

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

北海道開発局留萌開発建設部 井元 忠博
北海道開発局開発土木研究所 正会員 水野 雄三
同 上 同 上 谷野 賢二

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るが、一般に滑動又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せることから、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一つに、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、鉄線および埋込み碎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。アスファルトマット工法は有田港の他に、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しての懸念があり、アスファルトマット工法の採用は、一部の港湾等に限られていた。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ている。

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年頃から採用され出しているが、冬期間の沿岸海域における海水温度が0℃近くにもなるため、耐久性もさることながらアスファルトのもつ性能低下が懸念されていた。すなわち、加川の研究でも示されているが、アスファルトマットはその温度が低いほど摩擦係数は小さくなる傾向がある。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、施工性はもとより、低温下でもより性能が発揮されるように、配合に種々の改良が加えられてきた。しかし、アスファルトマット工法のもつ課題である耐久性については、確認されていないため、採用に当たっては短期間の使用に限られているのが現状である。アスファルトマット工法は、摩擦係数を増大させる工法として有効であるので、昭和56年度から港湾研究室でアスファルト³⁾マット⁴⁾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。本報では現在までに得られた7年間のデータと防波堤下面から採取したマット片のデータを合わせて解析し、取りまとめたので報告する。

1. 調査概要

(1) 目的

北海道内の漁港に用いられてきた低温用のアスファルトマットは、本州方面で用いられているものとは配合が異なり、また履歴する自然条件が一層厳しいことから、本州方面での調査・研究結果から即座に道内における採用の適否および設計条件を決定するわけにはいかないと考えられる。今まで低温用のアスファルトマットを採用した防波堤が滑動した事例はないが、その性状の経年変化・耐久性などに関する調査・研究がなされていないため、道内における長期間の有効性を立証する十分な根拠はない。

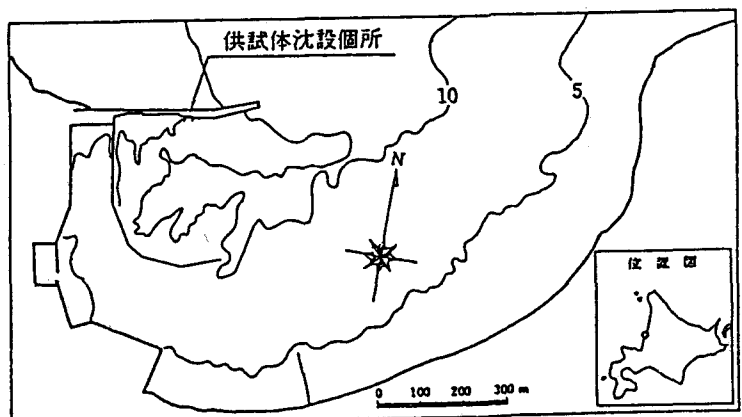


図-1 沈設箇所

図に示すように、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。

$$\sigma_b = 3P\ell / 2bh^2 \quad \dots (1)$$

$$\epsilon_b = 6h\Delta / \ell^2 \quad \dots (2)$$

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

(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。

$$\sigma_c = P / bh \quad \dots (4)$$

$$\epsilon_c = \Delta / \ell \quad \dots (5)$$

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

(3) セン断試験

図に示すように、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。

$$\sigma_s = P / \ell h \quad \dots (7)$$

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

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

(4) 引張り試験

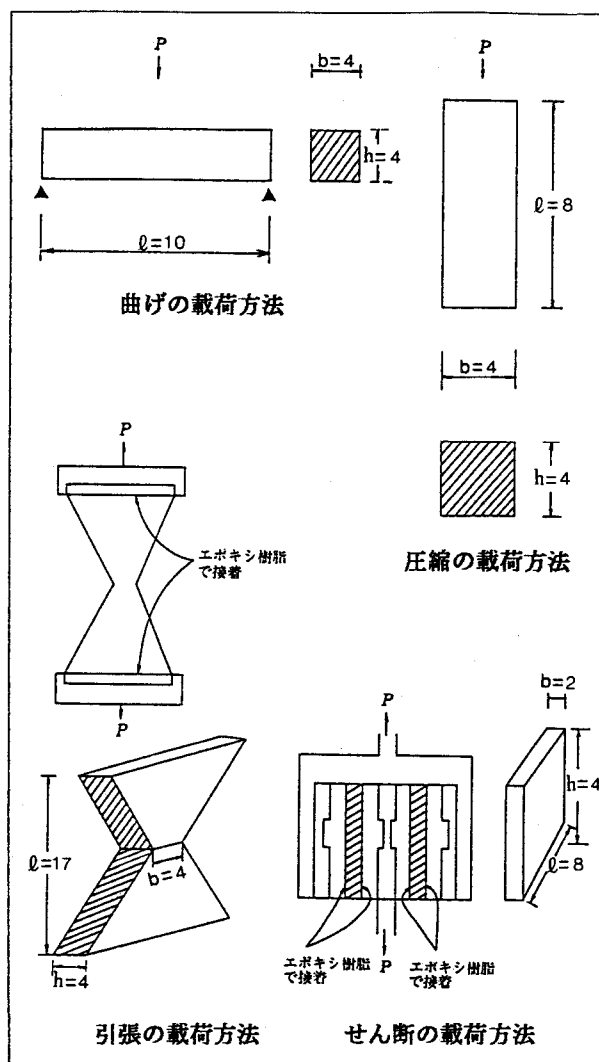


図-3 各試験の載荷方法

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。

$$\sigma_t = P / bh \quad \dots (10) \quad \epsilon_t = \Delta / \ell \quad \dots (11) \quad S_t = \sigma_t / \epsilon_t \quad \dots (12)$$

(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、比重を求める。

$$f = W_a / (W_a - W_w) \quad \dots (13)$$

(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-K2530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-K2531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(1/100cm)と軟化点R(℃)から針入度指数PIを求める。

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

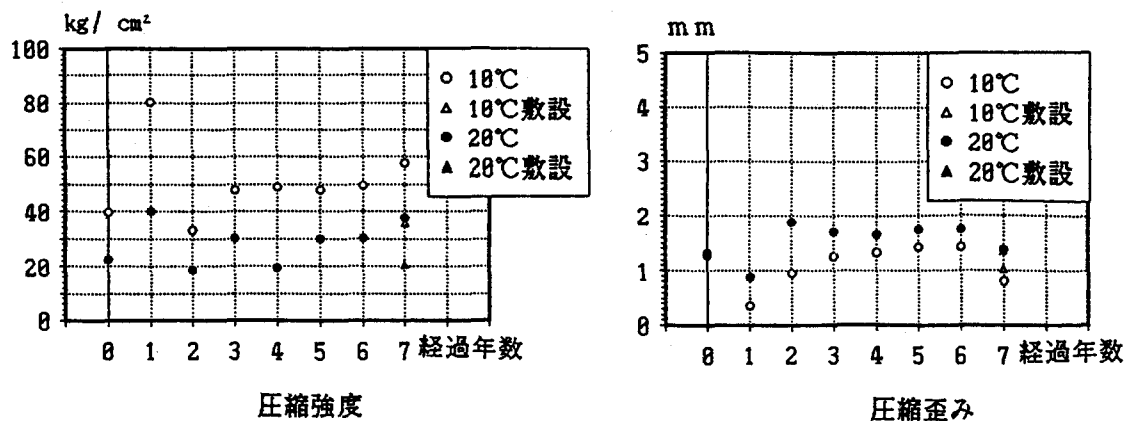


図-6 圧縮強度および歪み試験の結果

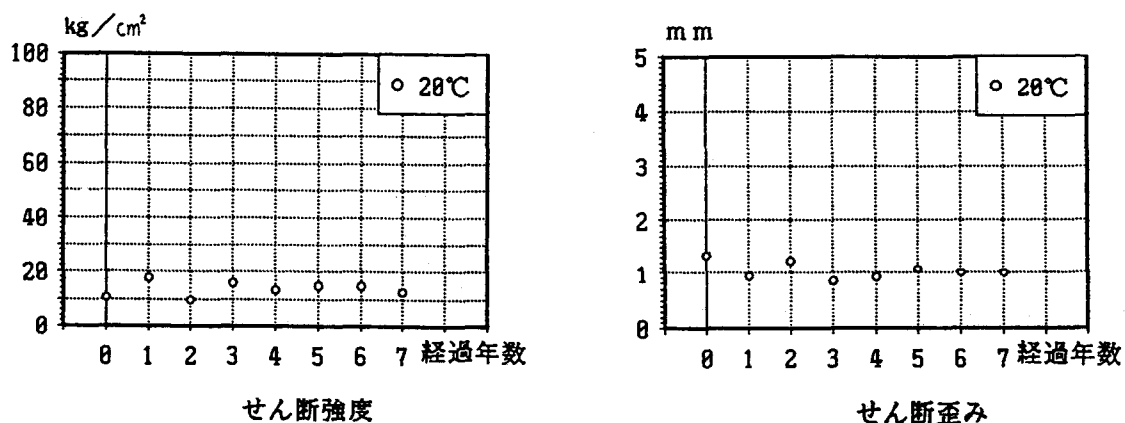


図-7 セン断強度および歪の試験の結果

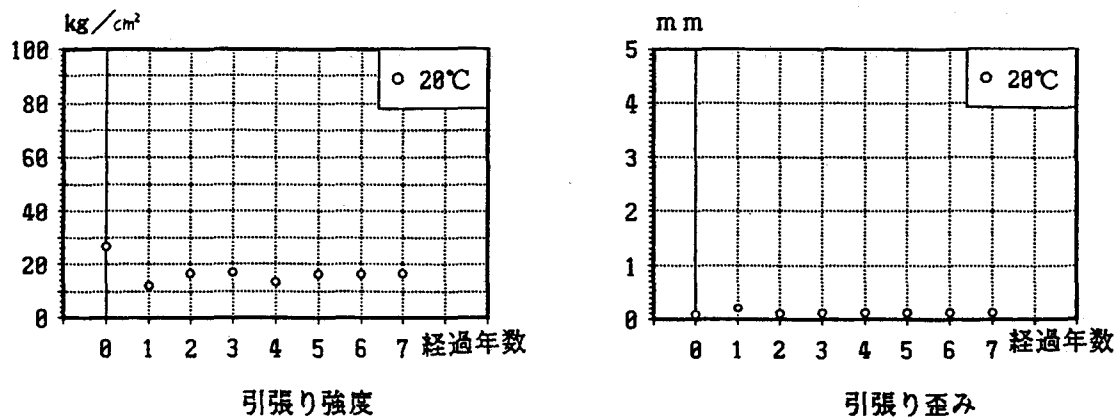


図-8 引張り強度および歪試験の結果

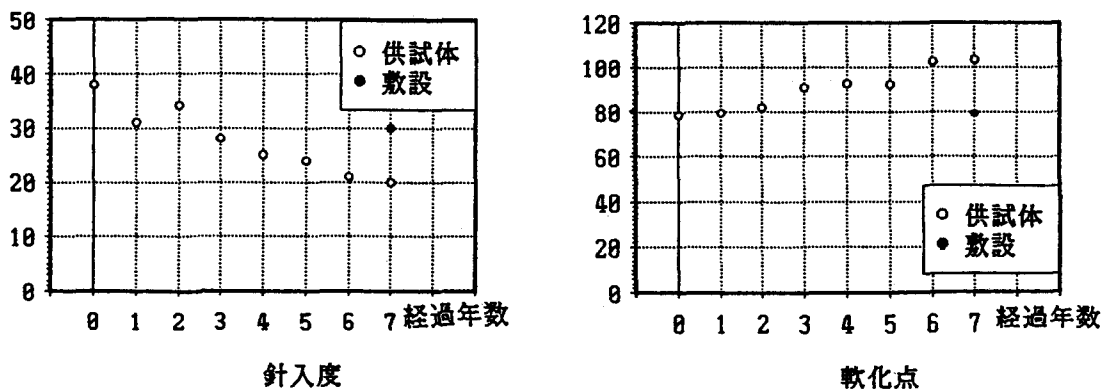


図-9 針入度および軟化点試験の結果

(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、載荷重と載荷時間、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、これを参考として北海道大学佐伯研究室が開発した装置を利用させていただくこととした。試験は、10℃で30分間載荷し、その後30分間で0℃まで冷却して行うものである。試験装置を図-4に示す。

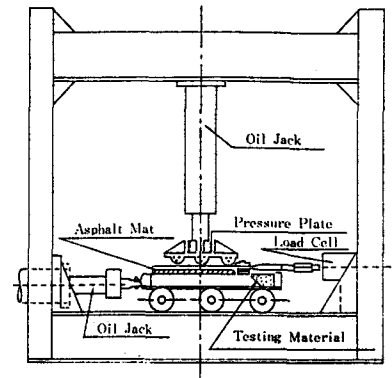


図-4 摩擦係数試験装置

3. 試験結果

現在までの経年変化試験は7回実施している。また、昭和63年度では増毛港の防波堤下面からアスファルトマット片を採取し、曲げ・圧縮・比重・針入度・軟化点・摩擦係数試験を実施している。図-5～図-11に各試験の結果を示す。図中の凡例で「敷設」とあるのは、ケーソン下面から採取したデータである。

3-1. 物理的性状試験について

図-5～図-6に示した曲げ、圧縮試験結果を見ると、供試体沈設後1年目の値が大きいようであるが、それ以降の変化は小さい。また、図-7～図-8に示したせん断、引張り試験、および図-11に示した比重試験については、ほぼ一定値を示し、マットの品質劣化はそれほど認められないようである。図-9に示した針入度および軟化点は、それぞれ減少、増加の傾向にあるが、敷設供試体の試験結果は何れも1年目の値にほぼ等しく試験用供試体よりも経年変化は少ないようである。

3-2. 摩擦係数試験について

図-10に示した供試体温度0℃における摩擦係数は、0.7～1.1程度の範囲にあり、また温度20℃の場合は0.8～1.2の範囲にある。経過年数が0年目から7年目までの静止摩擦係数の変化の傾向としては20℃の供試体の摩擦係数は0℃よりも多少大きいとその差も年々小さくなってきている。また、敷設供試体の摩擦係数も試験用供試体とほぼ同様の値を示している。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試験結果の値はそれを満足するものである。以上の結果から、沈設後7年経過した現在において、沈設初期の試験値と比べて変化は少なく、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である。データの変動も経過年数を増すごとに収束するような傾向がみられることから、今後の経過年数10年目位までのデータを蓄積し、更に低温時の試験を重ねれば適確な評価ができると考えられる。

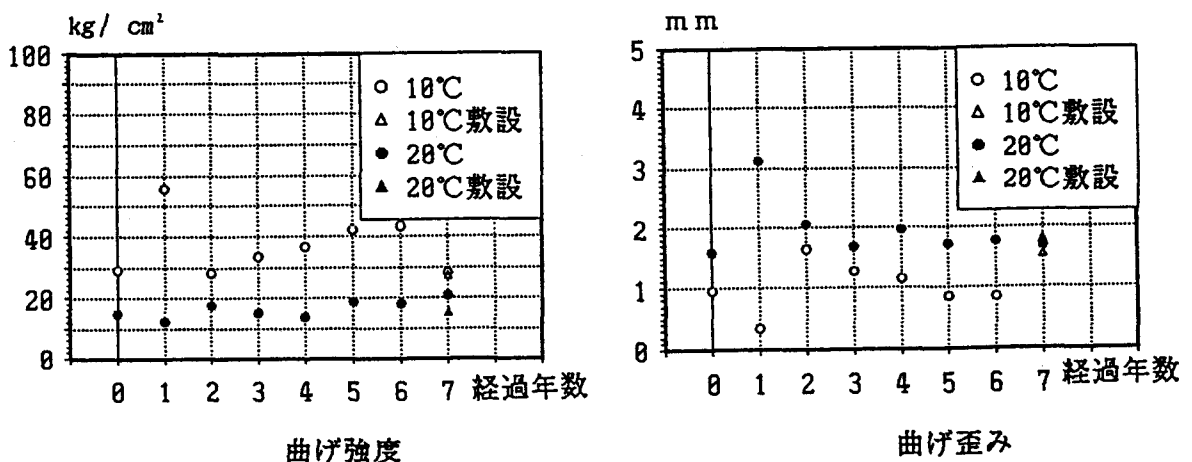


図-5 曲げ強度および歪み試験の結果

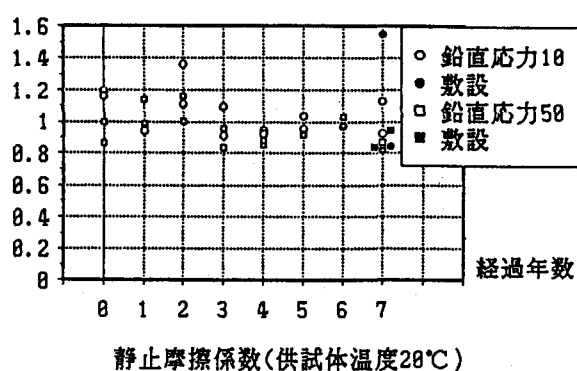
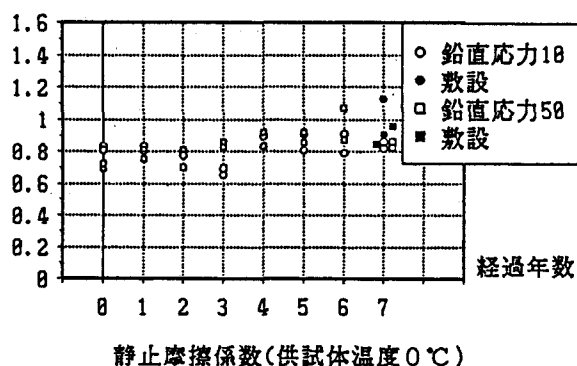


図-10 摩擦係数試験の結果

おわりに

今回はケーソン下面からマットの試料を現場採取できたので7年目の試験片と合わせて検討をした。また、「港湾の施設の技術上の基準」の改訂に伴い摩擦増大用アスファルトマット合材の配合試験の基準値が見直されたため、この新基準にあった寒冷地用アスファルトマットの最適配合の検討が必要であると共に今後、更に経年的なデータの蓄積と解析を行っていきたいと考えている。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、日本道路網北海道支店、および寒地港湾技術研究センターの関係各位に対し紙面を借りてお礼申し上げるとともに、今後とも御協力をお願いする次第である。

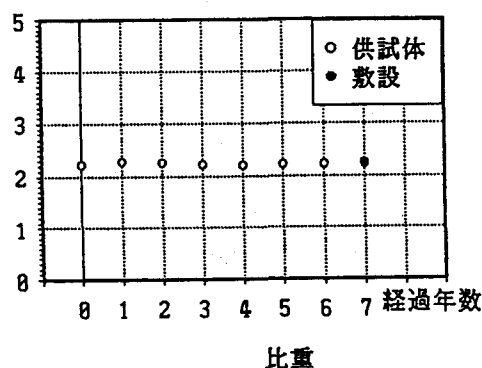


図-11 比重試験の結果

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，1964，pp.217-221
- 3) 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，N0. 378，1984
- 4) 水野雄三，井元忠博；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，土木試験所月報，N0. 410，1987
- 5) 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