

アスファルト表面遮水壁における厚層舗設工法（その2）

Application of Pavement with Thicklift Placing for the Asphalt Facing (Part 2)

北海道電力㈱ 京極水力発電所建設所
 北海道電力㈱ 京極水力発電所建設所
 北電総合設計㈱
 鹿島・大林・飛島・伊藤組共同企業体

正員 高野 準 (Jun Takano)
 ○正員 飯塚 一人 (Kazuto Iizuka)
 正員 吉田 考一 (Koichi Yoshida)
 理寛寺 由行 (Yoshiyuki Rikanji)

1. はじめに

北海道電力㈱は、北海道虻田郡京極町において道内初の純揚水発電所として京極発電所を建設中である。京極発電所の上部調整池は、掘り込み式プールタイプであり、内側全面 177,170m²（斜面部:156,180m²、底面部:20,990m²）をアスファルト表面遮水壁で遮水する計画であり、上部遮水層には、国内初の厚層舗設工法を採用する計画である。

アスファルト表面遮水壁の構造を図-1に、厚層舗設工法の採用理由と確認を要する項目を表-1に示す。

京極発電所は、道内有数の積雪寒冷地に位置し、アスファルト表面遮水壁の施工可能期間は、5月～11月の良好な気象条件時に限定されることから、上部遮水層に厚層舗設工法

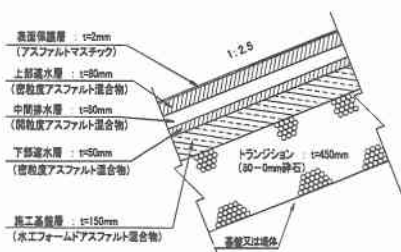


図-1 アスファルト表面遮水壁の構造

を採用するメリットは大きい。一方、確認を要する項目については、これまで室内試験や平坦部舗設試験などを実施し、その適用性を評価している¹⁾が、施工方法が異なる斜面部において検証する必要がある。

本報は、平成13年10～11月に実施した平坦部舗設試験に引き続き平成14年7月～9月に実施した斜面部舗設試験結果について報告するものである。

表-1 厚層舗設工法の採用理由と確認を要する項目

	内 容
採用理由	工期短縮、コスト低減が見込まれる。
	層間プリスタリングが発生しない。
	アスファルト混合物の温度低下が緩やかになる。
確認を要する項目	密度の均一性
	ジョイント部の力学性状(透水性、付着性等)
	敷均し時の表面性状

2. 斜面部舗設試験の概要

斜面部舗設試験ヤードの全景を写真-1に、舗設レーンの配置を図-2に示す。

斜面部舗設試験は、平坦部舗設試験に準じた試験を行い、アスファルト表面遮水壁（以下、遮水壁）の品質・機能の検証、施工性の評価、施工・品質管理方法の検証および現場配合の決定を目的とし、幅員約48m、延長約75m（底面部～堤頂部）の試験ヤードを造成して実施した。試験ヤードの斜面長は、実際の約1/5であるが、斜面勾配(1:2.5)、曲線部（底面部との取り合い、R=30m）および堤頂部は上部調整池で計画している形状をそのまま再現している。ま

た、平坦部舗設試験は、比較的外気温が低い時期（外気温：10℃程度）に実施しているが、斜面部舗設試験は、外気温の相違によるアスファルト混合物（以下、混合物）の施工時の性状が比較できるように、比較的温度が高い時期（外気温：15～20℃）に実施した。

舗設試験では、上部調整池で使用する一連の施工機械（プロトタイプ）を搬入し、施工性を把握することとした。

厚層舗設工法の適用性は、施工性と舗設した混合物の品質から評価することとし、併せて従来舗設工法（5cm×2層）との比較も行った。

上部調整池は、すり鉢形状であり、全遮水面積の64%が曲面であるため、施工の合理化および高精度化を目的として、土工から遮水壁の舗設まで情報化施工（IT 施工）を導入する計画であり、今回の舗設試験においても一部検証しているが、この結果については別報²⁾にて報告する。

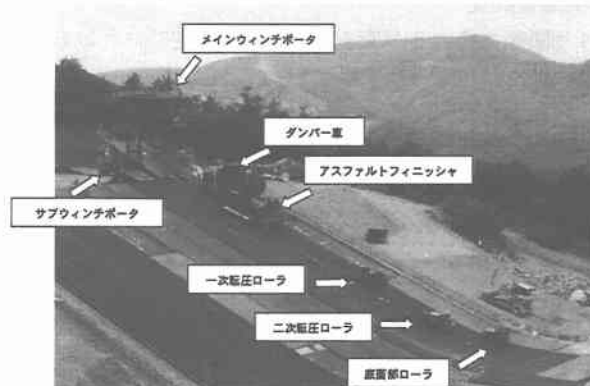


写真-1 斜面部舗設試験ヤード全景

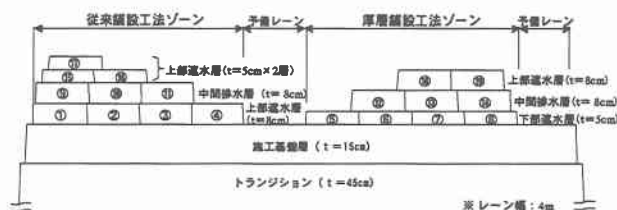


図-2 舗設レーン配置図

3. 施工方法および施工性評価

3.1 施工方法

使用機械を表-2に、施工手順に則った混合物の流れと使用機械を図-3に示す。

斜面部で遮水壁を舗設する場合、アスファルトフィニッシャー（以下、AF）や振動ローラは自走困難であるため、メインウィンチポータ（以下、MWP）または、サブウィンチポータ（以下、SWP）を使用して牽引する施工方法となる。

ダンプトラックにて運搬された混合物は、MWPに付属

表-2 使用機械

機 械 名	仕 様	用 途
メインウインチポータ(MWP)	牽引力 25t	AF・ダンパー車牽引, ダンパー車への混合物供給
サブウインチポータ(SWP)	牽引力 7t	二次転圧ローラ牽引
アスファルトフィニッシャー(AF)	斜面用 W=4.0m 底面用 W=4.0~5.0m	アスファルト混合物敷均し
振動ローラ	重量 2.5t	一次転圧
振動ローラ	重量 2.8t	二次転圧

しているローリングホッパを介してダンパー車（混合物供給車）へ供給される。ダンパー車は、MWPに牽引されており、堤頂部で混合物の供給を受け、底面部で待機しているAFまで移動し、混合物を供給する。

敷均しは、MWPに牽引されているAFで実施する。なお、使用したAFは、厚層舗設工法を採用するにあたり、新規に開発したものである。

一次転圧は、敷均し後の表面の不陸整正を目的とし、AFに牽引される一次転圧ローラで実施する。

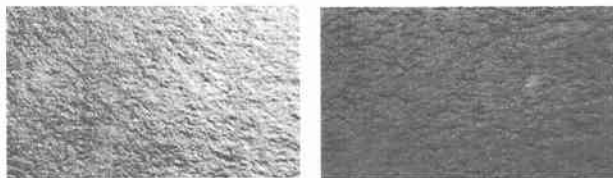
二次転圧は、ニーディング作用による締め固め効果を得る目的で実施するものであり、SWPに牽引された二次転圧ローラで実施する。

3.2 施工条件の設定

(1) 敷均し

AFによる敷均し条件は、敷均し直後の表面性状および混合物の流動状況に着目して設定した。敷均し直後の表面性状の一例を写真-2に示す。

上部遮水層の表面に粗面があると表面保護層吹付け後に、プリスタリングが発生する可能性が高くなるため、敷均し時に粗面や引きずりが生じた際は速やかに補修を行うこととしているが、この作業を極力避けるためには、良好な表面性状を得る必要がある。良好な表面性状を得るためには、敷均し速度、タンパ回転数などの運転条件および混合物の安定した送り込みが重要となる。



良好な表面

粗 面

写真-2 表面性状の一例

敷均し時のAFの運転条件と配合を表-3に示す。

敷均し速度は、施工効率を考慮すると可能な限り速度を上げることが望ましいが、速すぎると粗面や引きずりが発生した。

タンパは、回転数を上げるにより、良好な表面性状が得られる傾向にあったが、上げすぎるとウェービング現象により流動が生じた。また、回転数が少なければ均一な表面を得ることができない。

表-3 敷均し時のAFの運転条件と配合

検 査 項 目	検 査 ケ ー ス	決 定 し た 条 件
AFの 運転条件	敷均し速度	0.8~1.2m/min
	タンパ回転数	800~2,000rpm
	その他	混合物の送り込み形状等 最適形状
配 合	アスファルト量	7.4~7.8%
	粒 度	3ケース
	舗装用セルローズ繊維量	0.1~0.2%

4. 現場配合で記載

なお、今回の舗設試験ではAFの運転条件の相違はもとより、使用する混合物の配合（アスファルト量、粒度、舗装用セルローズ繊維量）についても、微調整したうえで比較検討している。

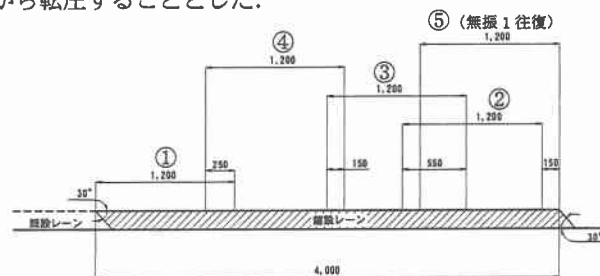
(2) 一次転圧

一次転圧は、施工効率上、可能な限り高い温度で実施するのが望ましいが、高すぎると、表面のアスファルト分がローラに付着したり、混合物が流動するなどの不具合が懸念されるため、140℃以下で実施することとした。

また、転圧回数は無振で1往復とし、ジョイント部は、付着性を向上させるため、上り方向を有振で実施した。

(3) 二次転圧

二次転圧は、平坦部と異なり、下り方向で有振をかけることと舗設面に過度のせん断力が働いて、クラックが発生する可能性があるため、上り方向のみを有振で実施することとした。二次転圧順序を図-4に示す。転圧順序は、平坦部舗設試験結果を踏まえ、混合物の温度低下速度が早い端部から転圧することとした。



※ ○数字は転圧の順序を示す

図-4 二次転圧の順序

事前検討（図-2に示すレーン①～④）により得られた二次転圧回数と空隙率の関係を図-5に示す。二次転圧は、有振による上り方向の転圧を4, 5, 6パスの3ケースで実施し、採取

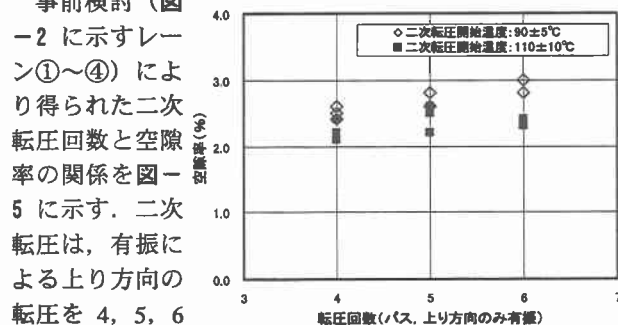


図-5 二次転圧回数と空隙率の関係

した供試体の目視観察結果、空隙率および転圧開始温度から総合評価して4パスとした。また、二次転圧温度は、転圧温度条件を90~120℃の範囲内で検討した。その結果、混合物の温度低下速度を考慮して110±10℃とした。なお、転圧によるニーディング効果を得るためには、内部温度が70~90℃以上で実施することが望ましい³⁾とされていることから、転圧終了温度は80℃以上と規定した。

3.3 施工性の評価

厚層舗設工法の施工性は、室内試験などで品質を検証し

たうえで混合物の温度低下速度と施工サイクルに着目して従来舗設工法と比較した。また、ジョイント部は、主に既設レーン端部の温度に重点を置き評価した。

(1) 混合物の温度低下と施工サイクル

遮水壁の施工は、混合物の温度に大きく依存するため、全レーンにて敷均し直後に舗設表面から深さ 2cm の位置に熱電対を設置し、温度の時系列データを収集した。

熱電対により計測した混合物の温度低下曲線を図-6 に示す。また、舗設試験から得られた施工サイクルと図-6 の結果をもとに算定した施工可能時間との比較を表-4 に示す。

転圧は、実施工を想定して 10m ごとで行い、施工時間を計測した結果、一次転圧：8 分、二次転圧：30 分、合計 38 分であった。一方、外気温 15～20℃における転圧可能時間は、従来舗設工法では、一次転圧：12 分、二次転圧：51 分、合計 63 分であり、また、厚層舗設工法は、一次転圧：20 分、二次転圧：155 分、合計 175 分である。したがって、両工法とも規定した転圧温度内で施工可能であると判断されるが、厚層舗設工法は、温度低下速度が緩やかであることから、転圧温度管理が比較的容易であり、従来舗設工法に比べ有利となると思われる。

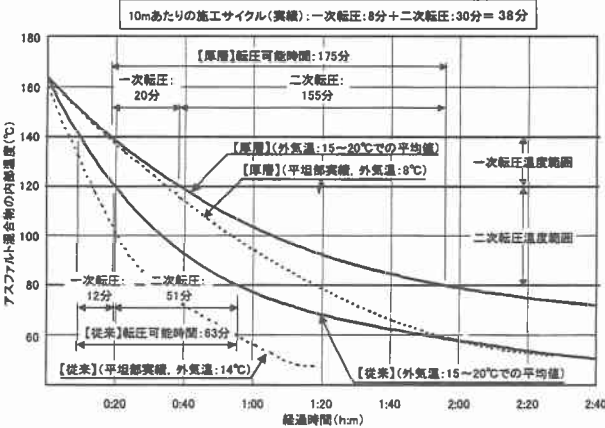


図-6 混合物の温度低下速度の比較

表-4 施工可能時間と施工サイクルの比較

	一次転圧可能時間 (a)	二次転圧可能時間 (b)	転圧可能時間 (a+b)
施工サイクル(10mあたり)	8分	30分	38分
厚層舗設工法 (t=8cm)	20分	155分	175分
従来舗設工法 (t=5cm)	12分	51分	63分

また、平坦部舗設試験の実績を見ると、従来舗設工法は、低温時において、温度低下速度が速くなり、計画している施工システムでは施工が困難であることが予想されることから、温度低下抑制対策（ヒータ車による舗設基盤の加熱など）や施工条件の規定（施工可能外気温の設定）について検討を行うこととしている。さらに、実施工では、低温時（外気温 5℃）での施工が想定されることから、舗設試験で収集した外気温や日射量などの気象データと混合物内部温度低下速度との関係をもとに、低温時の温度低下をシミュレートし、計画している施工システムの適用性検討を行いたいと考えている。

(2) ジョイント部の施工

ジョイント部の施工フローを図-7 に示す。

ジョイント部は、特に慎重な施工が必要となる箇所であるため、品質を確保するためには、既設レーンとの付着を

確実にし、一体化させる必要がある。

既設レーンとの付着は、既設レーンの温度に大きく依存するため、敷均しの際に既設レーンをジョイントヒーターで加熱するシステムとした（写真-3 参照）。

既設レーン端部には、ジョイントヒーターの加熱効果を検証するため、事前に熱電対を埋設した。

熱電対の測定結果の一例を図-8 に示す。測定結果から、一次転圧開始時で 80℃以上、二次転圧終了時でジョイント部の温度は 65～75℃となっていたが、ジョイント部断面（写真-4 参照）を見ると完全に一体化していることがわかる。また、後述する品質試験結果からも十分な品質が確保されていた。

今回の試験によりジョイントヒーターの加熱能力および既設レーンへの熱伝導特性が概ね把握できたので、低温時施工においても十分な加熱が可能となるようジョイントヒーターの加熱能力の改善などの諸検討を行う計画である。

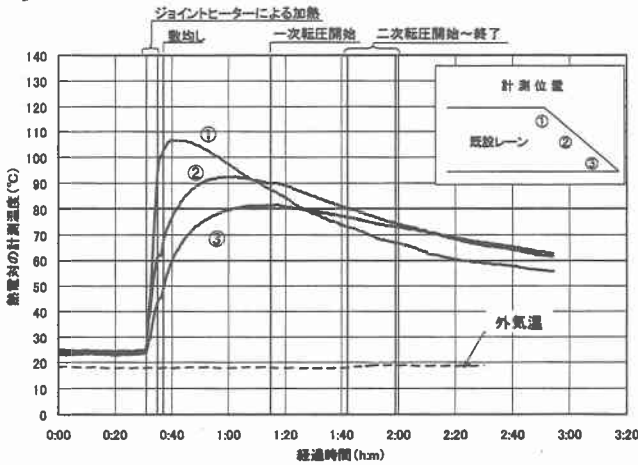


図-8 熱電対によるジョイント部の温度計測結果の一例

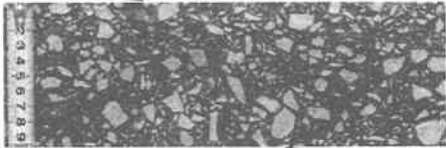


写真-4 ジョイント部断面

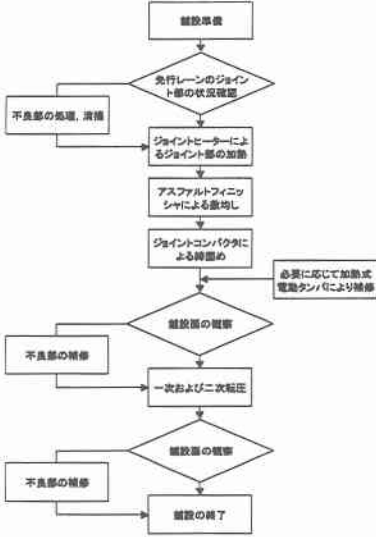


図-7 ジョイント部の施工フロー



写真-3 ジョイントヒーターによる加熱

4. 現場配合

現場配合は、示方配合をもとにアスファルト量、骨材粒度および舗装用セルロース繊維添加量を数ケース変化させ、表面性状と流動に重点を置き設定した。決定した現場配合を表-5に示す。

アスファルト量は7.4~7.8%とし、低温時施工や曲面部など敷均し難い箇所においてはアスファルト量を多く使用することとした。

骨材粒度は、施工性を向上させる目的で、2.36mm以下の細粒分の割合を若干調整したが、大きな相違が見られなかったため、示方配合と同様とした。

舗装用セルロース繊維は、運搬時の材料分離抵抗性および斜面での耐流動性を向上させるために添加しているが、添加量が多ければ混合物の粘性が増大し、舗設時に引きずりなどが生じ、良好な表面性状が得られない。示方配合では、添加量を0.2%として設定していたが、室内とプラントでの混合物の練り混ぜ効果に差があり、添加量を若干減らしても材料は分離せず、舗設時においても流動しなかったため、添加量を0.15%とした。

表-5 現場配合

材 料	示方配合 (%)	現場配合 (%)	備 考
アスファルト (St.As.80/100)	7.4	7.4~7.8	表面性状により設定。外気温、施工箇所(始点部、R部)に応じて現場調整を行う。
骨 材	79.2	78.85~79.25	粒度を3ケースで検討したが大きな改善は見られなかった。(範囲はアスファルトの調整によるもの)
フィラー	13.2	13.2	固定条件とした。
舗装用セルロース繊維	0.2	0.15	室内とプラントの練り混ぜ効果の相違により変更した。

5. 品質評価

品質評価は、要求性能のうち特に重要となる遮水性および変形追従性について行っており、それぞれ加圧式透水試験と密度試験および間接引張試験⁴⁾により確認した。なお、試験に用いた供試体は、レーン本体部、ジョイント部からそれぞれ厚さ方向の上部と下部について採取し、室内試験により従来舗設工法との比較検討を行った。

5.1 遮水性

供試体による加圧式透水試験(3日間透水)の結果、両工法ともすべての箇所でも不透水であった。

一般的に空隙率が4%以下であれば工学的不透水であると言われており³⁾、透水性は、密度および密度試験から算出される空隙率により評価することが可能である。

ジョイント部を中心に採取した供試体の密度および空隙率は表-6に示すとおりであり、舗設工法、採取位置による相違は認められず、すべての箇所において空隙率は2%以下となっている。

表-6 密度および空隙率

厚層舗設工法				従来舗設工法			
レーン本体部		ジョイント部		レーン本体部		ジョイント部	
上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部
2.370 (1.3)	2.361 (1.7)	2.372 (1.2)	2.370 (1.3)	2.371 (0.5)	2.359 (1.0)	2.373 (0.4)	2.366 (0.7)

※1 ()内は空隙率(%)

※2 n=3の平均値

※3 骨材の細粒分を多くし、アスファルト量を7.8%とした配合による試験結果

5.2 変形追従性

変形追従性は、間接引張試験から得られる降伏ひずみにより評価した。評価方法は、想定される地震波に対して上部調整池堤体に発生する最大ひずみ(動的解析から得られ

るひずみ)と、間接引張試験で得られる降伏ひずみから安全性を照査した。なお、試験条件は、試験温度を-20℃、ひずみ速度 1.0×10^{-3} (1/sec)で実施している。

試験結果は表-7に示すとおりであり、いずれの箇所においても降伏ひずみは最大ひずみの1.5~1.7倍であり、従来舗設工法による供試体と同等の値を示していることから、厚層舗設工法を用いた上部遮水層は、地震時に対して十分な変形追従性を有していると判断される。

表-7 間接引張試験結果

(単位:μ)

降伏ひずみ					最大ひずみ	
厚層舗設工法				従来舗設工法		解析値
レーン本体部		ジョイント部		レーン本体部	ジョイント部	
上部	下部	上部	下部			
450	470	401	463	432	394	277

※ n=3の平均値

6. まとめと今後の課題

以下にまとめと今後の課題を列記する。

6.1 施工性

今回検証した斜面部の施工システムは、幾つかの改良を加えることにより適用可能である。また、従来舗設工法と比較して、厚層舗設工法は、混合物の温度低下速度が緩やかであり、転圧温度管理が比較的容易である。

6.2 現場配合

アスファルト量は7.4~7.8%とし、施工状況に応じて調整することとする。また、舗装用セルロース繊維は、0.15%添加すれば、運搬時の材料分離抵抗性および混合物の耐流動性は確保される。

6.3 品質

2カ年にわたり実施してきた平坦部・斜面部舗設試験結果から、厚層舗設工法を用いた上部遮水層の品質は、従来舗設工法と同等の性能を有している。

7. おわりに

斜面部舗設試験を実施し、施工性および品質に関して検証した結果、幾つかの課題が抽出された。これらの課題に対して対策を講じることにより、厚層舗設工法は適用可能であると判断している。今後は、課題の整理と品質向上のための検討を行い、上部調整池の施工・品質管理基準の策定を行う計画としている。

最後に、斜面部舗設試験の計画から施工まで全面的にご指導頂いた北海道大学菅原照雄名誉教授、施工に携わった鹿島道路㈱の各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 高野準,中井雅司,飯塚一人,後藤泰孝,向井昭弘;アスファルト表面遮水壁における厚層舗設工法(その1),土木学会北海道支部論文報告集,第58号,V-52,p.992~925,2001.2.
- 2) 菅野義人,太田一広,高野準,江藤隆志;大規模アスファルトフェーシングダム工事への情報化施工(IT施工)の適用(その2),土木学会北海道支部論文報告集,第59号,投稿予定,2003.2.
- 3) 社団法人 日本道路協会;アスファルト舗装要綱
- 4) 中井雅司,高野準,菅原照雄;間接引張試験を用いた水工アスファルト混合物の低温時力学性状評価,第55回土木学会年次学術講演会概要集,V-067,1999.2.