

水工フォームドアスファルト混合物の試験舗設工事について

An In Situ Paving Test with Formed Asphalt Mixtures for the Asphalt Facing

北海道電力(株) ○正会員 楠原 和典 (Kazunori Kusuvara)

北海道電力(株) 正会員 高野 準 (Jun Takano)

北電興業(株) 正会員 若本 貴宏 (Takahiro Wakamoto)

1. はじめに

北海道電力(株)は、虻田郡京極町に純揚水式の京極発電所(最大出力 60 万 kW、最大使用水量 190.5 m^3/sec 、有効落差 369.0m)の建設を計画している。上部調整池は、標高約 900mの台地を掘り込み、掘削土石の一部で堤体を築造するプールタイプで、盛土部、切土部を含め内側全面をアスファルト混合物による表面遮水壁で覆う計画である。上部調整池の諸元、遮水壁の構造をそれぞれ表-1、図-1に示す。

表-1 上部調整池の諸元

項目	上部調整池
ダム型式	アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダム
ダム高さ、堤頂幅、利用水深(m)	ダム高さ 22.20 堤頂幅 15.00 利用水深 45.00
堤頂長(m)、法面勾配	全 長 1,460.00 ダム部 1,039.83 上下法面 1:2.5
堤体積、有効貯水量($\times 10^3\text{m}^3$)	堤体積 1,244 有効貯水量 4,120
遮水面積(m^2)	側面: 92,300(切土部) 62,465(盛土部) 底面: 20,835(切土部) 合計: 175,600
舗設期間(計画)	平成15年6月～平成17年10月

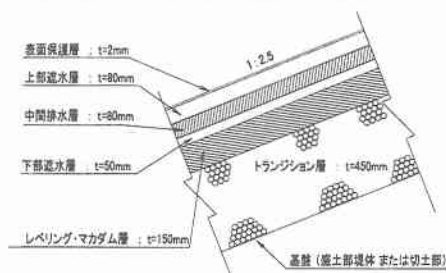


図-1 採用予定の遮水壁構造

これまで、一般的なアスファルト表面遮水壁型ダムでは、遮水壁の基盤を構成するレベリング・マカダム層に粗粒度アスファルト混合物が使用されてきている。京極発電所上部調整池では、同層をより合理的に設計・施工するために、道路の上層路盤材として使用されている常温舗設が可能で環境負荷の小さいフォームドアスファルト混合物を採用する計画である。遮水壁の一部としてこれを採用するために、道路用のフォームドアスファルト混合物にいくつかの改良を加えた混合物(以下、水工フォームドアスファルト混合物¹⁾という)を検討してきており、これまで室内試験²⁾を実施してきた。

本報告は、室内試験に基づきレベリング・マカダム層としての要求性能を満足することを確認した水工アスファルト混合物を実際のプラントで製造し、施工性などの評価を目的として実施した試験舗設工事の結果について述べるものである。

2. 試験舗設工事の概要

2.1 試験の目的

今回の試験舗設工事の目的は、以下のとおりである。

- ・実際のプラントを用いた混合性の確認
- ・プラントからの運搬、敷き均し、転圧までの施工性の確認
- ・材料製造時の品質管理と現場での施工管理方法の確認
- ・越冬後の舗設の表面性状と地中温度分布の確認

2.2 試験の概要

試験舗設工事は、京極水力発電所建設所前の駐車場敷地内に試験ヤードを造成して実施した。試験ヤードの平面図と試験ケースをそれぞれ図-2、表-2に、施工フローを図-3に示す。

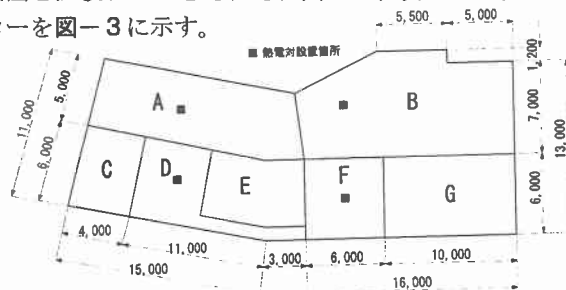


図-2 試験ヤード平面図

表-2 試験ケース

区画	舗設面積(m^2)	アスファルト量(%)	トランジション層の厚さ(mm)	乳剤散布の有無	備考
A	80	4.0	450	無	水工フォームドアスファルト混合物の厚さは、150mmである。
B	119	4.0	450	有	
C	24	6.0	1,000	無	
D	44	6.0	450	有	
E	37	6.0	1,000	有	
F	36	6.0	450	有	
G	60	6.0	450	有	

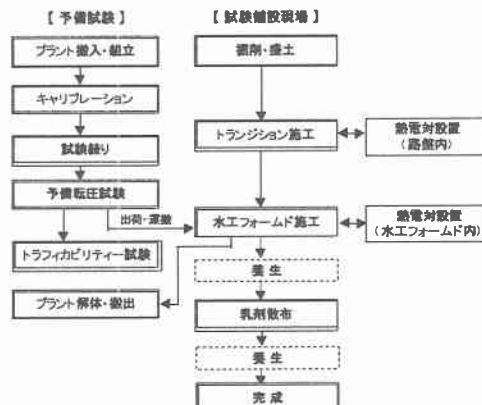


図-3 施工フロー

試験舗設工事に使用した機械の一覧を表-3に示す。

表-3 使用機械一覧

工程	機械名	台数	仕様	能力	用途
製造	フォームドアスファルトプラント	1	SKP-150	150 t/h	水工フォームドアスファルト混合物の製造
	タイヤショベル	1	FL-310	1.4 m^3	ボックホウユニットへの骨材供給
	バックホウ	1	EX200	0.7 m^3	ダンプトラックへの混合物供給
	発電機	1	NES-220SHE		プラントの運転
運搬	ダンプトラック	4		10 t	骨材、水工フォームドアスファルト混合物の運搬
	バックホウ	1	EX200	0.7 m^3	掘削、(盛土整形)
	ブルドーザー	1	D31P	3 t	水工フォームドアスファルト混合物の敷き均し
	振動ローラー	1	SV510D	10 t	トランジション層の転圧
	振動ローラー	1	SW60	6 t	水工フォームドアスファルト混合物の転圧
	小圧タンバ	1			隅部の締め固め
施工	ハンドガイドローラー	1			隅部の締め固め

試験舗設工事で使用した材料は、室内試験で検討した配合を踏まえ、As 量、W/As 比および合成粒度を決定している。使用材料、合成粒度をそれぞれ表-4、表-5に示すものとした。

種 類	使用骨材		使用アスファルト		
	岩 種	最適含水比 (%)	種 類	As量 (%)	W/As比 (%)
水工フォーム [®] 7スフト混合物	安山岩	5.8	St. As. 80/100	4.0、6.0	2.0

通過重量百分率 (%)											
37.5mm	31.5	26.5	19	13.2	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
100	99.0	94.2	86.2	78.0	57.6	45.5	32.5	23.0	17.5	13.7	11.0

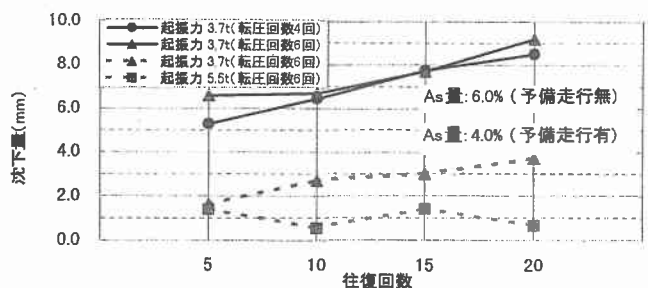
なお、実際の上部調整池におけるレベリング・マカダム層の施工では、骨材は現地で発生する安山岩を使用する計画であるが、試験舗設工事では安山岩の骨材を購入して水工フォームドアスファルト混合物を製造した。

水工フォームダスファルトプラントは、もともと組立・移動式であり、現地への搬入から組立まで3日間で設置を終了した。プラントにおける各材料の吐出量は、骨材を搬送するベルトコンベアのモーターと、アスファルトと水を供給するポンプの運転周波数によって制御される仕組みとなっており、単位時間当りの吐出量につい

項目	方法	周波数(Hz)	測定頻度	目標許容範囲
切込砕石(C-40)	フィーダゲートの開度は全開とし、ベルトフィーダの周波数を調整	30、40、50	3点 (2回/点)	平均値 ±2%以内
砕砂(スクリーニングス)		10、20、30		
アルカリ系水酸化物	ロータリーフィーダの周波数を調整	10*、20**、30*		平均値 ±1%以内
含水比調整水	水中ポンプの周波数を調整	10、15、20*、25*		
フォームド水		35、40、50		
アスファルト	アスファルトポンプの周波数を調整	35*、50*、70*		

＊ ＊：投入高さを2ケース設定し測定

また、予備転圧試験におけるブルドーザーによる敷き均し時に、敷き均し余盛り量の検討を合わせて行い、施工厚さ 150mm に対する余盛り量は一律 20mm と規定することとした。



* 本試験を実施する前に、As量4.0%については路盤表面を均すためにダンブトラックを1往復（予備走行）させた。

図－5 沈下量測定結果

As 量 6.0% で予備走行転圧を行わない場合、1 往復当りの沈下量は、平均で 0.4mm 程度であった。また、As 量 4.0% で予備走行転圧を行った場合では、20 往復でも 4mm 以下であり、重量物が走行する仮設道路などにも十分利用できることが確認された。

なお、測定時の外気温は 16.5℃、舗装の内部温度は 17.1℃であり、今後、夏季の気温の高い状態でも確認を行う計画である。

3. 4 試験舗設工事の状況

試験ヤードは、碎石により整地を行っている地盤であり、試験を行うそれぞれの区画で、所用の舗装厚さを確保できる面までバックホウにて掘削を行った。掘削終了後、トランジション層（0～80mm の碎石）を 3t 級ブルドーザーで敷き均し 10t 級振動ローラーで転圧を行った。プラントで製造した水工フォームドアスファルト混合物は、材料の含水比が変化しないようにシートをかけて養生し、ダンブトラックで試験ヤードまで運搬した。

試験ヤードに巻き出した水工フォームドアスファルト混合物は、予備転圧試験結果に基づき、敷き均し後の余盛り量が 20mm となるように巻き出しを行い、6t 級振動ローラーにより所用の転圧を行った。敷き均し状況を写真－1 に、転圧状況を写真－2 に示す。

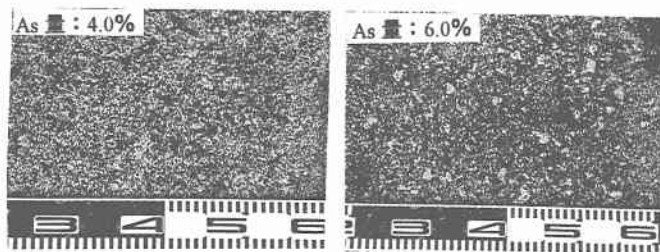


写真－1 敷き均し状況



写真－2 転圧状況

転圧後の舗設表面状態を写真－3 に示すが、As 量に関わらず良好に分散した舗設面が形成されている。



写真－3 舗設表面の状況

また、舗設工事終了から 17 日後に浸透性乳剤 0.9kg/m² をエンジンスプレーヤーにより人力で散布した。乳剤の

散布量についても、量を変化させた予備試験を行い、表面状態を比較して決定した。

3. 5 品質・施工管理結果

(1) 現場密度について

転圧終了後に実施した現場密度試験を表－7 に示す。

表－7 現場密度試験方法

試験法	試験数 (n)	砂の密度 (g/cm ³)	掘削・切取サイズ (mm)	容量 (cm ³)
砂置換法	10	1.415	φ162×t140	2,800
突き砂法*	8	1.512	φ250×t140	6,800
切り取り供試体**	10	—	B200×L200×t140	5,600

*：地盤工学会基準によると、骨材最大粒径に適合する削孔径は150mmであるが、容積をできるだけ大きくするため250mmとした。

**：コンクリート用カッターで、舗設面の四隅に切れ目を入れて供試体採取した。

砂置換法と突き砂法については、予備転圧試験での状況を考慮し、必要に応じて水工フォームドアスファルト混合物の細粒分で舗設面の凹凸の目潰しを行い、平坦な試験面を確保した。

突き砂法は、削孔径 250mm に対応する試験方法の基準がないため、キャリブレーションを行い、突き回数を 30 回とした。また、容量が 2,000cm³ 以上であれば、壁効果の影響がないことも確認している。

なお、舗装用カッターによるコアの採取は、水工フォームドアスファルト混合物の形状が保持できず不可能であった。

各試験法による現場密度測定結果を表－8 に示す。砂置換法と突き砂法では乾燥密度を、切り取り供試体ではかさ密度を使用した。

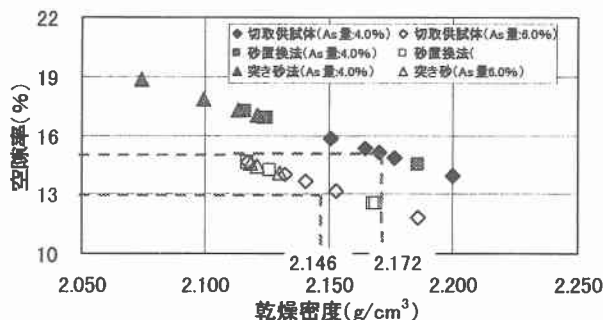
表－8 現場密度測定結果

As量 (%)	試験方法	測定値 (g/cm ³)					平均値 (g/cm ³)	変動係数 (%)
4	切り取り供試体	2.200	2.176	2.170	2.165	2.151	2.172	0.8
	砂置換法	2.186	2.125	2.124	2.116	2.116	2.133	1.4
	突き砂法	2.121	2.113	2.099	2.074	—	2.102	1.0
6	切り取り供試体	2.186	2.153	2.141	2.132	2.117	2.146	1.2
	砂置換法	2.169	2.168	2.126	2.117	2.038*	2.145	1.3
	突き砂法	2.130	2.121	2.118	1.980*	—	2.123	0.3

*：異常値として棄却

現場密度は、測定方法によってバラツキが見られ変動係数も異なるが、砂などの媒介を使用せず、測定方法による誤差が最も小さいと考えられる切り取り供試体による測定結果を現場密度とすることとした。

また、密度と空隙率の関係を図－6 に示す。空隙率は、As 量 4.0% の理論最大密度を 2.556g/cm³、As 量 6.0% では 2.479g/cm³ を使用して算出した。



図－6 密度と空隙率の関係

切り取り供試体による密度を採用すると、空隙率は As 量 4.0% で 15%、As 量 6.0% で 13% となっている。

プラントにおいて製造した混合物をジャイレトリーコンパクターで締め固めた供試体では、空隙率はAs量4.0%で11.3%、As量6.0%では8.4%となっており、室内試験では現場より締まっている結果であった。このため、今後室内試験の締め固め条件について、再検討を行う必要があると考えられる。

(2) 力学性状について

室内試験では、パグミルミキサーを使用し、水工フォームドアスファルト混合物を製造しているが、実際のプラントとは、材料を混合する羽の形状、取付位置、羽間の距離や回転数が異なり、混合方式には大きな差異がある。このため、実際のプラントで混合した材料とパグミルミキサーで混合した材料の力学性状の差異を確認するため、それぞれの材料を用いてジャイレトリーコンパクターにより供試体を作製し、SHRP試験法に独自の改良を加えた間接引張クリープ試験と破壊試験（載荷速度：12.5mm/min）を実施した。

供試体の最大粒径は、供試体の寸法（φ150×80）から、現場と室内ともに30mm以下とした。

空隙率と変形係数の関係を図-7に、空隙率と破壊ひずみの関係を図-8に示す。

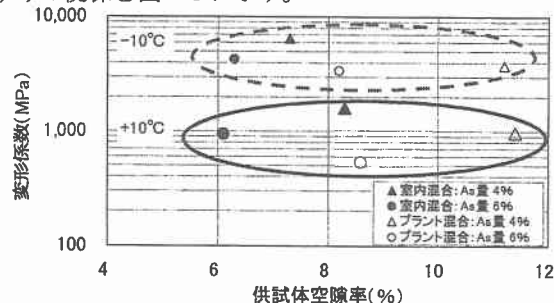


図-7 空隙率と変形係数の関係

空隙率は、プラント混合の方が2~4%程度大きく、変形係数は、プラント混合の方が若干小さく、粘性のある材料が製造されている。

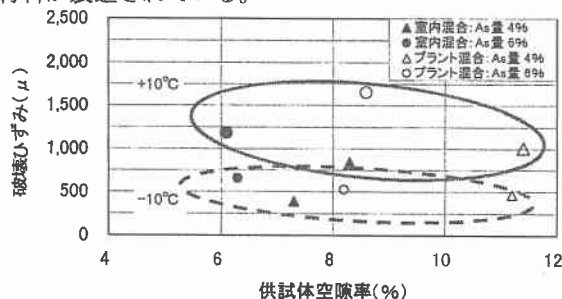


図-8 空隙率と破壊ひずみの関係

破壊ひずみは、-10°Cの場合、プラント混合が500μ程度、室内混合が400~700μ程度、+10°Cの場合、プラント混合が1,000~1,700μ程度、室内混合が800~1,200μ程度となっており、混合方式による差異はほとんどないものと考えられる。

プラント混合の場合の空隙率が、室内混合と比較して大きくなっている理由としては、

- ①室内では、混合後直ちに供試体を作製しているが、プラント混合の場合は、製造後1週間程度経過してから供試体を作製したため、アルカリ系水酸化物の硬化作用が影響したこと

- ②アスファルトの分散性は混合時間が長い程良好になるが、室内混合では90秒程度混合しているのに対し、プラント混合では10秒以下と格段に短いことなどが考えられる。

水工フォームドアスファルト混合物は、プラント製造後に仮置きして保存可能であることが大きな特徴であり、今後経時変化に伴う力学性状の変化を確認する計画である。

4. まとめと今後の課題

- ・室内混合と比較し、プラント混合でも分散性、力学性状に問題となるような大きな差異はないことが確認できた。
- ・特殊な施工機械を使用せず、狭い施工エリアでも効率的な施工（400m²/日）が可能であるが、3D-MCなど新たな管理システムの採用について今後検討する計画である。
- ・現場密度試験方法としては、コンクリートカッターによる切り取り供試体が最も適切であり、型崩れすることなく供試体を採取できた。
- ・実際の施工では、より簡便で非破壊の現場密度試験を採用する必要がある、振動ローラーの振動挙動から求める方法や自動走査式RI密度計の適用について今後検討する計画である。³⁾

5. あとがき

今回の試験舗設工事により、従来のレベリング・マカダム層に使用されてきた粗粒度アスファルト混合物の代替として、水工フォームドアスファルト混合物を採用する目処がついたと考えられる。

今後は、現地発生材を用いた斜面での試験施工を実施し、現場配合の選定、施工基準および現場管理基準の策定を行う計画である。

また、越冬前後での舗設表面の耐久性を定期観察し、浸透性乳剤の効果と必要性を確認するとともに、冬季間のトランジション層内の地中の温度分布を把握する計画である。

最後に、本工事を進めるにあたり、ご指導・ご協力を頂いた北海道大学菅原照雄名誉教授、鹿島道路（株）の関係者各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 楠原和典,高野準,中井雅司;アスファルト表面遮水壁へのフォームドアスファルトの適用(第1報),第55回土木学会年次学術講演会概要集,2000.9
- 2) 中井雅司,浅沼芳良,楠原和典,若本貴宏;水工アスファルト混合物のアスファルト遮水壁への適用性,土木学会北海道支部年次技術研究発表会論文集,第57号,2001.2
- 3) 藤井弘章;我が国における最近の締固め管理手法と二、三の考察,土と基礎,2000.4