

アスファルト混合物の水路補修材への適用性検討

ー耐摩耗性に関する検討ー

Application of Asphalt Mixtures to the Repair Materials in the Waterways

北海道電力(株) 正会員 横辻 宰 (OsamuYokotsuji)

北海道電力(株) 正会員 村田 浩一 (KoichiMurata)

北電総合設計(株) ○ 正会員 岡島 尚司 (NaojiOkajima)

1. はじめに

土砂混入量の多い水路では、主に敷部が洗掘摩耗を受け、その程度が拡大すると構造物自体の機能性および安全性が損なわれるため補修が必要となる。損傷箇所の補修材料としては、一般的にコンクリートが使用されているが、はつり作業や養生のための工事期間が長期間におよぶことが多い。このため、近年セメント系、ポリマー系、樹脂系などの新材料による補修実績が増えているが、これらの新材料に関しても、母材となるコンクリートとの付着や剛性の差異に起因すると考えられる剥離事例が報告されており、経済性・合理性に優れた新しい補修材料の開発が期待されている。

筆者らは、①コンクリートに比べ薄層での施工が可能、②養生期間が短い、③変形追従性に優れるといった特徴を有するアスファルト混合物に着目し、検討を進めてきており、施工時の耐流動性に関する検討など既報¹⁾において報告している。

本報告は、水路補修材に要求される性能のうち耐摩耗性について検討したものである。

2. 試験の概要

耐摩耗性の検討は、砂礫や流水による摩耗作用が再現可能な掃流式摩耗試験²⁾により実施した。掃流式摩耗試験機を写真-1に示す。



写真-1 掃流式摩耗試験機

2.1 試験方法

掃流式摩耗試験は、半円環状のアーチ形供試体（内径：130mm、外径：250mm、幅：100mm、摩耗面積：204.2cm²）を用いて、供試体の内側に粒径1.2～2.5mmの砂2kgおよび水を満たし、供試体中心軸と回転軸を同一にするスクリーで攪拌回転（回転数：1440rpm）させることにより、流速約9m/secの掃流作用を与え、単位摩耗量（単位面積

当りの摩耗容積）を求めるものである。試験後における供試体の摩耗状況を写真-2に示す。なお、アスファルト混合物は感温性が高いことから、試験温度を一定に保つことが重要となるため、液槽により一定温度に保持した不凍液をポンプで循環させ、試験温度を制御できるよう試験機を改造した。

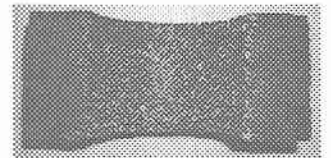


写真-2 供試体の摩耗状況

2.2 使用材料および配合

試験は、アスファルトコンクリートと比較検討用のアスファルトマスチック³⁾およびセメントコンクリートで実施した。アスファルト使用の補修材料に関しては、表-1に示す3種類のアスファルトを使用した。

表-1 アスファルトの性状

使用アスファルト	針入度 (1/10mm)	軟化点 (℃)
St. As. 80-100	86	46.0
St. As. 100-120	109	44.0
改質 As. (SBS系)	124	80.5

(1) アスファルトコンクリート

アスファルトコンクリートの配合は、積雪寒冷地において耐摩耗性、変形追従性に優れる混合物として道路舗装にも使用実績の多い細粒度ギャップアスファルト混合物13Fを参考に、水路への適用を考慮し施工性の観点から修正を加えたものである。なお、アスファルト量は8.2%とした。アスファルトコンクリートの粒度分布を図-1に示す。

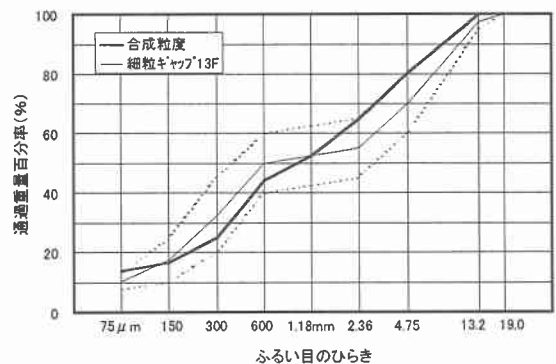


図-1 粒度分布

(2) アスファルトマスチック

アスファルトマスチックは、アスファルト表面遮水壁型ダムの表面保護層³⁾などに使用されており、水密性や変形追従性のほかに耐摩耗性にも優れた材料である。表-2 にアスファルトマスチックの配合を示す。

表-2 アスファルトマスチックの配合 (重量：%)

アスファルト※	石 粉	増粘剤	ガラス繊維
44.0	45.0	9.7	1.3

※ 軟化点調整剤含む

(3) セメントコンクリート

セメントコンクリートの配合は、一般的な水路に用いられるコンクリートの配合から、設計基準強度 24N/mm²、粗骨材の最大寸法 20mm、水セメント比 55%、細骨材率 45% とした。表-3 にセメントコンクリートの配合を示す。

表-3 セメントコンクリートの配合

単位量 (kg/m ³)					スランパ (cm)	空気量 (%)
水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 C			
			5-10	10-20		
148	269	874	227	829	10	6.0

2.3 試験条件

(1) 試験温度

試験温度は、水路内の平均的な水温である 15℃とした。また、アスファルトは高温域では粘性的性質、低温域では弾性的性質を示す粘弾性体であり、試験温度の違いが摩耗特性に大きな影響を及ぼすものと考えられることから、感温性の確認のため、-10℃でも試験を実施した。

(2) 試験時間

掃流式摩耗試験では、一般的に 10 時間程度掃流作用を与えて、単位摩耗量を測定するが、事前検討の結果、掃流時間 30 分でも単位摩耗量の相対的な傾向が変わらなかったことから、掃流時間を 30 分とした。

3. 試験結果および考察

3.1 掃流式摩耗試験の結果

各補修材料の掃流式摩耗試験結果を図-2 に、また、試験温度 15℃および-10℃におけるセメントコンクリートの単位摩耗量を基準とした場合の各アスファルト使用補修材料の摩耗率をそれぞれ図-3、4 に示す。なお、図中の凡例の意味を表-4 に示す。

表-4 凡例の意味

凡 例	種 類
AC	アスファルトコンクリート
AM	アスファルトマスチック
C	セメントコンクリート
S1	St. As. 80-100
S2	St. As. 100-120
M	改質 As.

セメントコンクリートは、温度が低下すると単位摩耗量が小さくなるのに対し、アスファルト使用の補修材料は温度が低下すると単位摩耗量が大きくなっている。また、アスファルトコンクリートとアスファルトマスチ

クの単位摩耗量を比較すると、アスファルトマスチックの方が単位摩耗量が小さいことから、アスファルト使用の補修材料の摩耗特性は、アスファルトの粘弾性状およびアスファルト量に大きな影響を受けるものと判断される (図-2 参照)。

アスファルト使用の補修材料とセメントコンクリートの摩耗量を比較すると、常用水温域 (15℃) においては、セメントコンクリートに対する摩耗率がアスファルトコンクリートで 50~60%、アスファルトマスチックで 30~60%であり、今回検討した配合は、セメントコンクリートに比べ摩耗量が小さく、耐摩耗性に優れた材料であると判断される (図-3 参照)。一方、低水温域 (-10℃) においては、セメントコンクリートに対するアスファルトマスチックの摩耗率は、55~75%と耐摩耗性に優れていると判断される。ただし、アスファルトコンクリートの摩耗率は、100~120%とセメントコンクリートと比較して同等以下の耐摩耗性であった (図-4 参照)。

また、アスファルトコンクリートに比べてアスファルトマスチックは、St. As. と改質 As. の差異が顕著であり、St. As. 使用に比べて改質 As. を使用した方が耐摩耗性に優れている。これは、アスファルトコンクリートのアス

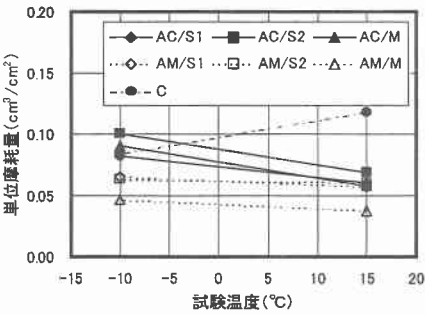


図-2 試験温度と摩耗量の関係

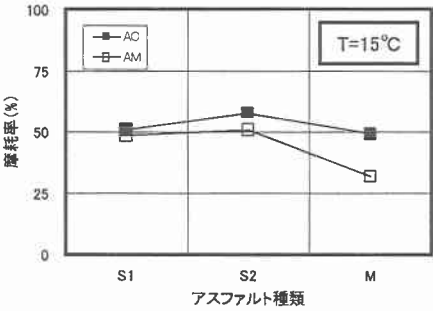


図-3 アスファルトの種類と摩耗率

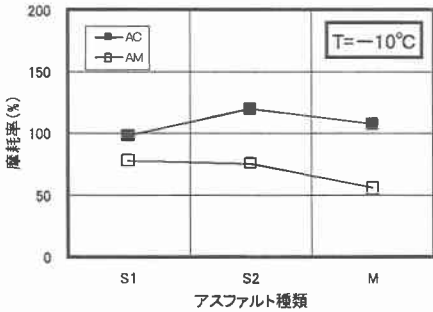


図-4 アスファルトの種類と摩耗率

ファルト量が少なく骨材を多く含んでいることから、アスファルトの性質が試験結果に明確に反映されなかったためと考えられる。

3.2 圧縮強度と摩耗量の関係

一般に耐摩耗性は、圧縮強度に支配され、圧縮強度が大きくなると摩耗量が小さくなるとの知見²⁾があることから、アスファルトコンクリートおよびセメントコンクリートについて強度試験を実施し、摩耗量との関係について検討を実施した。

図-5 に圧縮強度と単位摩耗量の関係を示す。セメントコンクリート、アスファルトコンクリートともに既往の知見どおり試験温度の低下によって圧縮強度が増加する傾向を示した。

しかし、セメントコンクリートは、圧縮強度の増加に伴って単位摩耗量が減少したのに対し、アスファルトコンクリートは、逆の傾向を示した。このことから、アスファルト混合物の摩耗特性はアスファルトの衝撃力を吸収する能力（柔軟性）および粘着力に大きく影響を受けるものと推察される。

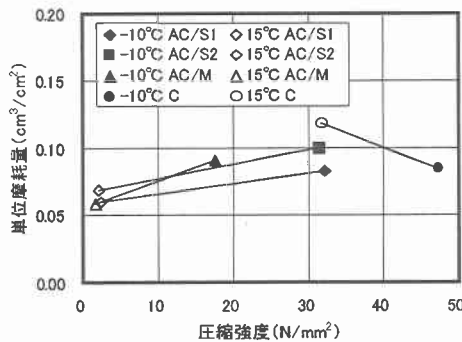


図-5 圧縮強度と摩耗量の関係

3.3 アスファルトの性質と摩耗量の関係

アスファルト混合物の摩耗特性が、アスファルトの粘弾性的な性質に大きな影響を受けると考えられたため、アスファルトの性質のうち針入度および動的粘弾性、静的粘弾性に着目し、アスファルト使用補修材料の摩耗量との関係について検討を実施した。

表-5 に各性質を評価する試験の名称、試験温度および比較した摩耗試験の実施温度を示す。また、DSR 試験および BBR 試験^{4), 5)}について以下に補足説明する。

表-5 アスファルト試験

性 質	試 験 名	試験温度	比較した摩耗試験の温度
針 入 度	針入度試験	25℃	15℃
動的粘弾性	DSR 試験	5～85℃	15℃
静的粘弾性	BBR 試験	-40～25℃	-10℃

(1) DSR 試験（動的ねじりせん断試験）^{4), 5)}

DSR 試験は、バインダーの中温域（5～85℃）における動的粘弾性を評価し、環境条件に応じて使用するバインダーを選定するための試験である。

試験では、図-6 に示すように 2 枚の平行円盤の間に充填したバインダーに回転方向のせん断ひずみを与え、バインダーにかかるトルクおよび回転角を測定し、複素弾性率 G^* および位相角 δ を求める。複素弾性率 G^* は、物質の硬さを表す指標であり、硬い物質ほどこの値が大きくなる。位相角 δ は、ひずみと応力の位相のずれであり、完全弾性物質の場合はひずみと応力が同時に発生するため位相角は 0° となり、完全粘性物質の場合の位相角は 90° となる。

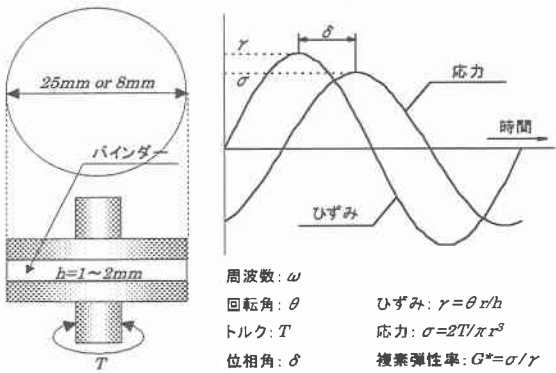


図-6 DSR 試験の概要

本検討においては、値が大きいほど供用時のわだち掘れ抵抗性に優れる（硬い）との知見が得られている $G^*/\sin \delta$ に着目し検討を実施した。

(2) BBR 試験（低温曲げクリープ試験）^{4), 5)}

BBR 試験は、バインダーの低温域（-40～25℃）における静的粘弾性を評価し、環境条件に応じて使用するアスファルトを選定するための試験である。

試験では、図-7 に示すように一定温度に保持した液槽の中にビーム状の供試体を浸し、ビーム中央に一定荷重を載荷し、たわみ量から弾性体の弾性率（ヤング率）に相当するスティフネス（S 値）およびスティフネスの時間変化率である m 値を求める。

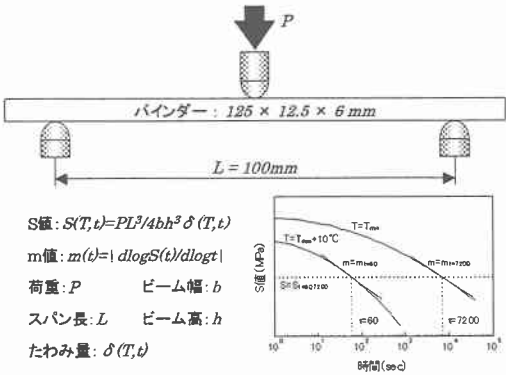
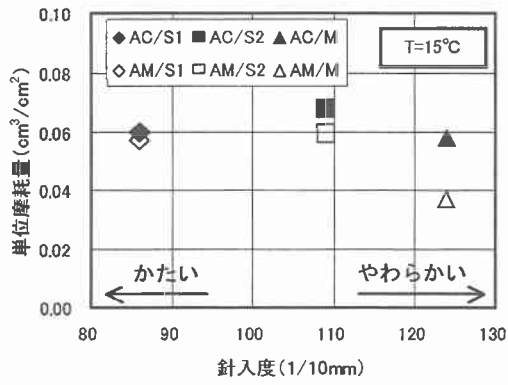


図-7 BBR 試験の概要

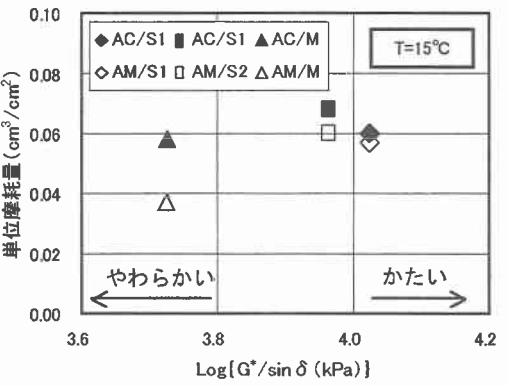
本検討においては、値が小さいほど低温ひび割れ抵抗性に優れる（軟らかい）との知見が得られているスティフネスに着目し検討を実施した。

図－8～10 にアスファルト使用補修材料の単位摩耗量とアスファルトの針入度、 $G^*/\sin \delta$ およびスティフネスの関係を示す。

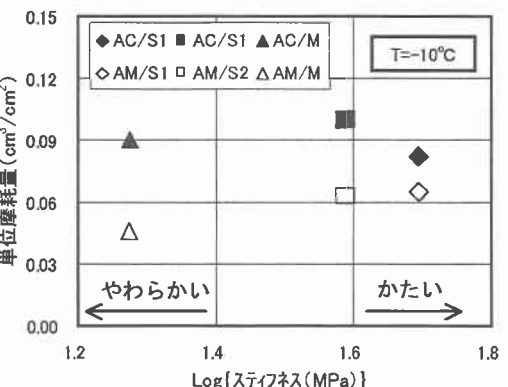
なお、 $G^*/\sin \delta$ およびスティフネスに関しては温度と試験値の近似曲線から摩耗試験実施温度の値を求めている。



図－8 針入度と摩耗量の関係



図－9 $G^*/\sin \delta$ と摩耗量の関係



図－10 スティフネスと摩耗量の関係

図9～10よりアスファルトマスチックの単位摩耗量は、 $G^*/\sin \delta$ 、スティフネスが小さく（軟らかく）なると単位摩耗量が小さくなる傾向がある。なお、単位摩耗量と針入度の間には明らかな相関は認められなかった。

一方、アスファルトコンクリートに関しては、アスファルトマスチックほど明らかな相関が認められなかったが、これは混合物のうちアスファルトの占める割合が相対的に小さかったためと考えられる。

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下に列挙する。

- ①常用水温域において、本検討に用いたアスファルト補修材料は、セメントコンクリート以上の耐摩耗性を有していた。
- ②セメントコンクリートが圧縮強度の増加とともに耐摩耗性が向上するのに対し、アスファルトコンクリートは、圧縮強度の増加に伴い耐摩耗性が低下した。
- ③アスファルトマスチックの摩耗特性は、使用するアスファルトの粘弾性的な性質に大きな影響を受ける。しかしながら、アスファルトコンクリートにおいては、アスファルトマスチックほど明らかな相関は認められなかった。

5. おわりに

アスファルト混合物の水路補修材としての適用性検討のため、耐摩耗性に関する検討を実施した結果、常用水温域においては一般的な補修材料であるコンクリート以上の耐摩耗性を有し、使用するアスファルトの性質が摩耗特性に大きな影響を与えることが明らかとなった。

今後は、水浸安定性、既設コンクリートとの付着性などに関する検討を実施するとともに、アスファルト混合物の種類毎に施工方法を確立し、実水路での試験施工を通じて水路補修材の実用化を目指していきたい。

最後に、検討を進めるにあたり、ご指導ご協力頂いた北海道大学菅原照雄名誉教授をはじめ関係者各位に感謝の意を表します。

【 参考文献 】

- 1) 中井 雅司, 村田 浩一, 岡島 尚司, 若本 貴宏 : 無転圧アスファルト混合物の水路補修材への適用, 第57回年次学術講演会V-038, 2002
- 2) 杉田 英明, 永松 武教, 藤本 浩 : 耐摩耗性コンクリートの評価とその施工, 電力土木No.223, pp. 66-72, 1989
- 3) 小野 実, 栗島 敏, 岩金 健寿 : 沼原発電所 沼原ダムアスファルト保護層改修工事について, 電力土木No.248, pp. 89-98, 1993
- 4) 菅原 照雄 : SHRPのアスファルト研究について, ペーパーテック研究会講演資料, 1994
- 5) 新田 弘之 : SHRPバインダー試験の測定原理と背景, ASPHALT, Vol.39, No.190, pp. 3-9, 1997