

重力式港湾構造物に用いられるアスファルト マットの耐久性に関する調査研究

Durability of Asphalt Mats for Gravity Type Breakwaters

水野雄三* 井元忠博**

Yuzo MIZUNO and Tadahiro IMOTO

近年、混成防波堤の滑動抵抗を増大する目的でアスファルトマットが用いられるようになってきた。北海道においては、寒冷地という特殊な条件を考慮してアスファルトの混合が決められている。

港湾研究室では、寒冷地におけるアスファルトマットの耐久性について1981年より調査研究を行っており、現在なお継続中である。本文は、これまでに得られた試験結果について報告するものであり、強度、可撓性、摩擦抵抗などの試験結果から、現在まで物理的性状には顕著な経年変化は認められていない。

《アスファルトマット；防波堤；摩擦係数；瀝青材》

Asphalt mats have recently been developed for caisson type composite breakwaters to increase the coefficient of static friction between caisson and rubble mound.

In Hokkaido, the proportion of the asphalt has been determined with mixing tests which were made under cold sea water conditions.

To confirm the durability of the asphalt mats, experimental research was carried out by the Harbor and Coastal Hydraulics Laboratory since 1981 and this is still continuing.

This paper reports the results of tests performed for the past five years.

The tests have shown that the properties of the asphalt mat, the strength, flexibility, and frictional resistance, shows no remarkable variation with time.

Keywords: asphalt mat, breakwater, coefficient of friction, bituminous materials.

1. はじめに

重力式港湾構造物の直立部の安定は、滑動および転倒について検討することになっているが、一般に滑動または転倒のいずれか一方の安定性によって堤体諸元が定まることとなる。滑動の安定で堤体諸元が決定されているような場合、その抵抗力は堤体重量と摩擦係数の積で表わされることから、摩擦係数を増加させると堤体重量は少なくとも同じ抵抗力を得ることができる。摩擦係数を増

大させる工法の1つに、堤体底面と捨石基礎との間にアスファルトマットを敷設して堤体重量を少なくし、経済性を追求するというアスファルトマット工法が昭和38年度に和歌山港工事事務所により施工された有田港防波堤175mに採用された。この工法を実施するにあたり室内実験や屋外実験¹⁾を行い、摩擦係数を0.7と定めている(通常、捨石とケーソンとの摩擦係数は0.6である)。また、鉄線および埋込み砕石によってケーソン底面とマットとの一体性を増す工夫も払われている。アスファルト

*港湾研究室長 **同室員

トマット工法は有田港のほか、姫路港、和歌山港などでも採用されてきたが、長期にわたる耐久性に関する懸念があり、アスファルトマット工法の採用は、一部の港湾などに限られていた。このため、昭和44年度に有田港防波堤の施工に用いたものと同一配合のアスファルトマットの供試体を作成し、同防波堤付近の海中で保存して30年後までの供試体の物理特性を調べるという耐久性調査が開始され、現在15年間分のデータが解析されている。さらに、昭和52年度には昭和38年度に施工された防波堤の下のアスファルトマットから実際に試料を採取し、その性状と特性を試験し、耐久性の面からその有効性を明らかにした。

一方、北海道においてもアスファルトマット工法は昭和42年頃から漁港の一部に短期間使用の目的で採用された。これは、温度が低いほどアスファルトマットの摩擦係数は小さくなるという加川の研究結果²⁾からみて、北海道沿岸海域の冬期間の海水温度が0°C近くになるなどアスファルトマット工法の採用条件としては厳しい環境にあることなどから、摩擦係数もさることながら耐久性についても大きな問題と考えられていたためと思われる。その後、北海道の漁港、港湾で採用されたアスファルトマットは低温に適するように配合に種々の改良が加えられ、現在では表-1³⁾に示す配合が一般的となっているが、長期的な品質調査を実施していないため、アスファルトマットの使用はあくまで短期間使用目的に限られていた。アスファルトマット工法は、所定の機能維持されるならば経済性もあり、また、短期間使用目的で採用された構造物の耐波実績もあることから、昭和56年度から港湾研究室でアスファルトマットの性状および有効性を検討するため、50年間にわたってアスファルトマットの物理的性状試験（曲げ、圧縮、せん断、引張、比重、針入度、軟化点）と摩擦係数試験を行い、その耐久性調査を実施することとなった。その調査概要については、「アスファルトマット耐久性調査」⁴⁾としてすでに

表-1 配合表

スーパーCBアスファルト針入度25-111	7%
ブロンアスファルト針入度25-111	7%
石粉(浦河石灰)	30%
細砂(浜厚真丘砂)	37%
テーリング(石綿)	3%
7号砕石(白老、織田組)	16%

発表済みであるので、詳細についてはそれを参照されたい。本報では現在までに得られた5年間のデータを解析し、取りまとめたので報告する。なお、データの保存のため物理的性状試験結果の一覧を付表-1に、摩擦係数試験結果の一覧を付表-2に示した。

2. 試験方法

供試体は1組あたり20試料製作したが、試験にあたっては兼用したり加工したりしているため、試験項目と供試体の寸法・形状との対応を表-2にまとめて示す。以下、試験方法・算定式などについて各項目ごとに述べるが、このうち、強度試験にはインストロン万能試験機を共通して用い、破壊時の荷重とともにひずみを測定してスティフネスも求めることとした。それぞれの算定式に用いられている記号は、次のとおりである。

- f : 供試体の見かけの比重
- W_a : 供試体の空中重量(kg)
- W_w : 供試体の水中重量(kg)
- σ : 供試体の強度(kg/cm²)
- ϵ : 破壊時のひずみ(cm/cm)
- S : 破壊時のスティフネス σ/ϵ (kg/cm²)
- P : 破壊時の荷重(kg)
- l : 供試体の長さあるいは支点間距離(cm)
- b : 供試体の幅(cm)
- h : 供試体の厚さ(cm)
- Δ : 最大荷重を示したときの変形量

なお、添字として b (曲げ)、 c (圧縮)、 s (せん断)、 t (引張)の各記号を用いる。

(1) 曲げ試験

図-1に示すように、支点間距離10cmの中央部に載荷する一定ひずみ速度3点載荷方式によって、破壊時の荷重と変形量を求める。

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (1)$$

$$\epsilon_b = \frac{6h\Delta}{l^2} \quad (2)$$

$$S_b = \sigma_b/\epsilon_b \quad (3)$$

(2) 圧縮試験

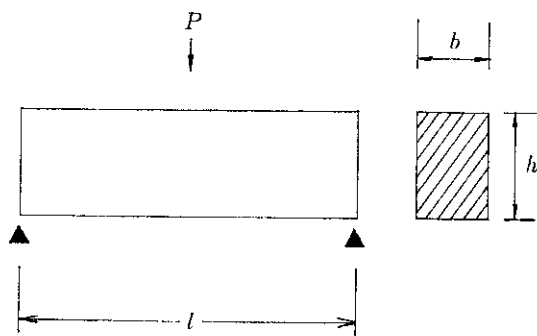
加圧板(4cm×4cm)の間に供試体を設置し、一定ひずみ速度で図-2に示すように載荷して破壊時の荷重と変形量を求める。

$$\sigma_c = \frac{P}{bh} \quad (4)$$

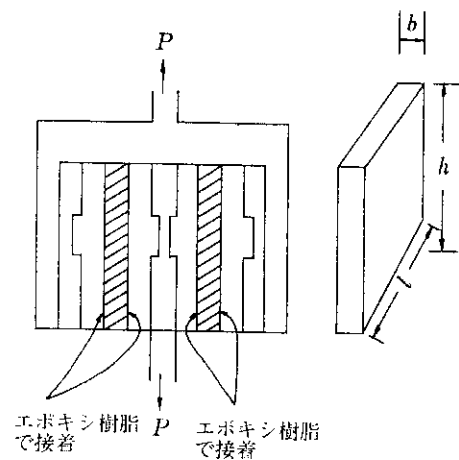
$$\epsilon_c = \Delta/l \quad (5)$$

表—2 試験項目と供試体

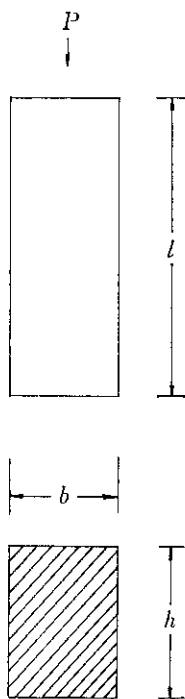
試験名	供試体寸法	個数	変位速度 (cm/s)	試験温度 (°C)	供試体形状
1. 曲げ試験	4 cm×4 cm×16cm	6	0.008	10, 20	
2. 圧縮試験	4 cm×4 cm×8 cm	3	0.08	10, 20	
3. せん断試験	2 cm×4 cm×8 cm	6	0.08	20	
4. 引張試験	4 cm×4 cm×17cm	3	0.08	20	
5. 比重試験	1, 2, 3 のものを兼用	—	—	20	
6. 針入度試験	〃	—	—	—	
7. 軟化点試験	〃	—	—	—	
8. 摩擦係数試験	30cm×30cm×1 cm	8	(本文参照)	—	



図—1 曲げの荷荷方法



図—3 せん断の荷荷方法



図—2 圧縮の荷荷方法

$$S_c = \sigma_c / \epsilon_c \quad (6)$$

(3) せん断試験

図-3に示すように、供試体をエポキシ樹脂を用いて装置に接着し、複せん断試験によって破壊時の荷重と変形量を求める。

$$\sigma_s = \frac{P}{lh} \quad (7)$$

$$\epsilon_s = \Delta / b \quad (8)$$

$$S_s = \sigma_s / \epsilon_s \quad (9)$$

(4) 引張り試験

せん断試験と同様に、供試体をエポキシ樹脂を用いて装置に接着し、図-4に示すように荷荷して破壊時の荷重と変形量を求める。

$$\sigma_t = \frac{P}{bh} \quad (10)$$

$$\epsilon_t = \Delta / l \quad (11)$$

$$S_t = \sigma_t / \epsilon_t \quad (12)$$

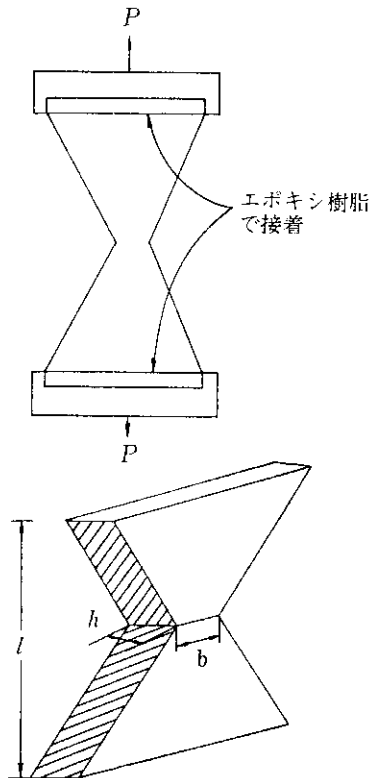


図-4 引張の荷荷方法

(5) 比重試験

精密電子天秤を用いて、供試体の空中重量および水中重量を測定し、次式で比重を求める。

$$f = \frac{W_a}{W_a - W_w} \quad (13)$$

(6) 針入度および軟化点試験

ASTM (D-762-49) の「修正アブソン操作によるアスファルト質材料の加熱抽出および瀝青に関する標準試験方法」によって、供試体からアスファルトを抽出・回収し、JIS-K 2530 の「石油アスファルト針入度試験方法」に従って針入度試験を、JIS-K 2531 の「石油アスファルト軟化点試験方法（環球法）」に従って軟化点試験を行う。得られた針入度 P (1/100 cm) と軟化点 R (°C) から、

次式で計算される針入指数 PI を求める。

$$\frac{\log 800 - \log P}{R - 25} = \frac{1}{50} \cdot \frac{20 - PI}{10 + PI} \quad (14)$$

(7) 摩擦係数試験

加川は、アスファルトマットの摩擦係数に影響を与える因子として、アスファルトの種類と配合、温度、荷重と荷重時間、摩擦面の粗度を選び、独自に開発した装置を用いて試験を行っている。本調査では、これを参考として表-3に示す因子について試験を行うこととした。表-3の摩擦面の粗度の記号は、表-4に示す材料名と対応している。また、温度変化については、10°Cで30分間荷重し、その後30分間で0°Cまで冷却して試験を行うものである。試験装置は北海道大学佐伯研究室が開発³⁾したものを利用させていただきこととし、試験手法の開発のために別個に60枚の供試体を製作した。試験装置を図-5に示す。

3. 耐久性調査の評価方法

アスファルトマットの目的は、摩擦係数の増大にあることから、長期的な品質評価は当然、摩擦係数の絶対値で評価することおよびマットとしての最低強度を有していることから評価することとした。アスファルトマットの配合について、港湾施設の技術上の基準によると、アスファルト合材の20°Cにおける試験の許容範囲は比重

表-4 材料板の表面粗度

材 料 名	骨材平均 粒 径 (mm)	表面平均 凹凸高さ (mm)	表面平均 凹凸間距離 (mm)
アスファルトマット	—	0.074	1.71
コンクリート	A	5.984	32.38
〃	B	3.255	17.50
〃	C	2.290	12.13
モルタル	M	0.943	4.04

表-3 摩擦係数の試験項目

条 件 項 目	V (cm/s)	σ_v (kg/cm ²)	T (分)	t (°C)	材 料 板
相対移動速度 V	0.01~2.00	2.2	30	0, 10, 20	A, M
載 荷 重 σ_v	0.85	1.0, 2.2, 4.0	30	0, 10, 20	M
載 荷 時 間 T	0.85	2.2	30, 60, 120	0	A
試 験 温 度 t	0.85	2.22	30	0, 10, 20	M
摩擦面の粗度	0.85	2.2	30	0, 10, 20	A, B, C, M
温 度 変 化	0.85	2.2	30+30	10→0	A, M

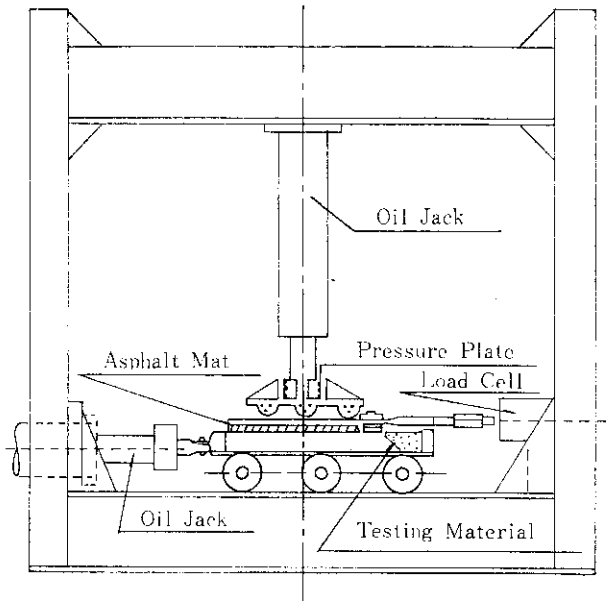


図-5 摩擦係数試験装置

2:2 以上、曲げ強さ 10 kg/cm^2 以上、曲げたわみ量 3 mm 以上、圧縮強さ 10 kg/cm^2 以上を満たす条件であると定められていることから、この基準を評価に用いることとした。なお、本耐久性調査の供試体は供試体片を作成後、増毛港北防波堤の港内側の海底にコンクリート製容器に入れて沈設しており、毎年 5~6 月に供試体を採取して試験を実施している。

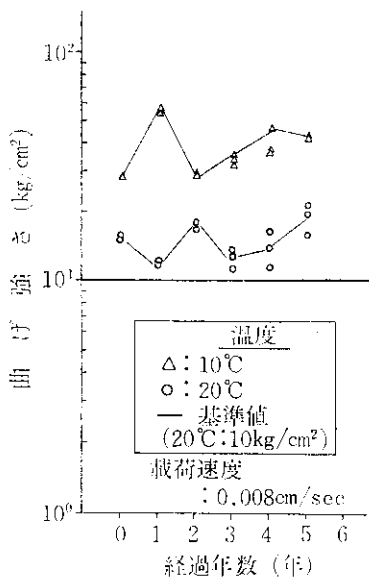


図-6a 曲げ強さの経年変化

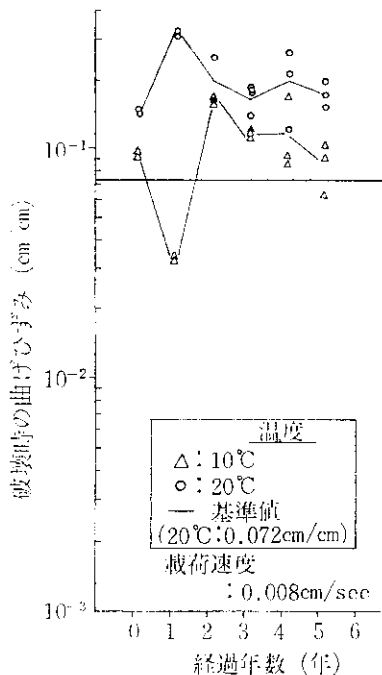


図-6b 破壊時の曲げひずみの経年変化

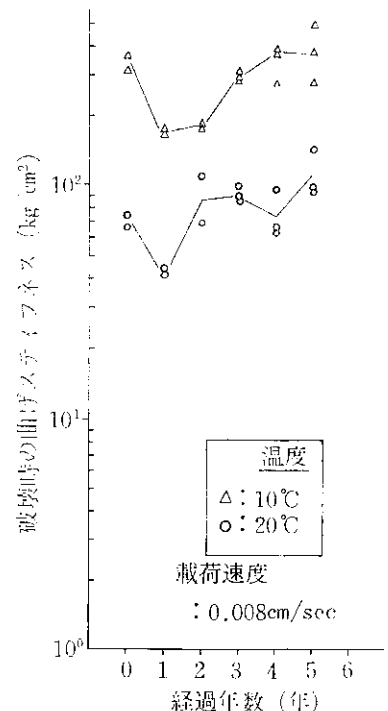


図-6c 破壊時の曲げスティフネスの経年変化

4. 試験結果

4-1 物理的性状試験

(1) 曲げ破壊性状

アスファルトマットの曲げ強さ、破壊時の曲げひずみおよび破壊時の曲げスティフネス (δ_b/ϵ_b) と経過年数との関係をそれぞれ図-6a~c に示す。

曲げ強さは 1 年目で 10°C (供試体の温度) が大きく、 20°C では若干小さな値を示しているが、2 年目以降は 0 年目とほぼ同程度の値で 10°C の場合で 35 kg/cm^2 前後、 20°C では 15 kg/cm^2 前後である。この値は、マットの合材試験による曲げ強さの許容範囲 (20°C : 10 kg/cm^2 以上) を満たしていることになる。曲げひずみについても、1 年目は 10°C と 20°C とで逆の傾向になっており、特に 10°C の結果は他の経過年数の値に比べ小さなひずみ量を示しており、バラツキがみられる。マットの合材試験の許容曲げたわみ量 (20°C : 3 mm 以上) を供試体のひずみに換算すると 0.072 cm/cm 以上となり、 20°C の試験結果は満足していることになる。曲げスティフネスにおいても若干のバラツキがあるが、0 年目と 5 年目の値ではさほどの変化はみられない。以上により、アスファルトマットの曲げ破壊性状の物性変化はそれほど大きくないことが理解できる。また、 10°C から 20°C の温度範囲では、この力学的傾向が変わらないことも図から読みとれる。

(2) 圧縮破壊性状

アスファルトマットの圧縮強さ、破壊時の圧縮ひずみおよび破壊時の圧縮スティフネス (δ_c/ϵ_c) と経過年数との関係をそれぞれ図-7a~cに示す。

曲げ試験と同様に1年目のみ圧縮強さ、ひずみ量がともに他の経過年数の値と若干異なっているが、2年目以降の変化が小さいことから海中におかれたアスファルトマットの圧縮破壊性状の変化が少ないことがわかる。ま

た、圧縮強さの5年目の値は、10°Cで48 kg/cm²、20°Cで30 kg/cm²であり、マットの合材試験の圧縮強さの許容範囲 (20°C: 10 kg/cm²以上) を十分に満たしている。

(3) せん断破壊性状

アスファルトマットのせん断強さ、破壊時のせん断ひずみおよび破壊時のせん断スティフネス (δ_s/ϵ_s) と経過年数との関係をそれぞれ図-8a~cに示す。

20°Cにおける0年目から5年目までのデータを全体

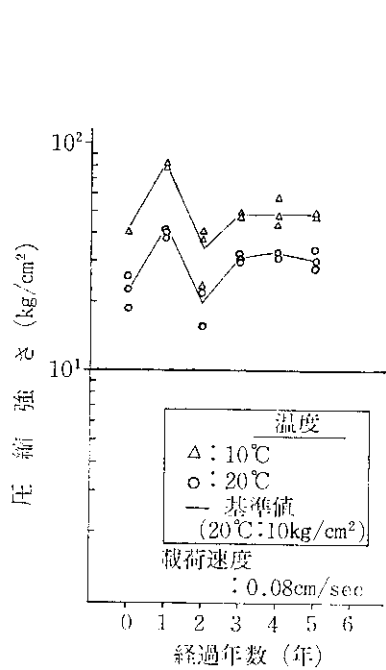


図-7a 圧縮強さの経年変化

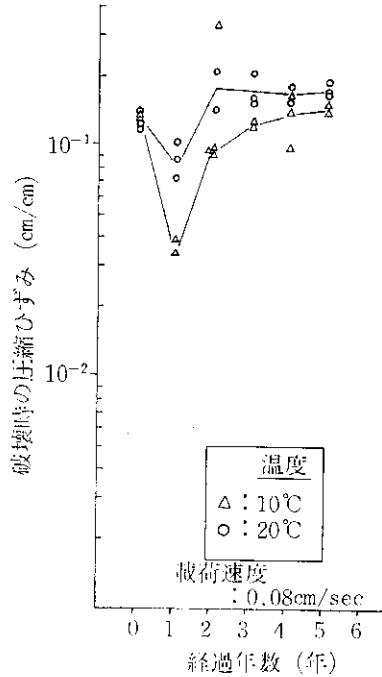


図-7b 破壊時の圧縮ひずみの経年変化

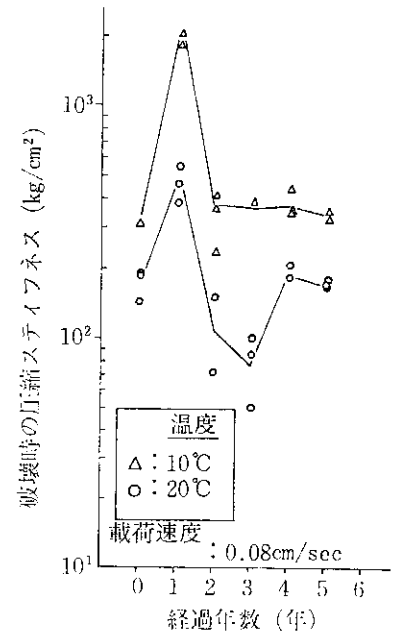


図-7c 破壊時の圧縮スティフネスの経年変化

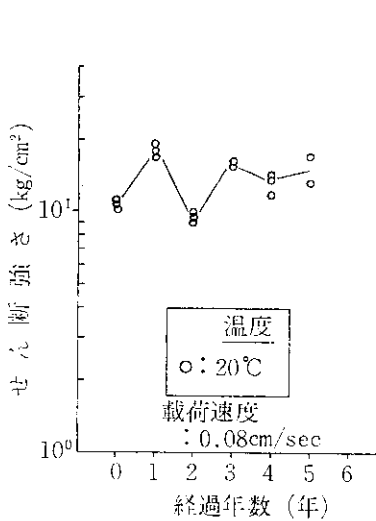


図-8a せん断強さの経年変化

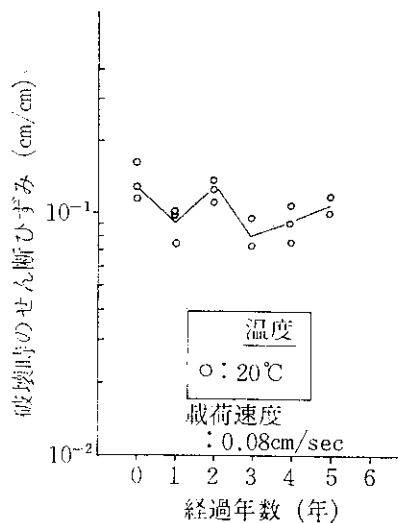


図-8b 破壊時のせん断ひずみの経年変化

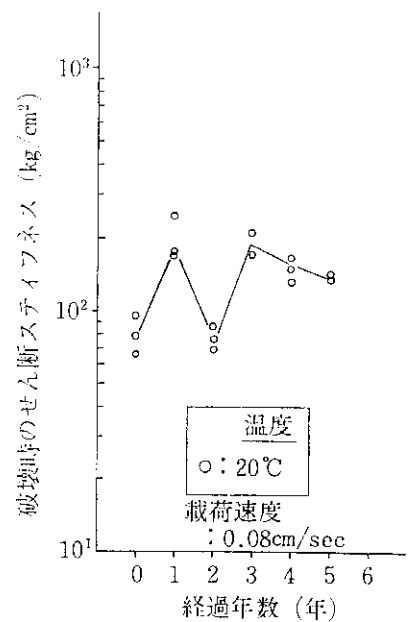


図-8c 破壊時のせん断スティフネスの経年変化

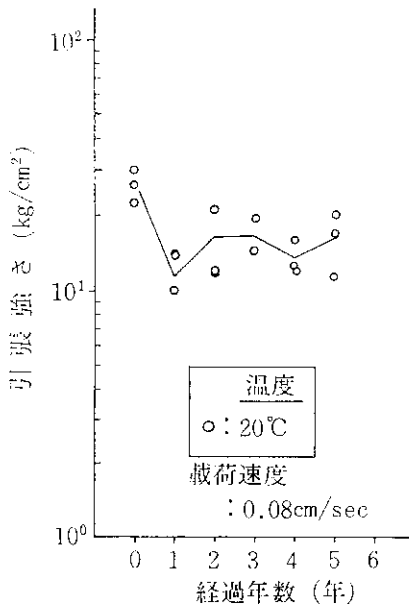


図-9 a 引張強さの経年変化

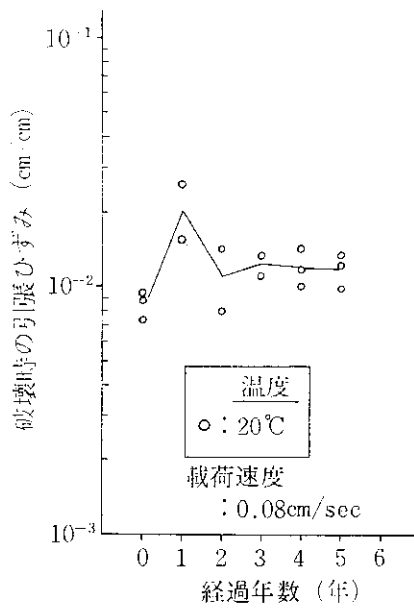


図-9 b 破壊時の引張ひずみの経年変化

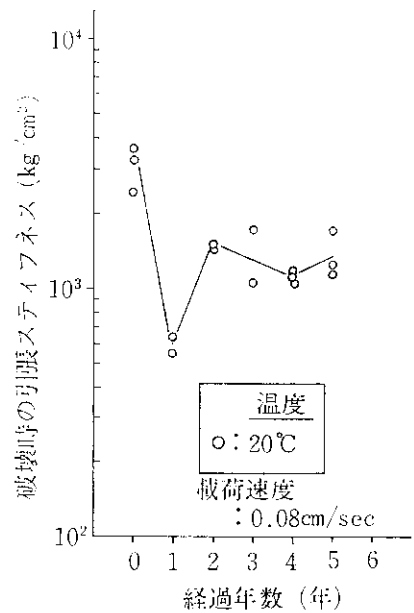


図-9 c 破壊時の引張スティフネスの経年変化

的に比較すると、アスファルトマットのせん断破壊性状の変化は小さく、力学的性状の経年変化は少ないと考えられる。

(4) 引張破壊性状

アスファルトマットの引張強さ、破壊時の引張ひずみおよび破壊時の引張スティフネス (δ_t/e_t) と経過年数との関係をそれぞれ図-9 a~c に示す。

引張ひずみ変化は2年目以降は 15 kg/cm² 前後ではほとんどなく、引張強さも若干のバラツキはあるものの、ひずみ量と同様に、2年目以降の変化は小さいことから海中におかれたアスファルトマットの経年変化は少ないことがわかる。

(5) 比重

図-10 に、海中におかれた供試体の0年目から5年目までの比重の経年変化を示す。

0年目から1年目にかけて2.22から2.28まで増加傾向にあるのが2年目以降は0年目とほぼ同程度の値を前後しているだけであり経年変化は少なく、また、マットの合材試験による比重の許容範囲 (20°C: 2.2 以上) も満足している。

(6) 針入度および軟化点

アブソン法により、回収したアスファルトの針入度および軟化点の経年変化の関係を図-11, 12 に示す。また、それから得られる針入度指数についても図-13 に示す。なお、同図には有田港で行われた試験結果も (●) 印でプロットしている。

経過年数とともに針入度は38から24へ小さくなり、

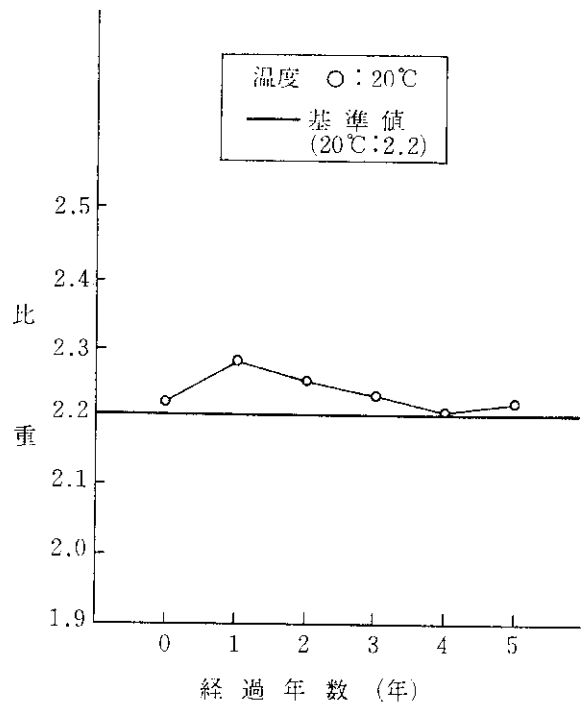


図-10 比重の経年変化

軟化点は0年目から3年目までは78.5°Cから90.9°Cへ上昇し、それ以降はほぼ92°C程度である。有田港のデータでは、針入度については0年目が35で10年以上で27という値になっており、軟化点については65°C前後の値で一定していることから、有田港のデータの傾向と多少相違がみられることから、今後のデータの蓄積によって、その性状変化を判断することが必要と考えら

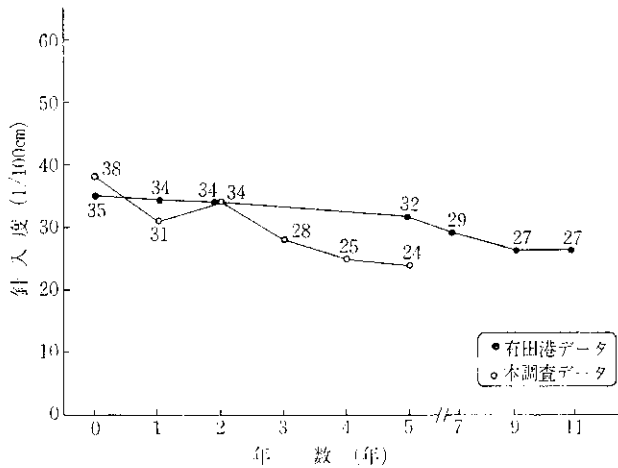


図-11 針入度の経年変化

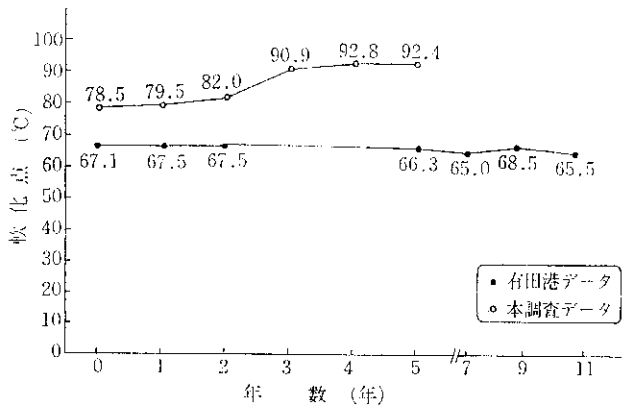


図-12 軟化点の経年変化

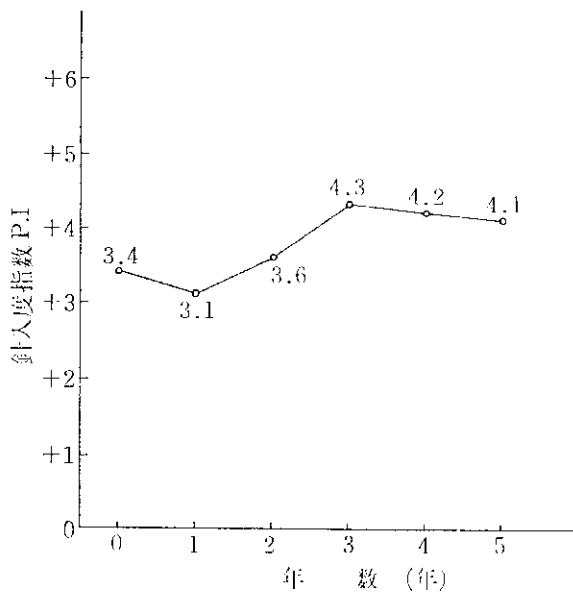


図-13 針入度指数の経年変化

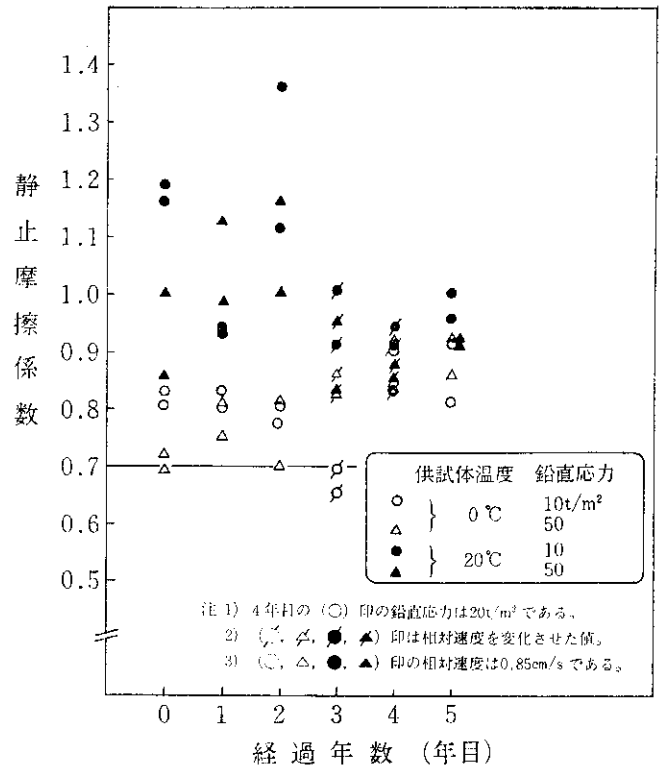


図-14 静止摩擦係数の経年変化

れる。

4-2 摩擦係数試験

構造物全体としての滑動に対する安定計算に用いる摩擦係数は静止摩擦係数である。よって、ここでは静止摩擦係数のみについて述べることにする。図-14は静止摩擦係数と経過年数について示したものである。

図によれば、供試体の温度が20°Cの方が0°Cの静止摩擦係数よりも大きい。変動は20°Cに比して0°Cの方が小さいようである。これは水中の温度が高いほどアスファルトは軟化し、材料板の凸部への食い込みが大きくなり、マットと材料板との粘着(なじみ)が強くなるからと考えられる。温度が低い場合は、マットのひずみが小さくなるため摩擦係数の変動も小さくなるようである。また、摩擦係数を測定する際の相対速度は、0.85 cm/secを標準として試験を実施しているが、経過年数3年目、4年目の試験に当たっては、相対速度を変化させて実施した。付表-2からわかるように、おおむね相対速度が早い方が摩擦係数が大きくなるようである。経過年数による摩擦係数の変化をみるには、相対速度を0.85 cm/secで試験した結果の値(○, ●, ▲, △)印を検討することにした。これから、経過年数4年目、5年目になると20°Cの供試体の摩擦係数は0°Cのものよりも多少大きい、その差も小さくなっており、全体的に値の変動

が少なくなってきた。

一般にアスファルトマットの摩擦係数は0.7を採用していることから、本研究に使用している寒冷地用アスファルトの摩擦係数も経過年数5年まではこの値をおおむねクリアーしている。

載荷重の影響については、5年間のデータからではそれほど明瞭な結果はでていない。一般に載荷重がある程度増せば摩擦係数も大きくなるような傾向があるといわれている。これは、載荷重によってマットにひずみと食い込みが生じるので、載荷重が大きくなれば摩擦抵抗も大きくなると考えられているが、今後のデータ蓄積をはかってから判断することとしたい。

5. アスファルトマットの耐久性の評価

① 強度試験(曲げ、圧縮、せん断、引張、比重)の結果からアスファルトマットの耐久性を評価してみると、経過年数1~2年目までに変動が大きいことがあるが、いずれも経年的な有意な変化は認められない。また、定量的基準として考えているマットの20°Cにおける合材試験による許容範囲も満たしている。

② アブソン法による回収アスファルトの針入度・軟化点の試験結果から、アスファルトの物理性状に経年変化が認められるが、今のところ、他の試験項目結果からみて問題はないと考えているが、今後、経年変化に注目しなければならないだろう。

③ 摩擦係数試験について、試験に用いた相対速度がおおむね0.85 cm/secのときの結果から評価すると、経過年数4年目、5年目では変動も小さくなり、摩擦係数も0.8~1.0の間に分布している。温度による違いをみると、0°Cの方の摩擦係数が20°Cのものに比して小さくなる傾向がある。

以上、低温時におけるアスファルトマットの物理特性と摩擦係数について、上記の限られた条件下での5年間

の試験結果からみて、海水中に沈設したアスファルトマットの供試体は5年経過しても、耐久性、摩擦係数などの品質は所定の性能を有しているように見受けられる。特に、データの変動が経過年数4年、5年ぐらいから小さくなり、値も収束するような傾向がみられる。今後の経過年数10年目ぐらいまでのデータを蓄積し、さらに低温時の試験を重ねれば確かな評価ができると考えられる。

6. あとがき

アスファルトマットの耐久性に関する調査研究は、50年間という長期にわたることから、5年間ぐらいの試験結果が蓄積されるたびに解析を加え、月報に発表することとしている。

今回、5年分のデータの解析を試みたが、データの変動もあり、今後の予測までは解析することができなかった。今後、さらにデータの蓄積を待って解析をしていきたい。

最後に、本調査に御協力いただいている留萌開発建設部留萌港湾建設事務所、北海道大学佐伯研究室、北海道工業大学間山研究室、日本道路(株)北海道支店の関係各位に対し、紙面を借りてお礼申しあげるとともに、今後とも御協力をお願いする次第である。

参 考 文 献

- 1) 第三港湾建設局；有田防波堤の設計と施工，アスファルトマットによる摩擦抵抗の増大について，昭和38年。
- 2) 加川道男；重力式構造物の摩擦抵抗増大について，第11回海岸工学講演会講演集，pp. 217-221, 1964。
- 3) 社団法人日本港湾協会；港湾の施設の技術上の基準・同解説，第3編第4章。
- 4) 林 忠志，井元忠博，坂本洋一；アスファルトマット耐久性調査，土木試験所月報，No. 378, 1984。

付表一 試験結果 (強度および物理特性)

経過年数	0		1		2		3		4		5	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
試験温度 (°C)	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
曲げ強度	29.2	14.7	55.7	12.3	28.3	17.6	33.4	15.0	36.7	13.7	42.2	18.5
ひずみ (cm/cm)	9.58×10^{-2}	1.58×10^{-1}	3.38×10^{-2}	3.11×10^{-1}	1.63×10^{-1}	2.06×10^{-1}	1.27×10^{-1}	1.67×10^{-1}	1.15×10^{-1}	1.97×10^{-1}	8.47×10^{-2}	1.71×10^{-1}
ステイフネス (kg/cm ²)	3.05×10^2	9.32×10^1	1.65×10^3	3.95×10^1	1.74×10^2	8.87×10^1	2.63×10^2	8.93×10^1	3.38×10^2	7.36×10^1	3.74×10^2	1.10×10^1
圧縮強度	39.7	22.6	80.2	40.2	33.2	18.8	48.0	30.3	48.9	19.3	48.0	30.0
ひずみ (cm/cm)	1.28×10^{-1}	1.32×10^{-1}	3.56×10^{-2}	8.76×10^{-2}	9.46×10^{-2}	1.89×10^{-1}	1.26×10^{-1}	1.71×10^{-1}	1.33×10^{-1}	1.66×10^{-1}	1.42×10^{-1}	1.75×10^{-1}
ステイフネス (kg/cm ²)	3.10×10^2	1.71×10^2	2.28×10^3	4.65×10^2	3.49×10^2	1.09×10^2	3.81×10^2	1.77×10^2	3.76×10^2	1.93×10^2	3.38×10^2	1.71×10^2
せん断強度	—	10.5	—	17.5	—	9.41	—	15.8	—	13.3	—	14.7
ひずみ (cm/cm)	—	1.33×10^{-1}	—	9.24×10^{-2}	—	1.23×10^{-1}	—	8.43×10^{-2}	—	9.14×10^{-2}	—	1.08×10^{-1}
ステイフネス (kg/cm ²)	—	7.85×10^1	—	1.89×10^2	—	7.65×10^1	—	1.87×10^2	—	1.47×10^2	—	1.36×10^2
引張強度	—	26.7	—	11.9	—	16.6	—	16.7	—	13.4	—	16.0
ひずみ (cm/cm)	—	8.71×10^{-3}	—	2.05×10^{-2}	—	1.12×10^{-2}	—	1.23×10^{-2}	—	1.20×10^{-2}	—	1.18×10^{-2}
ステイフネス (kg/cm ²)	—	3.08×10^3	—	5.95×10^2	—	1.48×10^3	—	1.50×10^3	—	1.08×10^3	—	1.35×10^3
密度 (g/cm ³)	—	2.220	—	2.280	—	2.252	—	2.231	—	2.209	—	2.218
針入度 (1/100 cm)	38	—	31	—	34	—	28	—	25	—	24	—
軟化点 (°C)	78.5	—	79.5	—	82	—	90.9	—	92.8	—	92.4	—
針入度指数	3.4	—	3.1	—	3.6	—	4.3	—	4.2	—	4.1	—

付表—2 試驗結果 (摩擦係數)

經過年數	供試體溫度 (°C)	鉛直応力 (t/m ²)	相對速度 (cm/s)	沈下量 (cm)	靜止摩擦係數	動摩擦係數	
0	0	10	0.85	0.040	0.833	0.639	
				0.030	0.805	0.615	
	50	0.030		0.693	0.593		
		0.040		0.722	0.610		
	20	10		0.070	1.194	0.861	
				0.085	1.163	0.838	
		50	0.045	1.000	0.793		
			0.055	0.863	0.713		
1	0	10	0.85	0.030	0.833	0.667	
				0.030	0.800	0.625	
	50	0.030		0.750	0.657		
		0.030		0.813	0.563		
	20	10		—	0.944	0.889	
				0.040	0.938	0.750	
		50	0.045	0.986	0.821		
			0.095	1.138	0.763		
2	0	10	0.85	0.015	0.806	0.611	
				0.050	0.775	0.563	
	50	0.030		0.700	0.643		
		0.030		0.813	0.563		
	20	10		0.045	1.361	0.889	
				0.060	1.113	0.825	
		50	0.055	1.007	0.829		
			0.065	1.163	0.763		
3	0	10	0.46 1.15	0.040	0.653	0.694	
				0.050	0.694	0.666	
	50	1.27		0.040	0.828	0.615	
		0.93		0.050	0.863	0.655	
	20	10		0.73	0.030	1.097	0.931
				0.33	0.070	0.910	0.861
		50	0.36	0.040	0.833	0.694	
			0.36	—	0.952	0.734	
4	0	20	0.50 1.15	0.065	0.833	0.767	
				0.043	0.900	0.667	
	50	0.64		0.060	0.833	0.720	
		1.10		0.050	0.920	0.720	
	20	20		1.05	0.040	0.944	0.708
				0.97	0.055	0.917	0.833
		50	0.95	0.045	0.850	0.800	
			0.83	0.065	0.878	0.822	
5	0	10	0.82 0.83	0.008	0.809	0.635	
				0.039	0.910	0.679	
	50	0.83		0.062	0.859	0.681	
		0.84		0.030	0.922	0.755	
	20	10		0.85	0.020	0.955	0.814
					0.044	1.037	0.883
		50	0.89	0.043	0.922	0.764	
			0.90	0.017	0.912	0.712	