

支障をきたすほどの沈下はないものと考えられる。しかし本工事では次の各項に就いて予め測定し 17 mm の上げ越しをした。

- i) 無載荷状態に於いて鋼重、形枠、床版鉄筋による撓み量 (4 mm)
- ii) 床版コンクリート打設による撓み予測 (7 mm)
- iii) 支保工のなじみ量、収縮、クリープ等不可測的な撓み量予測 (4 mm)
- iv) 支保工取はずしの時に生ずると想われる撓み量 (2 mm)

結局レベルの位置から 13 mm 上げ越したことになる。実際に施工をしたところ沈下量は表-1 の如く測定され、計画どおり施工されたと思われる。

表-1 主桁の沈下量

	型枠組立配筋完了後	コンクリート打完了後	養生完了後 (28日)	支保工取除後	計
	mm	mm	mm	mm	mm
上流側桁	2	11	3	3	19
中央桁	2	6	4	3	15
下流側桁	2	8	3	3	16
平均	2	9	3	3	17

その他施工して気がついた点は

支保工として、旧橋脚を用いて施工したが、大きな工事ではこれでは不安であると思う。楔として堅木を用いたが、2 mm~3 mm の沈下量があつたが、その他の要素と相殺し、計画通りの沈下を見た。コンクリートに碎石を用いたが、碎石状態が悪く、最大 25 mm の示方のところ 40 mm 位のがあり、デベルの附近の打込みには大変な苦勞をした。

又設計の面ではデベルにアングルを用いたが、施工上コンクリートの打込みが出来ず苦勞をしたので、今後の設計ではデベルは簡単なものとした。

5. 結 語

今日、多くの施工例や実験結果報告より検討すれば、宿内橋の設計及び施工面に不備なる事項が多々あるのだが、近く実応力の測定を行つて再検討したいと考えている。又本年度小樽土木現業所で施工した溶接橋が 2 本あり、これらの材料試験、気温と材質並びに応力との関係等も鋭意実験中なので結果を判断の上、溶接合成桁の計画も進めたいと考えている。

技 術 資 料 第 九 号

新らしい浮防舷材について

正 員 北海道開発局室蘭開発建設部 白 石 直 文
 準 員 同 加 藤 市 郎
 準 員 同 山 家 博

1. ま え が き

最近、港湾技術者にとつて、繋船岸に作用する船舶の衝撃エネルギーを、防舷材を通じて如何に有効に吸収させるかが、共通の問題となつている。

このため、船舶の衝撃エネルギーと、種々の型式の防舷材に関する研究が現在各国で行われている。

室蘭港で目下施工中の拓計物揚場は、水深 3.0 m、延長 107 m の小型船舶用重力式繋船岸であつて、繋船岸を形造つている函塊の内部には、在来のごとく砂石填充を行わず、海水のみを満したものである。

故に船舶の衝撃力を、極力減少せしめ得るような緩衝材が要求される訳で、在来の木製固定防舷材に代つて、

自動車のゴムタイヤによつて、船舶の衝撃エネルギーを吸収せしめる浮防舷材を、設計試用する予定である。

以下新しい浮防舷材の設計に當つて行つた小型船舶の接岸速度の実例、及びその実測値より計算式を用いて算定した衝撃エネルギー、浮防舷材の構造機能、防水、防蝕、に関する若干の研究について述べようと思う。

2. 衝撃力と接岸衝撃係数の測定

船舶が繋船岸に接岸する場合、繋船岸に及ぼす衝撃エネルギーは次式で与えられる。

$$W = K \frac{MV^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

ここに

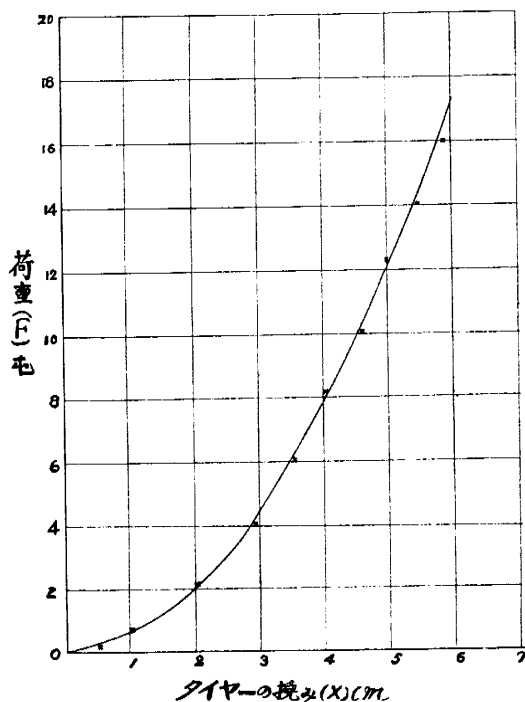
W : 衝撃エネルギー
 K : 接岸衝撃係数
 M : 船舶の排水量
 V : 接岸速度
 g : 重力の加速度

上式は船舶の運動エネルギーは船舶の弾性変形、水の抵抗等のため、その全部を繋船岸に与えないで、或る係数 K (通常 $K \leq 1$) を乗じた値しか与えない事を示すものである。

K は又船舶の大きさ、接岸の方式、等によつても可成り幅を有する値をとるものである。第 18 回国際航路会議 (P.I.A.N.C) に提出された諸論文によれば、船舶がその船腹で岸壁を打つ時 (以下平行接岸と称する) は衝撃係数 K の値は $\frac{1}{2}$ 程度、船首又は船尾に近い一端を打つ時は (以下点接岸と称するは $\frac{1}{3}$ 程度の値をとるものとされている。

更に R. M. Robertson によれば、帯木付船舶では、船舶の平面形での曲率度が大、且つ剛体であるため、 K の値いは殆んど 1 であるとされている。

この K の値が実際にどの程度であるかを知るために試験を行つた。本試験は、変形と衝撃エネルギーの関係の既知な弾性体に、排水量及び種々の速度の船舶を衝突させて弾性体の変形を測定し、船舶の運動エネルギーと弾性体の変形エネルギーより衝撃係数 K を求めたもので、次にその要領を記す。



図—1 タイヤーの撓みと力との関係

(1) 被衝突弾性体の荷重変形曲線の作製

この弾性体には、拓計物揚場に採用を予定しているゴムタイヤ式浮防舷材を用いた。このゴムタイヤ式浮防舷材をタイヤ部を下にして、コンクリートの水平面に置き、分離式 100 t オイルジャッキで荷重をかけ、荷重変形曲線を作成した。

この曲線は 図—1 に示す通り抛物線となり、最小二乗法によつて整理すれば

$$F = 0.085x + 0.480x^2 \dots\dots\dots (2)$$

となりゴムタイヤの撓みによる仕事 W は

$$W = \int_0^x F dx = 0.043x^2 + 0.160x^3 \dots\dots (3)$$

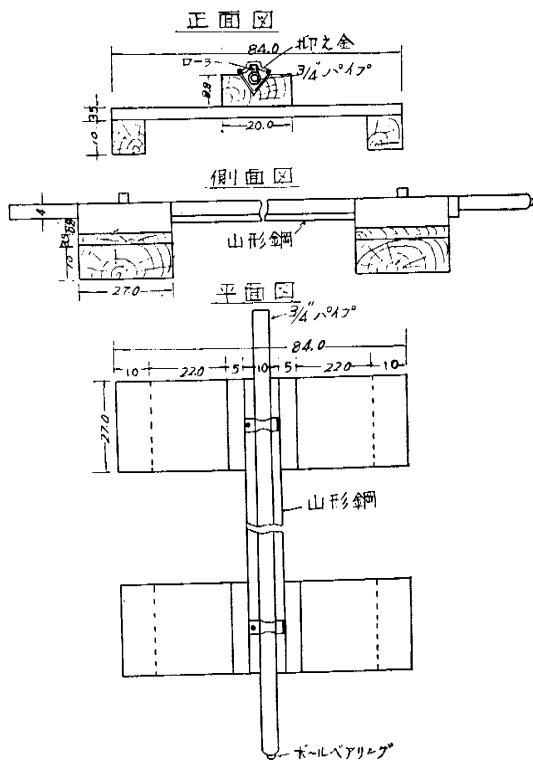
で与えられる。

(2) 船舶の運動エネルギーの測定

重量 M 、速度 V なる船舶の運動エネルギーは $\frac{MV^2}{2g}$ である。

本試験で使用した船舶は、当部所属の曳船 “有珠丸”、“北星丸”、海上保安庁の巡視船 “むらさめ” で、試験当時の排水量 M はそれぞれ次の通りである。

有 珠 丸	81 ton
北 星 丸	40 ton
むらさめ	46 ton



図—2 接岸速度測定器

接岸速度 V は、図-2 に示すようなパイプを岸壁より突出しておいて、船体に接触後の単位時間毎の移動量を測定した。

(写真-1) 最初、竹竿に簡単に支承をつけたものであったが、竹竿では撓みが大きくて補正計算を必要とし、又節があるため支承上を滑らかに移動せず、且つ船体が前後上下に移動した場合、竹竿の先端の摩擦力が竹竿の移動に悪い影響を与えるので、これに代えてパイプを用いた。



写真-1 接岸速度測定器



写真-2 撓み測定器

即ち長さ7mの3/4 吋パイプの先端にボール・ベアリングをつけ、支承にもローラーをつけて抵抗を減ずるようにした。次に被衝突弾性体、即ちゴムタイヤ式浮防舷材を拓計埠頭護岸のコンクリート垂直面に取り付け、試験船舶を種々の速度で衝突せしめ、ゴムタ

イヤの撓みを実測した。(写真-2)

この瞬間的なゴムタイヤの撓みを測定するため、図-3 に示すような、パイプ及び鉄棒を組合せたピストン形状の測定器を製作した。このパイプの部分を防舷材の木製部に固定し、鉄棒の先端を岸壁のコンクリート面に接触させて置き、船舶がこの防舷材に接触すれば、鉄棒はピストン内をゴムタイヤの撓みと同量だけの移動をする訳である。

このパイプの中にはグリースをつめ、衝撃の際の慣性によつて、実際の変位量以上に鉄棒がパイプの中を滑らないよう抵抗を持たせた。なお鉄棒の移動につれグリー

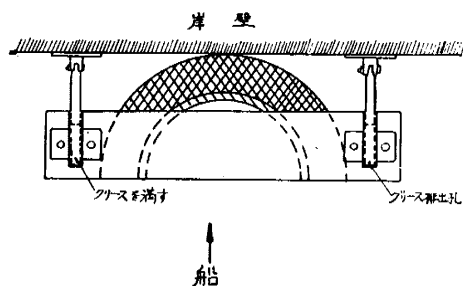
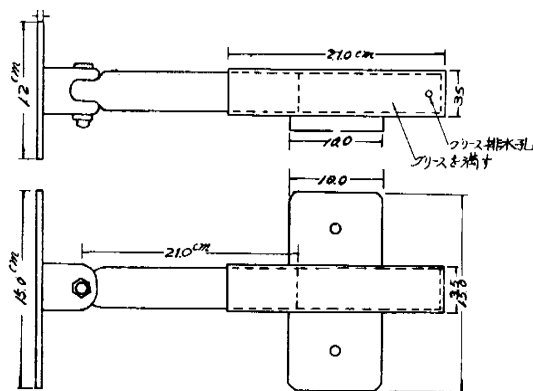


図-3 撓み測定器

表-1 衝撃試験成績表

排水量 M (ton)	速度 V (m/sec)	運動エネルギー $\frac{MV^2}{2g}$ (kg-m)	タイヤの撓み x (cm)	衝撃エネルギー $\int_0^x Fdx$ (kg-m)	衝撃係数 $K = \int_0^x Fdx / \frac{MV^2}{2g}$	接岸の式方
81	0.90	3344	12.3	3041	0.91	点接岸
81	0.88	3197	12.1	2896	0.91	〃
81	0.23	218	4.5	145	0.67	平行接岸
81	0.18	134	4.0	109	0.81	〃
81	0.12	59	2.9	42	0.71	〃
40	0.30	183	4.0	109	0.60	点接岸
40	0.28	159	3.0	47	0.30	〃
46	0.24	193	4.1	117	0.61	〃
45	0.31	225	4.5	145	0.65	〃

スを排出出来るようパイプの奥にグリース排出孔をつけた。

(3) 衝撃力及び衝撃係数の算定

(1), (2) の試験結果より $\frac{MV^2}{2g} \cdot \int_0^x Fdx$, 並びに K の値を求めると 表一に示す通りである。

3. 設 計

(1) 設計の前提

室蘭港の潮差は最大約 1.5 m で潮流の影響は殆んどない。

拓計物揚場は、水深—3.0 m を有する小型船舶用の繋船岸で、接岸船舶は総吨数 50 t 程度の発動機船を対象としている。

この程度の船舶では、積荷ある場合の排水量は 100 t 位と考えられる。

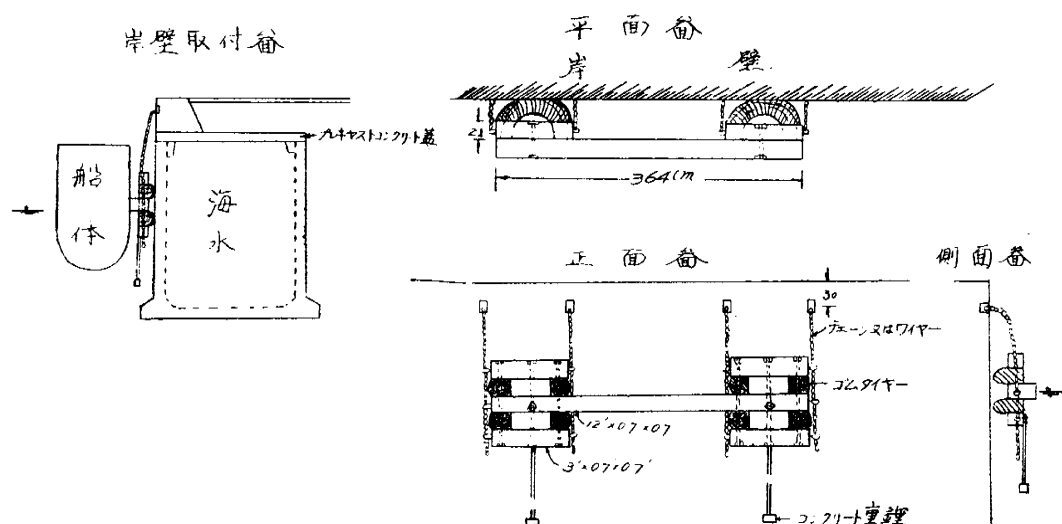
波浪も本物揚場では北西風の強い場合、やや激しくなるが、繋船岸の構造に波力を考慮する程度ではなく、勿論船舶の接岸速度に著しい影響を与えるものではない。

依つて接岸速度を 0.50 m/sec 程度に採り浮防舷材とするのが有利である。

(2) 構造機能

図—4 に示すような構造寸法を有している。その主要部は機能上、二つの部分に分けられる。これを緩衝部と連結部と称する。

緩衝部は 3'×0.7'×0.7' の 3 本の松角材に、自動車古タイヤ (24 ブライ) を半分に切断したものを挿ん



図—4 浮防舷材設計図

で、ボルトで締付けたものでこれに 20~30 kg のコンクリートの重錘を吊り下げたものである。

タイヤの中には漁網を堅く巻いて填充し、弾性の増



写真—3 浮防舷材緩衝部 (これは舊設計のもので、現在の設計ではこの半分である)

大を計った。

(写真—3, 4)

この 2 組の緩衝部を 12'×0.7'×0.7' の松角材で連結し、且つ緩衝部をチェーンもしくはワイヤーで岸壁より海中に吊り下げて浮力によつて海面に浮かし、潮位の昇降によつて上下するように、チェーンもしくはワイヤ



写真—4 浮防舷材の假取付をしたところ

ーは緩衝部には固ましないでおいた。

この浮防舷材は、ゴムタイヤの弾性によつて衝撃エネルギーを直接吸収するばかりでなく、連結材によつて岸壁のある長さに亘つて分布せしめ得ると同時に、連結材の弾性をも利用しうるものである。

更に、浮防舷材であることは、その部材を節約し費用を軽減しうるものである。

(3) 浮防舷材の吸収する衝撃エネルギー

接岸船舶の衝撃エネルギーは次の作用で吸収されるものとする。

(イ) ゴムタイヤの弾性圧縮

(ロ) 連結部材の曲げによる弾性変形

(ハ) 岸壁の移動

(ニ) 船舶の弾性変形

(ハ)(ニ)は出来うれば好ましくないから、考慮に入れないものとすれば(イ)(ロ)で吸収せねばならない。

船舶の浮防舷材に及ぼす衝撃エネルギー W は $K \frac{MV^2}{2g}$ で表わされ、本繋船岸では既述の如く $M = 100 \text{ t}$, $V = 0.5 \text{ m/sec}$, $K = \frac{1}{2}$ (平行接岸) とすれば

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{100 \times (0.5)^2}{2 \times 9.81} = 0.637 \text{ t-m} \div 640 \text{ kg-m}$$

故に防舷材は 640 kg-m の衝撃エネルギーを吸収しなければならない。

この浮防舷材のタイヤの吸収エネルギーは式(3)より

$$W = \int_0^x F dx = 0.043 x^2 + 0.160 x^3$$

$W = 640 \text{ kg-m}$ に対応する x を求めると

$$x = 7.3 \text{ cm}$$

この浮防材のタイヤの撓みは 12 cm 程度まで許容しうるから、前記衝撃エネルギーを十分吸収しうる。

上記の如く、タイヤによつて吸収する他、連結材の曲げ弾性によつても衝撃エネルギーを吸収しうる。

部材の彎曲によつて吸収されるエネルギーは一般に次式で表わしうる。

$$W_a = \frac{m^2 L}{6EI} \dots\dots\dots (4)$$

上式に於て

W_a : 吸収エネルギー

m : 断面の抵抗モーメント

L : 部材の長さ

E : ヤング率

I : 断面の慣性モーメント

部材が単純な方形断面の場合には

$$W_a = \frac{ALf^2}{18E} = \frac{vf}{18E} \dots\dots\dots (4')$$

上式で

A : 部材の断面積

v : 部材の体積

f : 縁応力

連結材の径間は 33 m , 断面は $21 \text{ cm} \times 21 \text{ cm}$ で E は木材では $100,000 \text{ kg/cm}^2$, f は 75 kg/cm^2 とすれば

$$W_a = 456 \text{ kg-m}$$

依つて連結材も 4.6 kg-m 程度吸収可能であるから、この浮防舷材は衝撃力に対して十分安全である。

4. 防水防蝕の試験

(1) 概 説

浮防舷材の木材が吸水して浮力が減退したり、連結用金具や木材が腐蝕して分解し、或いは船虫によつて浸蝕される事を防止するため、木材金具表面の防水防蝕処理が必要である。

在来の木製防舷材は、殆んど防水防蝕処理をしておらず、この方面の研究は未だ未開の分野として取残されている。

シドニー港では連立した垂直木元に天然タール、セメント及び乾燥砂を重量比 $1:2:4$ の割合で混合した粘質塗布剤を塗布して成功しているようである。

防水防蝕剤として我々の場合には、次の点が要求される。

(イ) 工費が低廉であること

(ロ) 施工が容易であること

(ハ) 塗布或いは注入剤は温度変化に左右されず、しかも所要の耐久性を有すること

(ニ) 木材とよく附着すること又は滲透すること

これらの観点から、試験研究を進めることにした。

(2) 試験方法と結果

木材の防水防蝕対策としては、

(イ) クレオソート油とコールタールの混合油の塗布

(ロ) シリコン油、或いはビニール系等、接着剤の塗布

(ハ) アスファルト、コールタール類の塗布

等が考えられる。

(イ),(ロ)は効果良好であるようであるが、高価なのが欠点である。

依て(ハ)について行つた試験経過を述べる。

(i) 予備試験

第一段階として行つた鋪装用ストレートアスファルト及びタールを主材料とする塗布剤は軟化点が低く夏期には融解し、更に冬期には木材より剝脱する恐れがある。更に極くうすく被膜を作る事が困難で、いずれも失敗した。

第二段階として軟化点を高め、更に低温度の附着力を増すためなんらかの化学薬品を混合することを考えた

が、この目的を達成しうるまでに至らなかつた。

又、アスファルト、タール、砂、シリカブラック、セメント等を種々の割合で物理的に混合し、木材に塗布して加熱又は冷凍処理をしたが、満足すべき結果は得られなかつた。

(ii) ブロン・アスファルトを主材料とする準備試験

ブロン・アスファルトは、天然又は石油アスファルトを 25°C 附近で空気吹込みを行つて造るもので、アスファルティンの含有量が多い。一般に硬くて軟化点は高く、従つて温度変化に対する感応性少なく、弾性に富む性質を有している。塊鋪装の目地材、或いは屋根の防水工事、道路鋪装に使用される。特に道路鋪装の場合には、

アスファルト中に石粉を入れる。この石粉は緻密な混合物を作り、耐久耐水性を増加し、且つ高温でアスファルトが軟化しても、石粉が流出を妨げる作用をする。

以上の特性に着目して、ブロン・アスファルトを主材料とし、これに石粉を混合したものを、防舷材の表面の塗布剤に用いられるかどうかを検討することにした。

先ず、10 cm 立方の気乾燥状態の木材にブロン・アスファルトを塗布し、温度 12°C の水中に 25 時間浸しておいた後、吸水率を測定したが、殆んど吸水しておらず、木材との附着力も (i) に比し格段良好な結果を示した。

次に、附着力を増加させるために種々の材料を混合させた結果は 表-2 に示す通りである。

表-2 各種塗布剤の附着力

	塗 布 剤	混合比	塗 布 順 序	高温低温時の附着状況		摘 要
				+30~35°C	-25~30°C	
(1)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) ゴ ム 糊 (P)	1 1	(1) P (2) B. A+G	不 良	不 良	
(2)	ブロン・アスファルト (B. A) 黄 硫 (S) ゴ ム 糊 (P)	1 0.5	(1) P (2) B. A+S	良 好	不 良	
(3)	ブロン・アスファルト (B. A) 硫 黄 (S) ゴ ム 糊 (P) 石 粉 (G)	1 0.1 0.6	(1) P (2) B. A+S+G	良 好	良 好	
(4)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) ゴ ム 糊 (P)	1 1	(1) P (2) B. A+G	良 好	やや良	
(5)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) 膠 (N)	1 0.5	(1) N (2) B. A+G	やや良	不 良	
(6)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) 膠 (N)	1 1	(1) N (2) B. A+G	良 好	脆 い 不 良	
(7)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) ゴ ム 糊 (P)	1 1	(1) P (2) B. A+G	良 好	不 良	
(8)	ブロン・アスファルト (B. A) 石 粉 (G) 麻 糸 (C)	1 0.7	(1) C (2) B. A+G	良 好	良 好	

この中では (8) が最も優秀な結果を示している。

(iv) 結 論

現在までの実験では、ブロン・アスファルトを主材料とし、石粉を補助材に用いたものが、ある厚さを保ち、弾

性を有する点で良好なる結果を収めているが、附着力は未だ完全とはいひ難く、衝撃、温度変化に対し全然剥離の危険なしとは断定出来ない。

今後の試験の方向としては、次の二つが考えられる。

(イ) タール・アスファルト類の直接塗布では十分な附着力を期待しえないから、なにか適当な溶剤、例えばガソリン、ベンゾールのようなものを溶かして、乾燥せる木材に塗布するのがよいと思われる。

この場合、常温で施工しても木材の表面に浸透して、アスファルト、タールの薄い膜が出来るものと期待される。

(ロ) アスファルト類に、海水に耐え得るローセキ粉、雲母粉、硝子繊維、アスベスト等を混入すれば、石粉より一層良好な結果が得られたのではないと思われる。

その他、適当な化学溶剤を用いてアスファルト、タールの軟化点を高め、低温時の附着力を増せしむる事も残された問題である。

5. 浮防舷材の費用

1組当りの資材労力表は表-3に示す通りである。

繫船延長 108 m で、これに 26 組の浮防舷材をとりつけるから 1 m 当りに換算すれば 5,520 円となる。この程度の費用では、従来の木製固定防舷材に比して、高価ではない。

6. 結 び

この浮防舷材は、従来の木製固定防舷材に比し、船舶の衝撃エネルギーを良く吸収し、破損腐蝕後の取替も容易で、且つ既述の如く安定であつて、又ゴムタイヤが消耗したり木材が吸水して浮かなくなつた場合にも固定防舷材として利用出来る等、多くの利点がある。しかし、取付当初に於ては充分に船舶の衝撃エネルギーを吸収しうるであろうが、長年月の間にはタイヤに加わる繰

表-3 浮防舷材資材労力表 1 組當

種 別	寸 法	員 數	單 價	金 額
松 角 材	0.7'×0.7'	1.47 石	5,000.00	7,350.00
〃	0.5'×0.7'	0.42 〃	5,000.00	2,130.00
〃	0.45'×0.5'	0.135 〃	5,000.00	657.00
古タイヤ				
古 綿 網		28 kg	20.00	300.00
丸 鋼	19 mm	12 m	75.00	2,100.00
チ エ ー ン	8 〃		90.00	1,080.00
そ の 他				958.00
大 工		5 人	565.00	2,825.00
人 夫		5 〃	440.00	2,200.00
鍛 冶 工		1 〃	600.00	600.00
起 重 機				1,800.00
船 運 轉				1,000.00
曳 船 運 轉				
計				23,000.00

返し衝撃力によつて、その緩衝能力は低下し、構造上でも各部材の連結に弛みを生じ、タイヤの内部の填充材の脱落等が危惧されるので、これらに対する調査改善が今後必要である。

更に防水、防蝕については今後大いに研究しなければならない問題である。

以上に加うるに一層大きな観点よりすれば、接岸衝撃係数、衝撃時船体自身の変形によつて吸収するエネルギーについては、殆んど不明であるため、これらについて更に詳細な調査を実施すれば、より合理的、経済的設計を行うことが出来よう。

国際道路会議の議題から見た道路の変遷

表-5 各回国際道路会議議題一覧

回	開催地	開催年	議 題					
			1	2	3	4	5	6
1	パリ	1908	道路の現状	維持、防塵工法、清掃法の経済的批判	将来の道路 線形	自動車の路面に及ぼす影響	道路標識	道路選線
2	ブラッセル	1910	舗装マカダム防塵工法 砂利道	併用軌道、路面清掃、路面選定	附属物取扱	自動車重量 速度	路面安全に対する自動車の責任	交通企業 の経営
3	ロンドン	1913	道路の新設	橋面舗装	(A)簡易舗装 (B)木塊舗装	照明、道路損傷	道路管理 制限	道路財産
4	セウイラ	1923	コンクリート舗装	瀝青舗装	軌道舗装	自動車交通	道路取締規則	都市街路 交通規則
5	ミラン	1926	コンクリート舗装	瀝青舗装材料の必要な性質	瀝青材料標準試験法	交通安全調査	都市交通整理	自動車道路
6	ワシントン	1930	コンクリート舗装	瀝青舗装	植民地道路	財 源	運輸統制	都市交通
7	ミューンヘン	1934	セメントコンクリート舗装	タール、アスファルト舗装	路面選定	交通安全	自動車と路面との相互関係	車輛の規定
8	ヘーグ	1938	コンクリート舗装	瀝青舗装	交通事故	交通の分離	清灰、一般道路	路 床
9	リスボン	1951	舗装(材料)	路面	(A)道路設計 (B)交通	道路開発	(A)一般道路の特殊 (B)市街地道路の特殊	未開発地の道路資金の配分
10	イスタンブール	1955 9.22	舗 装	土 質	低コスト道路	交通と道路との関係	資金の配分 工の適正化	市街地道路及び市街地の資金配分

本年9月22日トルコのイスタンブールで第10回国際道路会議が開催され、我が国にも招請状が来て、各提案議題に対するレポートも送られ、代表が出席することとなつた。

今第1回1908年パリで開かれて以来約50年間の道路の変遷を辿つて見るのも興味深い。先ず最近話題になっている防塵は1910年以來問題に上つていない。舗装はコンクリートと瀝青質のものが1923~1938年まで毎回議題に上られたが、1938年からは路床、路盤が大きく取上げられ、今年は土質と低コスト道路がクローズアップした。また今年は特にレポート作製に当つて traditional method ではなく過去におけるものよりも将来に向つて重きを置くべきであるとしていることは注目に値することで、道路は世界的に一大革命期に入つたことをひしひしと感ぜさせられる。(板倉忠三)