開発工学科（〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14）

³正会員 西日本技術開発株式会社 調査解析部（〒815-0032 福岡県福岡市南区塩原2-1-47）

ダム、貯水池などに採用されているアスファルト表面遮水壁工においては、その舗設基盤となるトランジションの性状が安定性に大きく影響する。この基盤となるトランジションは、強度、変形性や透水性などの機能だけでなく、遮水壁工本体との一体化を図るための密着性の確保が必要となる。本論文は、トランジションに要求される機能を室内材料試験や現場舗設試験で検証し、それらを実施工で実証した結果を踏まえ、最適な設計、施工方法を提案するものである。

Key Words : asphalt faced rockfill dam, transition layer, compaction control, surface roughness control, evenness

1. はじめに

ダムや貯水池（農業用の溜め池を含む）に近年採用されているアスファルト表面遮水壁工においては、舗設基盤面を平滑に整形しその上にアスファルトコンクリートを施工すること、供用開始後湛水による水圧や地震による外圧を受けることなどから、舗設基盤となるトランジション層の機能がその安定性に大きく影響する。特にトランジション層の強度や変形性のみでなく、舗設面でのアスファルトコンクリートとの一体化（密着性）の不足は、外荷重の作用による剥がれの一因となり、安定性を大きく損なうことも懸念される。一方、トランジション層のもう一つの役割として遮水壁背面から作用する水圧（背圧）の防止があり、トランジション層の透水性も重要である。

本論文は、九州電力株式会社が宮崎県木城町に建設した小丸川発電所上部調整池工事におけるトランジション層に要求される機能を、現場で実施した盛立試験や舗設試験で検証し、実施工で実証した結果を踏まえ、最適な施工及び管理方法を提案するものである。

2. トランジションの構造と要求される機能

小丸川揚水発電所の上部調整池（大瀬内ダム）は、国内最大規模（舗設面積約30万 m^2 ）のアスファルト全面表面遮水壁型調整池（写真-1）であり、図-1に示すような斜面部（約19万 m^2 ）と底面部（約11万 m^2 ）から構成されている。

アスファルト遮水壁工の基本構造を図-2に示す。遮水壁は全体厚300mm程度（底面部のみ260mm）の多層構造からなり、その下に600mm（底面部500mm）のトランジション層を持つ。



写真-1 小丸川上部調整池の全景（2006.6撮影）

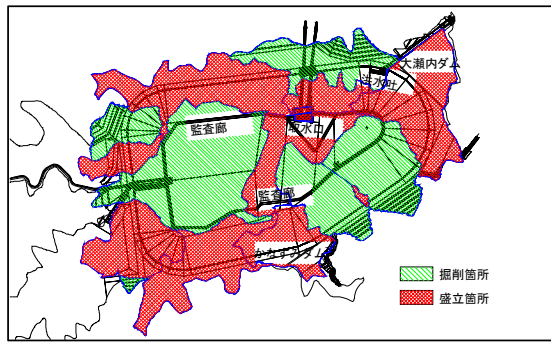


図-1 小丸川上部調整池平面

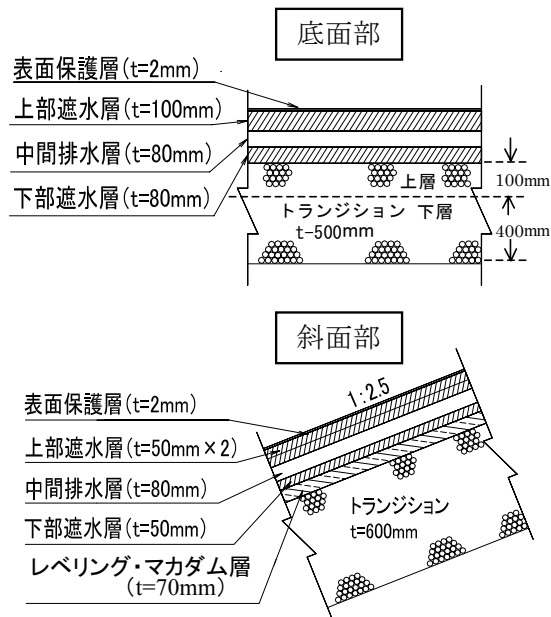


図-2 トランジション・遮水壁構造図

表-1 トランジション盛立仕様

項目	斜面部	底面部
面積	187,000 m ²	112,000 m ²
厚さ	600mm	500mm (上層 100mm, 下層 400mm)
材料	C _{II} 級破碎ロック材	同 左
粒径	100mm以下	上層: 40mm以下 下層: 100mm以下

(1) トランジションの構造

斜面部トランジションの構造は、厚さ 600mm、勾配 1 : 2.5 (約 22°) の調整池斜面に沿った形状である。

また、底面部トランジションは厚さ 500mm の水平構造 (一部 1 : 10 勾配部を持つ) であるが、後述する遮水壁の施工を考慮して上層 100mm と下層 400mm の 2 層構造とした。表-1 にトランジションの仕様を示す。

(2) トランジションに要求される機能

トランジションはアスファルト遮水壁の基盤として堤体に荷重を伝達する重要なゾーンであり、安全性や施工性の観点から表-2 に示すような機能が求められる。

表-2 トランジションの要求機能

項目	機能	管理値
強度	トランジション部がすべり破壊を起こさない強度	[堤体材料設計値] ・乾燥密度： 1.88g/cm ³ 以上 ・締固め度： 1Ec 相当以上
変形性	不等沈下により遮水壁に亀裂を生じさせない様な変形性	[堤体材料設計値] ・乾燥密度： 1.88g/cm ³ 以上
透水性	切土部において地山からの浸透水により遮水壁に背圧を生じないように排水できる透水性	[堤体材料設計値] ・透水係数： 1×10 ⁻² cm/s 以上
耐久性	凍結・融解により劣化しない耐久性	[ロック材の暴露試験 ²⁾] 吸水率：2%以下
表面粗度	アスファルト遮水壁と密着させすべりを防止するための適度な表面粗度	機能検証試験により設定
平坦性	遮水壁の設計厚を満足させるための平坦性	機能検証試験により設定

3. トランジションの施工における課題

トランジションの施工にあたっては、構造上の特殊性からまき出し及び転圧作業の省力化と仕上がり面高さの精度確保、十分な締固めの実施が課題であった。

- 1) 斜面部は基盤に切土盛土が混在する斜面施工 (勾配 1 : 2.5) となるとともに、すり鉢状の調整池形状に沿った薄層まき出し (t = 600mm 以下) となる。また、調整池の斜面隅角部は曲面形状で法尻部にも曲線部を有することから、まき出し作業にあたっては膨大な丁張りの設置や熟練したオペレータの確保が必要であった。
- 2) トランジション仕上り面は、遮水壁の設計厚を確保するため平坦性が要求される。特に底面部においては施工の効率化を図るため国内で初めて遮水層に厚層舗設工法を採用しレベリング・マカダム層を省略することから、より精度の高い平坦性の確保が必要であった。
- 3) 斜面部においては、約 19 万 m² もの広大な面積を斜面転圧することとなるため、十分な締固めの実施と施工の効率化が要求された。

このような施工課題を克服するため種々検討した結果、1)、2) については、IT を用いることにより丁張を設置せず高精度なまき出し作業が可能な 3 次元マシンコントローラシステム¹⁾ (以下「3D-MC システム」という) を導入し、ブルドーザもしくはモーターグレーダに取り付け、まき出しを実施することとした。また、3) については、当地点で独自に斜面自走式振動ローラ¹⁾を開発した。

4. トランジションの機能検証試験

トランジションに要求される機能には、表-2 に示すようにトランジション本体の材料に関するものとして強度、変形性、透水性、耐久性がある。またアスファルト遮水壁との一体化を図るための適度な表面粗度や遮水壁の施工を容易にするための平坦性などの表面仕上りに関するものがある。これらのトランジションに要求される機能の検証と施工ならびに品質を管理するための基準の策定を目的として盛立試験を実施した。

(1) 試験材料の選定

試験材料は調整池掘削によって発生しロック材料として盛土材に利用する頁岩C_H級で、耐久性試験²⁾により確認された吸水率2%以下の材料を破碎設備で製造したものを使用することとした。材料の製造にあたっては、底面部上層トランジションに40mm以下の碎石を使用すること、表面粗度の仕上り状態が細粒分の混入率に左右されることを考慮して、製造過程で40mm以下と40～100mmに分級し、斜面部及び底面部下層では、両者をブレンドする計画とした。その割合は、製造過程で発生する割合が1:1.2～1:1.5の範囲にあったことから、盛立

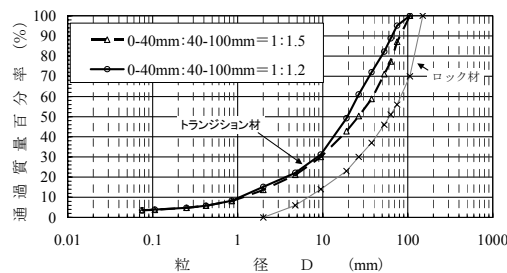


図-3 トランジションの粒度分布

表-3 トランジションの盛立試験ケース

試験ケース	材料ブレンド率	仕上り厚 (mm)	転圧回数 (回)	施工仕様	
				まき出し	転圧
1-1-1 (下層)	1:1.5	300	2~6	D6級 3D-MC 付 ブルドーザ	14t 級斜面 自走式振動 ローラ
1-1-2 (上層)		300			
1-2-1 (下層)	1:1.2	300	2~5	D8級 ブルドーザ	—
1-2-2 (上層)		300			
2-1 (下層)	1:1.2	300	0	D8級 ブルドーザ	—
2-2 (上層)		300	2~6	D6級 3D-MC 付 ブルドーザ	14t 級斜面 自走式振動 ローラ

表-4 盛立試験・測定項目

項目	試験・測定方法	箇所
密度	RI法及び水置換法により測定	459
透水係数	定水位法により測定	12
表面粗度	サンドパッチ法、デジタル画像処理法により測定	108
仕上り高さ	トータルステーションにより平面座標及び高さを測定 (測定点平面位置固定)	444

試験でも有効に活用するため1:1.2と1:1.5の配合比で実施した。粒度曲線を図-3に示す。

(2) 斜面部盛立試験の内容と結果

a) 試験ケース及び内容

試験ケースは使用材料、転圧回数及び施工効率化の検討を行うことを目的として表-3 のように設定した。盛立試験に伴う試験・測定項目は、トランジションとしての要求機能を確認するために必要な密度、透水係数、表面粗度、仕上り高さの4項目とした(表-4)。試験レーン及び試験項目の例としてケース1-2-2の試験ヤードを図-4に示し、試験状況を写真-2に示す。

なお、表面粗度測定については、定量的に測定する方法を種々検討した結果、画像処理法とサンドパッチ法を採用することとした。

b) 転圧後の密度

図-5 に転圧回数と乾燥密度及び締固め度の関係を示す。密度はブレンド率によって異なっているものの、いずれのケースとも設計値(1.88 g/cm³)を大きく上回っており、締固め度も転圧回数4回以上で95%以上が得られている。これらの結果から1:1.2～1:1.5の製造過程で発生する割合で良いことが確認された。

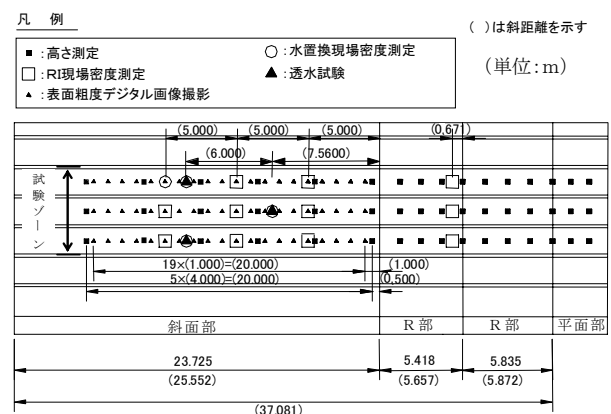


図-4 トランジションの盛立試験ヤード平面図



写真-2 トランジション盛立試験状況

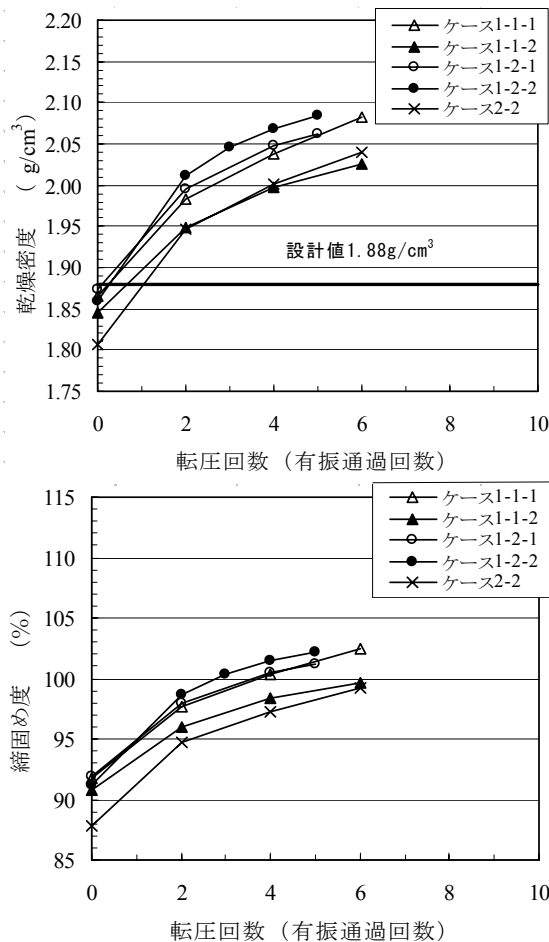


図-5 転圧回数と乾燥密度及び締固め度の関係

また、別途施工効率化の検討として実施した下層、上層まき出し後の 600mm 1 層転圧では、転圧面表層での密度は増加していたが、下層では密度増加は認められなかった。これらの結果からトランジション部の変形を極力抑制するため、2 層まき出し、2 層転圧とした。

転圧効果については、何れのケースも転圧回数 4 回で密度増加はほぼ収束傾向にあり、転圧回数を増加させても密度の伸びは $0.02 \sim 0.03 \text{ g/cm}^3$ と僅かであった。

一方、トランジション材料の室内三軸圧縮試験結果から、吸水率 2% 以下の材料で乾燥密度が 1.88 g/cm^3 以上あれば強度及び変形性が設計値を満足している²⁾ことが確認されており、今回の試験結果からその密度は斜面自走式振動ローラを用いた斜面転圧 4 回で得ることが確認された。

c) 転圧後の透水係数

透水性については、最終転圧後に密度測定孔（水置換孔）を利用して定水位法による透水試験を実施した。すべてのケースとも設計値 $1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 以上であり、透水性に問題ないことが確認された。

また透水性確保の観点から、これまでの透水試験結果（室内、現場盛立）と粒度分布の関係を求め、その下限

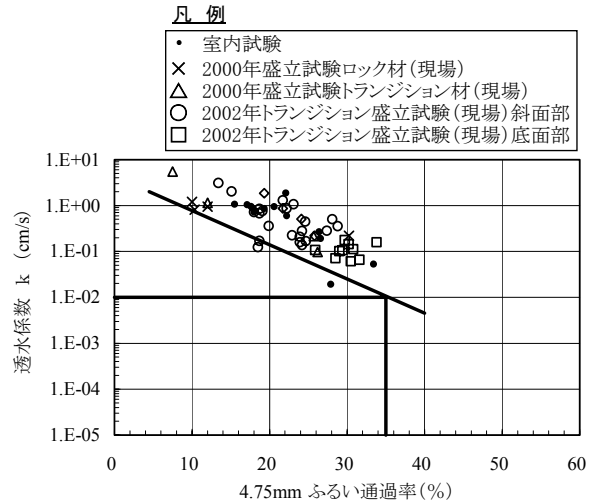


図-6 透水性と粒度の関係



写真-3 トランジション表面撮影状況



写真-4 サンドパッチの敷き砂状況

を取って設計値を満足する基準として 4.75mm ふるい通過率を 35% 以下とした。図-6 に透水係数と粒度の関係を示す。

d) 表面粗度の定量化

これまでの表面粗度の評価方法は目視による判定が一般的で定量的な方法は確立されていない。本検討ではデジタルカメラによる画像処理法とサンドパッチ法による定量化を試みた。

- 1) デジタルカメラで一定面積の表面状態を撮影した。礫としては中礫に相当する 1 辺 15mm の正方形の面積 (225 mm^2) 以上のものと仮定して画像処理を行い、抽出した礫分の割合（礫率）から粗度の状態を定量化した。写真-3 に撮影状況を示す。

- 2) サンドパッチ法は舗装試験法³⁾の「舗装路面の粗さの測定方法のうちサンドパッチング方法」に準拠した測定法で、転圧面にゴムマット枠（内寸 500mm×500mm×6mm）を敷き、枠内を充填するために必要な砂（標準砂）の量を求め、予め測定しておいた平坦部（コンクリート面）での充填量を差引き、枠内の面積で除して表面凹凸の平均深さを求めるものである。写真-4に測定状況を示す。
- 3) 表面粗度の良否については明瞭な判定基準がないため、盛立試験において細粒、適粒（ここでは目視観察により細かい、粗いと判定される両側を除いた中間の粒度を適粒とした）、粗粒面を抽出して目視と画像処理及びサンドパッチ法との比較を行った。その結果を図-7、図-8に示す。
- 4) サンドパッチ法で求めた平均凹凸深さは目視判定結果と良好な相関がみられ、細粒は 0~4mm、適粒は 2~6mm、粗粒は 6~12mm であった（図-7 参照）。画像処理法で求めた礫率は目視で細粒と判定されるもので 10%以下、適粒で 10~30%、粗粒で 30%以上で

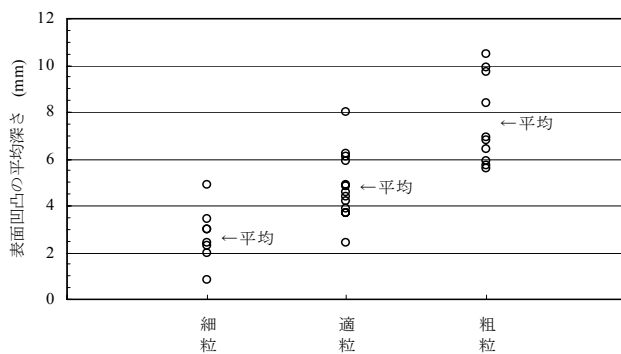


図-7 サンドパッチ法と目視判定の関係

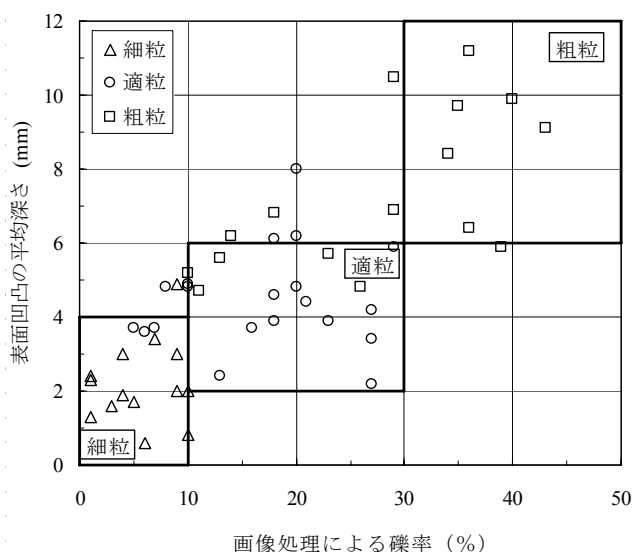


図-8 目視判定箇所のサンドパッチ法と画像処理による礫率

ある（図-8 参照）。この結果から表面観察からトラランジションに要求される表面粗度として良好と思われる範囲は、礫率で 10~30%、平均深さで 2~6mm と考えられる。また、図-8 に示すようにサンドパッチ法による凹凸深さは画像処理法による礫率と相関が認められ、両者の評価方法に有用性が認められる。

- 5) 以上のように平均凹凸深さや礫率は目視判定結果とよく対応していることから、表面粗度については、目視による評価に加え、画像処理法やサンドパッチ法で定量的に評価を行うことで個人誤差を極力少なくできる定量的評価方法の適用性が確認された。

e) 仕上り高さ（平坦性）

平坦性については、盛立試験ケース 2-1 を除く全てのケースの最終転圧回数において、計画高に対する仕上り面の高低差で評価した。図-9 に仕上り精度分布を示す。仕上り高さは±40mm 程度であり、平坦性はレベリング・マカダム層（ $t=70\text{mm}$ ）により表面の不陸を吸収することで確保できる。

(3) 底面部の盛立試験

底面部においては、レベリング・マカダム層を省略し、下部遮水層を厚層舗設（ $t=80\text{mm}$ ）することから、その基盤となるトラランジションは精度の高い平坦性が要求される。そのため下層（最大粒径 100mm、仕上がり厚 400mm）と上層（最大粒径 40mm、仕上がり厚 100mm）の 2 層に分けて施工することにし、盛立試験で施工性を確認した。

図-10 に底面部の仕上り高測定結果を示す。仕上り精度は±20mm 程度であり、下部遮水層（ $t=80\text{mm}$ ）の厚さが最低でも 60mm 以上となり、5 層構造における下部遮水層厚（ $t=50\text{mm}$ ）以上は確保できることがわかった。

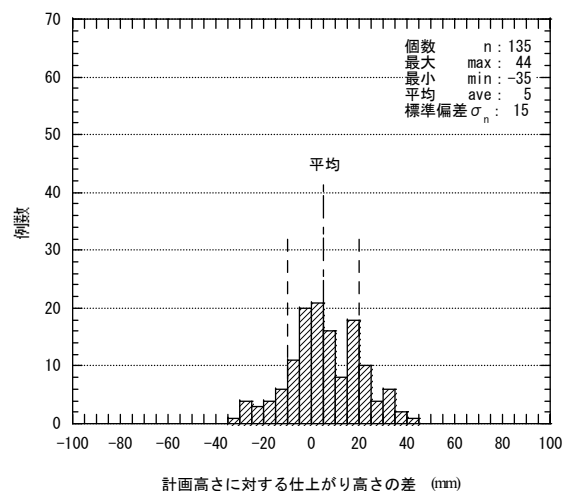


図-9 斜面部仕上り高さの精度

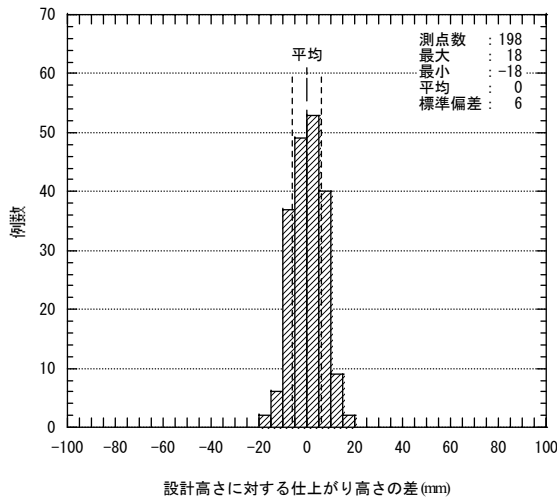


図-10 底面部仕上がり高さ精度

(4) トランジションと遮水壁の付着

アスファルト遮水壁の舗設試験において、トランジションの剥離が、底面部のトランジション面と下部遮水層間で一部見られたので、斜面部及び底面部から供試体を採取して付着状況を調査した。

目視観察によると、剥離は斜面部の供試体では見られず底面部供試体の一部のみであり、その原因はトランジションの表面に散布している乳剤の浸透不足と考えられた。このためトランジションの上面に散布している乳剤の浸透深さをノギスで測定し、剥離の有無と乳剤の浸透深さとの関係を整理した。写真-5 に測定状況を、図-11 にその結果を示す。乳剤の浸透深さが 8mm を超えると剥離は生じていないことが判明した。なお、トランジションは表面が細粒化すると乳剤の浸透を阻害して剥離が生じる原因となるので、剥離の有無の粒度を調べて、剥離が生じない粒度は 0.075mm ふり通過質量百分率が 8%以下であることを確認した。

(5) CCV の密度管理への適用性検討

転圧時に振動ローラの加速度を測定して締固めの指標値である CCV (Compaction Control Value) を求め、現場で測定する密度との相関から密度管理への適用性を検討した。なお、CCV とは、振動ローラの振動輪に取付けたセンサーにより測定した加速度時刻歴を、高速フーリエ変換して基本振動周波数 F_0 を検出し、 F_0 を含む 6 種類の周波数 ($1/2F_0$, F_0 , $3/2F_0$, $2F_0$, $5/2F_0$ 及び $3F_0$) に対応した加速度振幅 ($A_1 \sim A_6$) を抽出して次式により計算したものである。

$$CCV = \{ (A_1 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) / (A_1 + A_2) \} \times 100 \quad (1)$$

地盤剛性が小さい状態で計測される周波数は、振動ローラの振動である基本振動周波数 (F_0) がほとんどであり、CCV も小さい。しかし、地盤剛性が大きくなるに

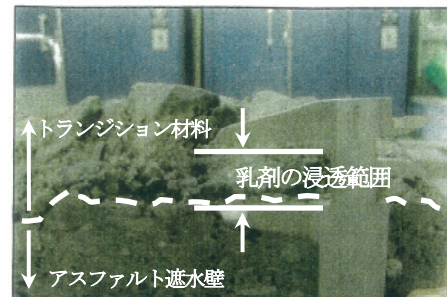


写真-5 乳剤の浸透深さの測定状況

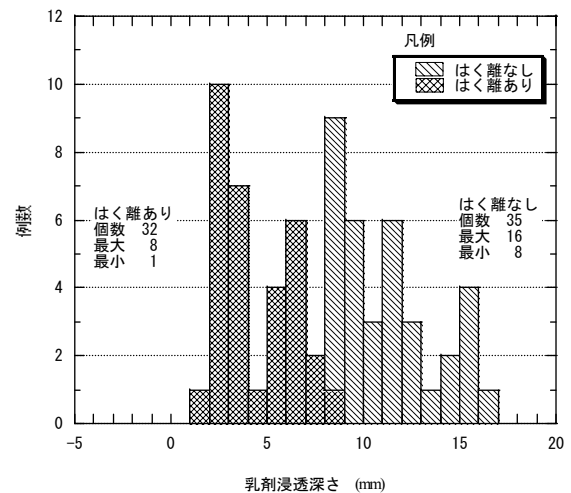


図-11 乳剤浸透深さと剥離の有無

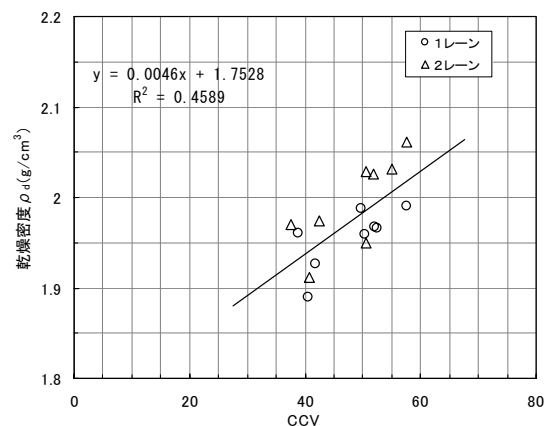


図-12 CCV と乾燥密度の関係

つれて、基本振動数の他に他の振動数成分が増加し、CCV も大きくなると言われている⁴⁾。しかし、CCV と乾燥密度の関係を整理すると図-12 に示すように密度のばらつきが大きく、絶対値管理としての適用は難しいという結論を得た。また、CCV と密度の増分量についても整理したが(図-13 参照)、図-12 に示す絶対値よりも良好な相関は認められたものの、ばらつきが大きく CCV を密度管理として採用できるまでには至らなかった。ただし定性的な管理として、締固めが十分であるか否かの締固め度を広く面的に評価する上では十分に活用できるものと考ええる。

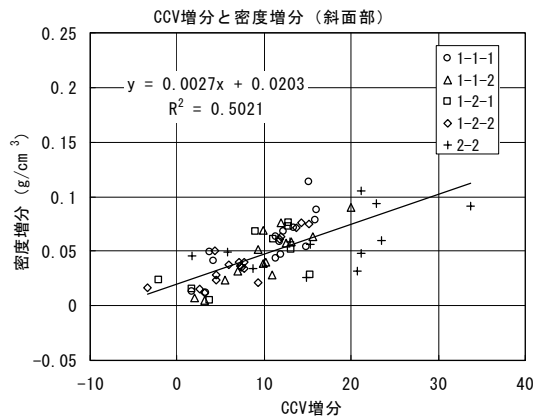


図-13 CCV増分と密度増分の関係

5. 品質管理方法

(1) 材料の品質

トランジションに要求される機能の内、強度、変形性、透水性及び耐久性は、盛立後のトランジション本体の品質を管理するもので、密度、吸水率及び粒度と密接な関係がある。管理項目と管理方法の関係を図-14 に示す。

なお、トランジションの基盤が盛土のロック材の場合にはフィルター則に則った粒度管理が必要となる。

(2) 表面仕上げ面の品質

a) 表面粗度

斜面部の舗設基盤が 19 万 m^2 にも及ぶため、表面粗度の管理を効率的に行う方法としては目視判定が有効である。このためトランジション面として適粒と判断された礫率 10~30%の画像を判定の基準として、写真-6 に示すような礫率毎に写真を整理した目視判定シートを作成し、実施工での品質管理に活用することとした。なお、目視による判定が微妙な場合には都度、画像処理法により確認し、より確実な品質管理を行うこととした。

b) 平坦性

斜面部トランジション転圧面の高さ管理については、盛立試験の結果を踏まえて計画高さに対して $\pm 40\text{mm}$ 以内とした。これはこの上に舗設されるレベリング・マカダム層 ($t=70\text{mm}$) への喰い込みと合材の最大骨材寸法 (20mm) を考慮しても層厚を超えることがないことも設定の根拠となった。

一方、底面部トランジション転圧面の高さ管理については、盛立試験等で確認した施工精度から $\pm 20\text{mm}$ 以内とした。これは高さ管理が基準値以内に仕上がれば、下部遮水層 ($t=80\text{mm}$) は最低でも 60mm 以上となり、斜面部の 5 層構造における下部遮水層厚 ($t=50\text{mm}$) 以上は確保できることを根拠とした。

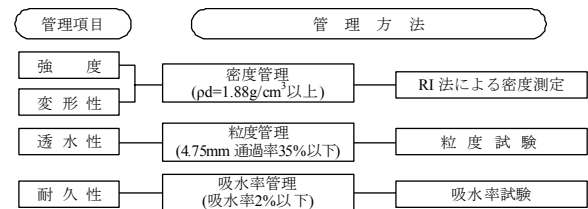


図-14 品質管理の方法

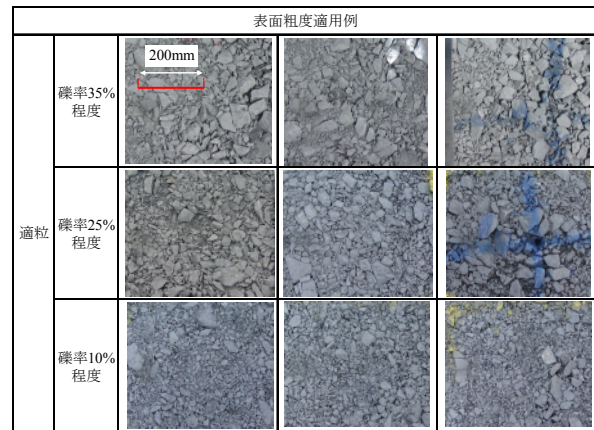


写真-6 トランジション表面の目視判定基準

6. 本施工実績

(1) 施工基準及び品質管理基準

a) 施工基準

トランジション材料の施工基準は、仕上がり厚さ、まき出し機種、転圧機種、転圧回数について表-5 のように設定した。

b) 材料の管理基準

トランジション材料の管理基準は、粒度、吸水率、密度、透水係数について表-6 に示すように設定した。

c) 表面仕上げの管理基準

トランジションの表面仕上げについては、平坦性、仕上がり面の確認方法、乳剤の浸透深さについて、表-7 に示すように基準値、測定方法を設定し、管理を行った。

(2) 施工管理実績

図-15 にトランジション施工基盤整形後からアスファルト遮水壁舗設に至るまでのトランジション盛立施工管理フローを示す。

a) 材料の品質管理

トランジションの粒度の管理結果を表-8 に示す。0-100mm 材の管理基準値は、4.75mm ふり通過質量百分率を 35%以下、2mm ふり通過質量百分率を 25%以下と規定しているが、表-8 の結果はこれを満足している。

また、0-40mm 材の管理基準値は、2mm ふり通過質

量百分率を 5～25%の範囲, 0.075mm ふるい通過質量百分率を 8%以下と規定している. 管理結果はこれを満足している.

なお, トランジション材の吸水率についても, すべて管理基準値の2%以下を満足した.

b) 締固め管理

図-16 に斜面部及び底面部の密度管理結果を示す. 測定点のすべてで管理基準値 ($1.88\text{g}/\text{cm}^3$ 以上) を超え, 平均で斜面部が $2.07\text{g}/\text{cm}^3$, 底面部が $2.15\text{g}/\text{cm}^3$ であった.

また, 透水性についても斜面部での透水係数の最小値は $2 \times 10^{-1}\text{cm/s}$, 底面部は $8 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ といずれも管理基準

値 $1 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ を満足する結果となった.

c) 表面粗度管理

表面粗度の品質管理範囲を図-17 に示す. 品質管理は, 施工工程に合わせて管理範囲を 56 箇所に区切り, 写真-6 に示した目視判定シートを用いて粗度の判定を行った.

粗度の管理基準値としては, 斜面部で粗粒面あるいは細粒面が 10m^2 以上, 底面部で細粒面が 5m^2 以上連続しないこととした. 図-18 に管理結果の一例を示す. 測定位置は図-17 に示している網掛け範囲で, 表面粗度は基準値を満足する結果が得られた. なお, その他の

表-5 トランジション材料の施工基準

項目		斜面部	水平部 (底面)
仕上り厚さ	下層	300mm	400mm
	上層	300mm	100mm
まき出し機種	下層	38t級ブルドーザ	38t級ブルドーザ
	上層	38t級及び15t級ブルドーザ	モーターグレーダ
転圧機種	下層	14t級振動ローラ	18t級振動ローラ
	上層	14t級振動ローラ	10t級マカダムローラ
転圧回数	下層	4回以上	4回以上
	上層	4回以上	2回以上

表-6 トランジション材料の管理基準

項目		斜面部	水平部 (底面)	
粒度	材料区分	0-100mm 材料	0-100mm 材料	0-40mm 材料
	100mm	100%	100%	100%
	40mm	—	—	100%
	19mm	—	—	50～85%
	4.75mm	35%以下	35%以下	—
	2.00mm	25%以下	25%以下	5～25%
	0.075mm	—	—	8%以下
吸水率		2%以下		
密度		乾燥密度 $1.88\text{g}/\text{cm}^3$ 以上		
透水係数		現場透水係数 $1 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 以上		

表-7 トランジション表面仕上げ面の管理基準

項目	区分	基準値	測定方法	設定根拠
平坦性	斜面部	測線平均値が計画高さ $\pm 40\text{mm}$	水準測量	舗設試験, 盛立試験の実績より決定
	底面部	測定値が計画高さ $\pm 20\text{mm}$	水準測量	舗設試験, 盛立試験の実績より決定
仕上がり面の確認	斜面部	粗粒面, 細粒面が 10m^2 以上連続しない	目視観察	本施工で滑りが生じた細粒の範囲 10m^2 を設定
	底面部	細粒面が 5m^2 以上連続しない	目視観察	底面部では材料の分離が少ないため斜面部の半分の面積とした
乳剤浸透深さ	斜面部	測定平均値が 40mm 以上	ノギス測定	散布試験実績より決定
	底面部	測定平均値が 10mm 以上	ノギス測定	舗設試験ではなく離を確認

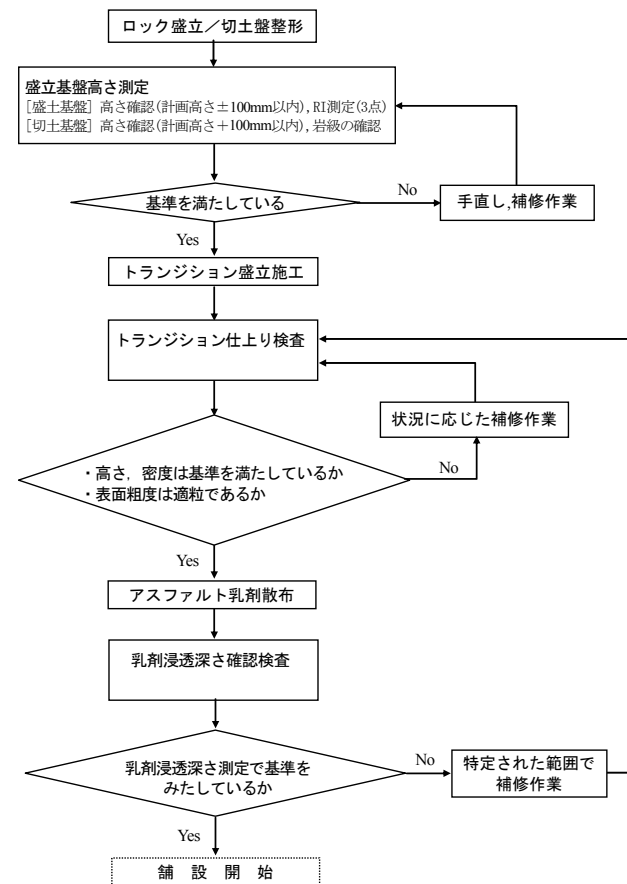


図-15 盛立施工管理フロー

表-8 材料の粒度管理結果

材料	区別	測点数	最大値	最小値	平均値	標偏差	管基準値
0-100mm材	4.75mmふるい通過質量百分率(%)	16	27	12	18	4	35%以下
	2.00mmふるい通過質量百分率(%)	16	21	8	12	4	25%以下
0-40mm材	2.00mmふるい通過質量百分率(%)	15	23	10	17	3	5～25%
	0.075mmふるい通過質量百分率(%)	15	5	2	3	1	8%以下

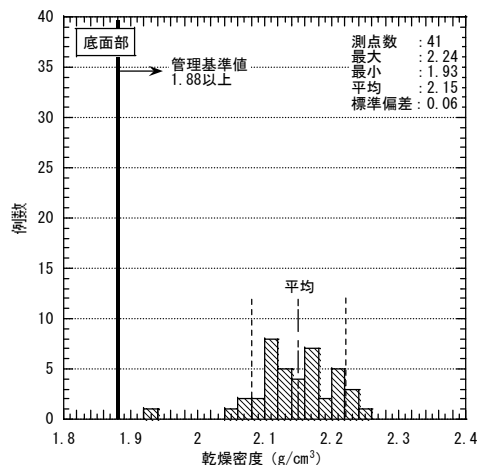
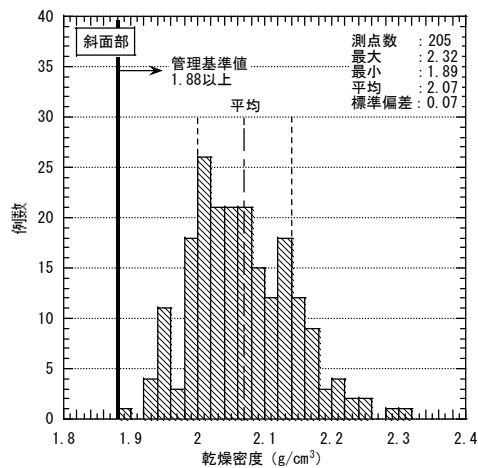


図-16 密度管理結果

55箇所においてもすべて基準値を満足した。

d) 平坦性管理

トランジションの仕上げ面管理は、図-19 に示すように概ね 10m×10m のグリッドで測量を行った。斜面部と底面部における測量結果を図-20 に示す。斜面部、底面部においても管理基準値を満足する値が得られ、遮水壁の舗設基盤として十分な仕上り精度であった。

e) アスファルト乳剤浸透深さ管理

アスファルト乳剤の浸透深さの管理は、図-21 に示す測定点で実施した。管理頻度は、1 日当りの散布面積に対して 3 箇所以上を基本とし、斜面部の上部、中間、下部でそれぞれ 1 箇所以上として測定点が偏らないように留意した。底面部も同様の考えで行った。

管理基準値は、アスファルト乳剤の浸透深さの平均値が斜面部で 40mm 以上、底面部で 10mm 以上とした。図-21 に斜線で示す範囲は底面部の中でも 1 : 10 勾配を有するが、斜面部と同じ管理基準を適用した。

斜面部と底面部の管理結果を図-22 に示す。アスファルト乳剤の浸透深さは 1 日の施工範囲の中で 3~8 箇所測定し、その平均値で管理を行った。図から分かるように、斜面部及び底面部のすべての測定点で基準値を満足する結果が得られた。

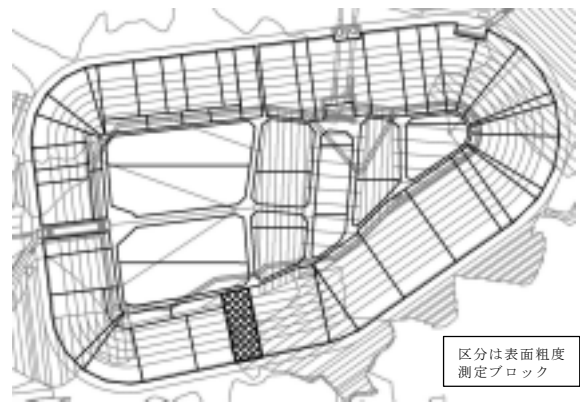


図-17 表面粗度測定範囲

No.42	No.43	No.44	No.45	凡例	EL(m)
+	+	+	+	○: 細粒範囲	813.15
-	-	-	-		809.15
+	+	+	+		805.15
-	-	-	-		801.15
+	+	+	+		797.15
-	-	-	-		793.15
+	+	+	+		789.15
-	-	-	-		785.15
+	+	+	+		781.15
-	-	-	-		777.15
+	+	+	+		773.15
-	-	-	-		769.15

図-18 表面粗度管理結果

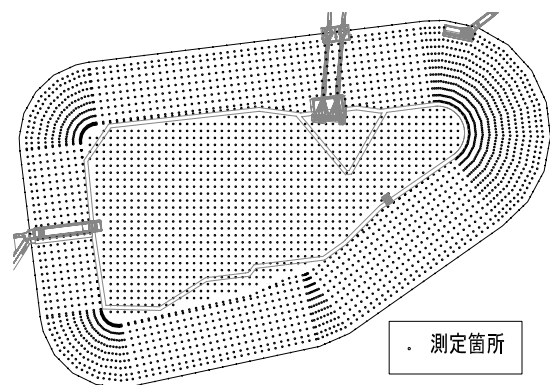


図-19 仕上がり高さ測定箇所

7. まとめ

トランジションに要求される機能の検証については、2001 年 12 月の事前盛立試験をスタートに、2002 年 7 月の盛立本試験と並行して実施してきたアスファルト遮水

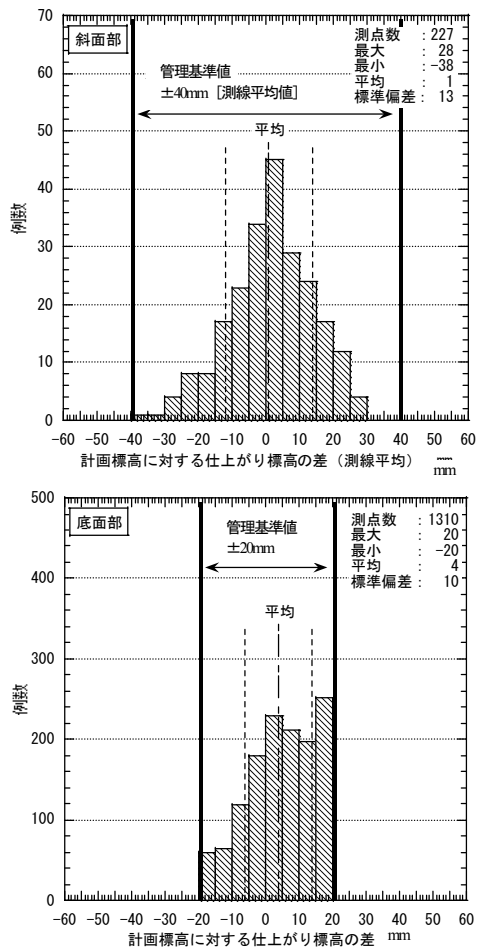


図-20 仕上がり高さ管理結果

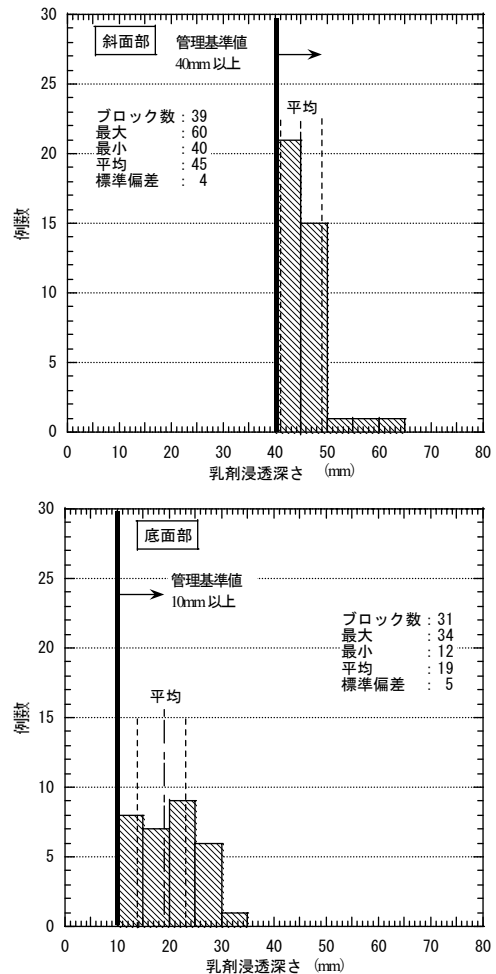


図-22 乳剤浸透深さ管理結果箇所

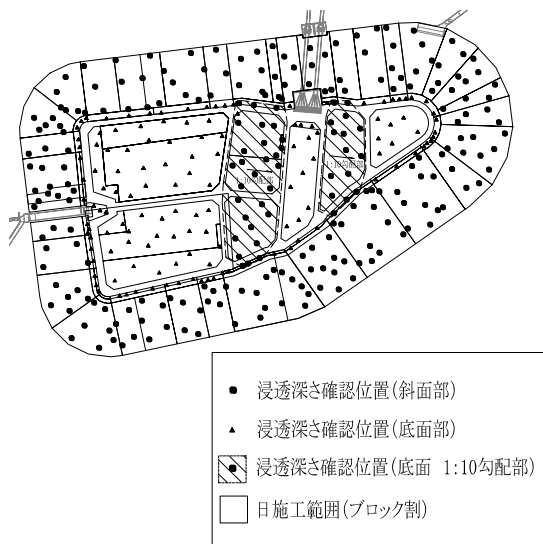


図-21 乳剤浸透深さ測定箇所

壁の舗設試験で一体性の確認などを行って、施工管理基準を策定し、2003年7月より実施工に入った。以上の検討結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 強度及び変形性の確保

トランジションにすべりや沈下が生じると、その上部

に施工するアスファルト遮水壁の安定性が損なわれることになる。当地点では施工斜面である 1:2.5 の勾配にあった斜面自走式振動ローラを開発し施工したことで、トランジションの締固め密度も設計値を満足することができ、強度、変形性に対する要求機能を効果的に確保することができた。

(2) 透水性管理

アスファルト遮水壁は背面（裏面）からの外圧に対する抵抗力がほとんどないため、地下水等による水圧がかからないようにトランジションの透水性の確保が必要となる。その点に関しては材料の粒度管理を十分行い、補足的に透水試験を行うことで対処した。

(3) 仕上り高さ（平坦性）の精度

アスファルト遮水壁の施工において、その基盤であるトランジションの平坦性を確保することは舗設厚や施工量の管理にとって非常に重要である。特に斜面施工の課題であった仕上り面の高さ精度の確保については、IT 施工技術である 3 次元マシンコントローラ（3D-MC システム）を導入することで、要求される精度を確保する

ことが可能となった。

(4) 表面粗度の評価

アスファルト遮水壁との一体性を確保するためには、トランジションの表面をある程度粗面に仕上げる必要がある。これまで粗面が適切であるかどうかの判断を担当者の経験と見た目に頼っていたが、デジタルカメラによる画像処理（礫率）とサンドパッチ法（表面凹凸の平均深さ）を組み合わせで定量化したところ、礫率 10～30%、表面凹凸の平均深さ 2～6mm が適粒となった。また、遮水壁との一体化のために施工するアスファルト乳剤の浸透深さは 8mm 以上でないと剥離することから、乳剤の浸透障害の原因となる細粒分を用いる水平部（底面）における 0.075mm ふり通過質量百分率を 8% 以下にすべきことがわかった。

(5) CCV による密度管理

最近の土工管理技術として開発されている CCV（転圧時に振動ローラの加速度を測定して締固めの指標とする方法）でトランジションの密度管理への適用性を検討した。この結果、CCV と密度には相関性が確認できたものの、品質管理として利用するには値のばらつきが大きく、定性的な管理にしか適用できないことがわかった。

(6) 本施工の品質管理

品質管理として、材料の品質（粒度、吸水率、締固め密度）、表面粗度、平坦性ならびにアスファルト乳剤の浸透深さを管理した。その結果、材料の品質及び平坦性はいずれも基準値を満足することができた。また、表面粗度は礫率毎に写真を整理して作成した目視判定シートにより、乳剤の浸透深さは斜面部 40mm、底面部 10mm 以上とし、ノギスで測定し管理を行ったが、全ての測定

点で管理基準を満足している。よって、当サイトで独自に考案した管理方法の有用性を確認することができたと考えている。

小丸川上部調整池は、2006 年 4 月にはアスファルト表面遮水壁工事が終了し、同年 5 月より試験湛水を開始した。翌年 2 月に満水位に達し、3 月末に湛水試験を完了した。堤体内には漏水量、変形及び背圧を監視する計器を配置し観測しているが、現在まで、何の変状もなく、安定した挙動を呈している。

本稿で述べた試みが、今後の他地点のアスファルト表面遮水壁施工の一助となることを期待する。

謝辞：小丸川上部調整池の設計段階から施工に至るまで、懇切丁寧にご指導いただき、2005 年 7 月にご逝去された北海道大学名誉教授菅原照雄博士に深く感謝するとともにご冥福をお祈りいたします。

参考文献

- 1) 田代幸英, 大内周, 栗津善文, 穴井幸康: 全面アスファルト表面遮水壁型調整池における IT 施工の導入と評価, ダム工学, Vol.15, No.3, pp.241-249, 2005.
- 2) 金谷守, 池見元宣, 田中幸久, 田代幸英, 秋花芳一, 笹田俊治, 江藤芳武: 小丸川発電所上部ダム盛立材料の物理・力学特性, 動的変形特性及び耐久性に関する評価, 電力中央研究所報告, 1999.5
- 3) 日本道路協会: 舗装試験法便覧, 2001.8
- 4) 高橋浩, 藤山哲雄, 石黒健, 内田善久, 鶴田慈: ローラ加速度応答を利用したフィルダムロックの現場締固め管理 (その 1), 土木学会第 56 回年次学術講演会, 2001.9

(2008. 5. 12 受付)

STUDY ON THE PERFORMANCE OF PAVING FOUNDATION (TRANSITION LAYERS) OF ASPHALT FACING

Yukihide TASHIRO, Kazuo TAKAHASHI, Yujing JIANG, Yukiyasu ANAI,
Masataka HAKAMAKI and Toshihiro KUSABA

In the construction of asphalt facing, which is used for dams and reservoirs, the performance of transition layers as a paving foundation much affects their stability.

Transition layers as a paving foundation requires not only strength, flexibility, permeability, but also adhesion to integrate with asphalt facing.

This report proposes the optimum design and construction method of transition layers by testing the function of transition materials through material experiments and construction site pavement experiments, and by proving the function in the construction.