

ずくものと考えられる。実験 I, II, III に用いた振動数はそれぞれ 15, 14, 13 c.p.s. でその間にそれほど大きい差はないが、上述のように締固め効果には差がみられ、振動数の低い側で締り方がよいことを示している。また一定加振時間中の打撃回数に関しては、振動数が低いほど打撃回数は少ないのに締固め効果が良好なのは、主として加速度ないし振動変位が振動数の低い側で大きく、その結果土中の内部摩擦がより一層減少されて締固めに対する抵抗が小さくなるためであると思われる。実際 13 c.p.s. が 15 c.p.s. よりも共振側にあるらしい若干の根拠はあるが、ゆるい土の共振点を求めることは實際上多少困難な問題もあり、これらの点の究明については今後にゆずりたい。ゆえにここで強調できることは、締固め効果が振動数のわずかな変化に対してもかなり明らかに現われているという点である。

6. 結 言

以上のことがらのごくわずかな実験例でもあり、またその実験方法や測定誤差などを考えれば、この結果をもつてただちに土の振動性を決定づけることはなお

危険であるが、一応の傾向は把握しているようであるから、その点を要約すれば次のようになる。

i) 用いた土試料の振動による締固め効果を沈下量及び乾燥密度変化の点より検照した結果、振動数の微小変化によつてその効果に明らかな差異があらわれ、いわゆる振動数特性が存在することが明らかになったが、それは主として振動数変化による振動加速度あるいは振動変位の変化に起因するものと思われる。

ii) 加振時間が経過するにつれて土中一定の点の振動加速度ないし振動変位は減少し、次第に一定値に近づいてゆく。それにつれて沈下ないし乾燥密度変化も変動が小さくなる。

なお本研究は建設省研究補助金によるものであることを付記し関係各位に深謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 村山朔郎・谷本喜一：粒体の振動性状について、土木学会誌投稿予定（未発表）
- 2) 村山朔郎・谷本喜一：チタン酸バリウム磁器を用いた加速度計、土木学会誌 39—9, p. 455. (昭.29.9)

(昭.30.4.20)

横島港におけるゴム防舷材について

正 員 春 田 忠 雄*

ON THE RUBBER FENDER IN YOKOSHIMA HARBOR

(JSCE Nov. 1955)

Tadao Haruta, C.E. Member

Synopsis This report deals with the design of and experiment on the facilities with respect to the following items:

1. Design of the ship mooring facilities.
2. Form and quality of rubber for fender.
3. Design of the fender.
4. Construction of the fender.

要旨 大型船用接岸施設の改良補修にあたり防舷材にゴムを使用した。本文はその設計や実験などの報告である。

I. 横島繫船施設工事の概要

1. 繫船施設の概要

広島県下の横島に戦時中に設けた貯油施設があるが、大型タンカー船が接岸しうよう補修改良をした。在来の施設は 10 000 t 級タンカーを対象とし、海岸より約 100 m 鉄筋コンクリート渡橋を出し、その先端に繫船用ドルフィン 3 基を 35 m 間隔で設けて

ある。そのドルフィンはケーソン（長さ 10 m, 巾 9.5 m, 高さ 11.5 m）を主体とし、前面水深を -9.3 m にしている。これを 15 000 t 級タンカーが接岸しうよう改良したが、各ケーソンの前面に直径 2~3 m の円筒形脚柱を 2 本立て、それを桁と床版でケーソンに連絡し前面水深を -10.4 m とした（図-1, 2）。

2. 自然的条件

- a) 位置：施設は横島の南西端にあり南方は海をへだてて四国に面している。
- b) 波高：対岸距離から算定すると最大 2.2 m
- c) 潮流：ドルフィンに平行に 1~2 ノット

*運輸省第三港湾建設局，広島港工事事務所長

図-1 繋船施設付近平面図

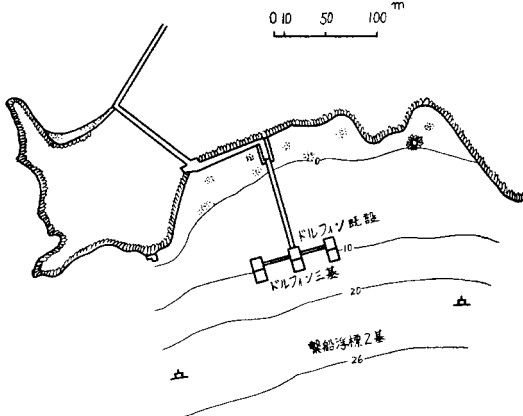
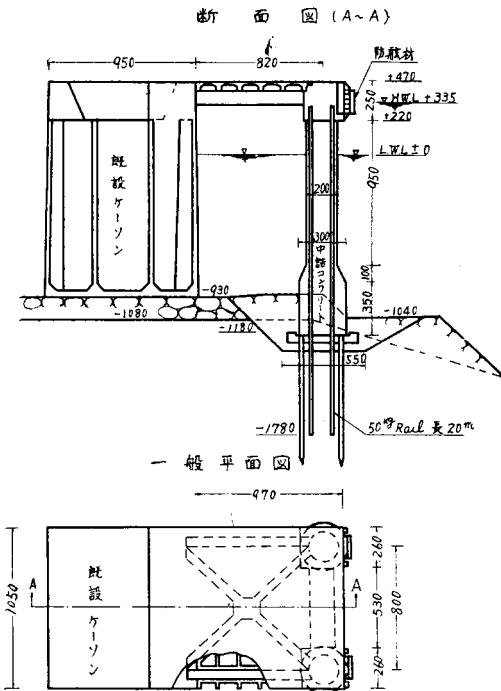


図-2 構造図



- d) 潮差：最大 3.8m
- e) 地質：粘土まじり荒砂

3. 防舷材の概要

防舷材にゴムを使用することは外国ではすでに数例あるが、わが国では初めての試みである。接岸のため岸壁に接近する船舶の持つエネルギーはきわめて大きい、横島のドルフィン構造は普通の岸壁にくらべて衝撃に対する抵抗が小さい。このためゴムの特性を利用し、防舷材にゴムを使用して船舶のエネルギーを吸収することを考えた。

岸壁棧橋などの緩衝材は従来いろいろな構造が考え

られ工夫されているが、大部分のものは船のエネルギーを完全に吸収できず、それ自体を傷めたりまたは船舶や接岸設備を損傷することもある。また寿命短かく維持修繕費に金がかかるものが多い。このため最近外国では研究がすすみ、スプリング式、油圧式、ゴム式、バル型、重力式などが実施されている。

横島では各ドルフィンの前面上部に2組づつゴムを主体としたフェンダーを取りつけた。

II. 防舷材ゴムの形状材質

1. ゴムの一般的性質

ゴムには天然ゴムと合成ゴムがあり、天然ゴム製品は生ゴムに増強、着色、加硫、促進などの目的の材料を加え加工してあるが、その弾性摩滅抵抗などの特質は合成ゴムより優れている。またこれらの特質は配合、加硫時間などにより大きく変化する。

- a) 比重：硫黄量に影響されるが普通 1.1~1.2
- b) 抗張性：配合剤にもよるが伸びが大きい。
- c) 疲労性：ある限度以上伸ばすと原形に戻らない。またこれを繰返すと一定荷重に対し伸びが増加する。
- d) 老化性：加硫後の物理的性質はある期間後は光線熱などの影響により次第に劣化する。
- e) 溶剤に対しては：加硫ゴムは溶剤を吸収し容積がいちじるしく増大し、機械的性質が弱くなる。ふくれたゴムの溶剤を蒸発させると大体原形に戻るが強度は落ちる。

ゴム（質E—後述）の薄片をガソリン、重油、海水に漬け、面積体積の変化を測定し、2週間後よく液をふき放置すると、海水はほとんど変化しないがガソリンは重油より早く膨張し乾燥収縮も早かつた(表-1)。

表-1

日 数	ガソリン		重 油	
	面 積	体 積	面 積	体 積
原形	100%	100%	100%	100%
1	153	203	113	124
5	199	284	128	148
14	206	301	145	172
15	132	165	145	172
28	104	113	138	163

2. ゴムの圧縮試験

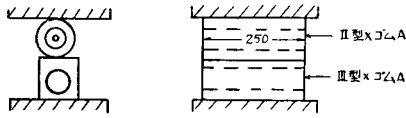
防舷材にゴムを使用する場合要求されることは

- a) 船のエネルギーを十分吸収すること。
- b) 日光、油などに対して強く耐久性のあること。
- c) 適当な弾力、硬度を有し、永久ヒズミの生じないこと。
- d) 取付けが容易であること。

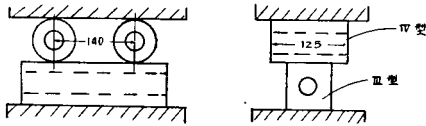
以上の条件を満足する形状、材質を選定するために

図-3 組合せ試験

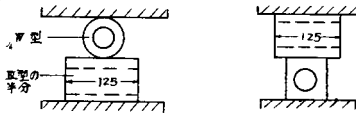
No.1 ゴムA製の丸型及び角型を並行に置いた。



No.2 ゴムA製の丸型を長さの方向に2つに切り角型と直角に置いた。



No.3 No.2で行った角型も半分は切り丁度No.2の半分のものに置き替えた。



模型実験をすることにし、某ゴム会社に依頼した。

供試体は材質形状の異なる大小各種のものを造り、圧縮試験を行い圧縮量と圧力の関係を求めた。試験機は1"×1"油圧プレスでその上下板間に供試体をおき、ハンドポンプで油圧をかけた。ゴム材料は質の異なるA B C D E Fの6種類とし形状は次の5種類とした。

I型	丸	外径 180 mm	内径 90 mm	長 250 mm
II型	丸	" 100 "	" 50 "	" 250 "
III型	角	100×100 "	" 50 "	" 250 "
IV型	丸	外径 100 "	" 50 "	" 125 "
V型	丸	" 100 "	" 39 "	" 125 "

実験の結果次のようなことがわかった。

- a) 荷重と圧縮量との関係はゴムの質形により異なる。
- b) 荷重-圧縮量曲線は直線的であつて内孔のつぶれる前後で傾斜が変わり、仕事量は孔のつぶれる前が小さい(図-4)。
- c) 断面形が相似であれば直径に比例して抵抗が増す(図-4)。
- d) 同一圧縮量で受け持つ荷重は長さ比例する。(表-2, 図-3)。
- e) 防舷材を2段に使用する場合、並行においても直角においても効果は変わらない(表-2)。
- f) 上下に組合わせて圧縮する場合の圧縮量は単独に圧縮した場合の和となる(表-3)。
- g) ある限度以上に圧縮すると解圧後にヒズミが残る。その大きさはゴムの質により異なる(表-4)。

図-4

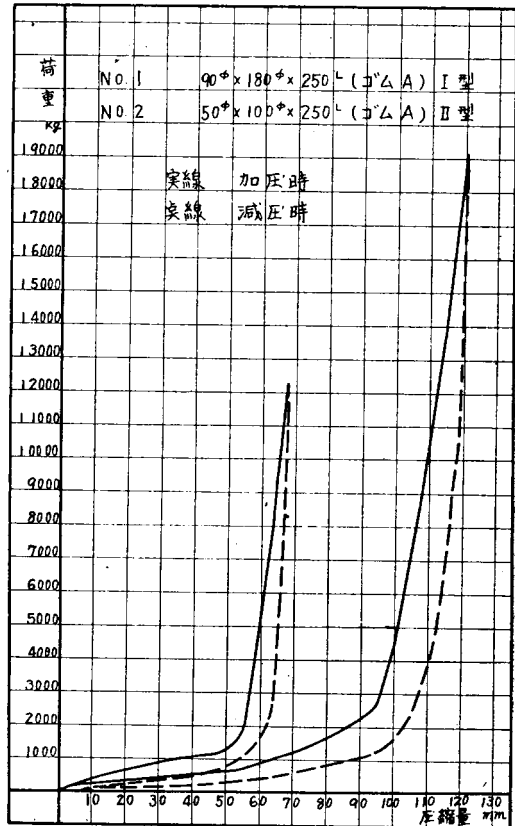


表-2

ゲージ圧力 #/□	Total load (kg)	圧 縮 量 (m/m)					
		No.1		No.2		No.3	
		加圧時	減圧時	加圧時	減圧時	加圧時	減圧時
0	0	0	3	0	1.5	0	4
50	641	17	39	22.5	41.5	41	70
100	1282	38	63.5	53	68.5	67	91
150	1923	61.5	83	65.5	87.5	89	107
200	2564	73	96	76	98.5	100	112
250	3205	86	100.5	89	105.5	107	117
300	3846	93	104	96	109.5	111	120
350	4487	95.5	107.5	100	112.5	116	121.5
400	5128	98.5	110.2	104	114.5	119	123
450	5769	102	112.2	107	116	122	123.5
500	6410	104.5	113	109.5	116.5	123.5	
550	7051	107	115.5	111.5	119		
600	7692	109	116.7	113.5	120.5		
650	8333	110.5	117.9	115.5	121		
700	8974	112.5	118.8	117	122		
750	9615	114.5	119.5	118.5	122.5		
800	10256	115.5	119.8	119.5	123		
850	10897	117	120	120.5	123		
900	11538	118	120.2	121.5	123.5		
950	12179	119.5	120.5	122.5	123.5		
1000	12820	120.5	123.5				

表-3

ゲージ圧力 #/in ²	II型×ゴム A 単独の場合	III型×ゴム A 単独の場合	前2者の 合計 圧縮量	No. 1 圧縮量	No. 2 圧縮量
0	0	0	0	0	0
50	20.7	1.7	22.4	17	22.5
100	52	4.0	56	38	53
150	54.2	9.0	63.2	61.5	65.5
200	56	13.0	69	73	76
250	57	22.3	79.3	86	89
300	58	28.0	86	93	96
350	59	34.3	93.3	95.5	100
400	59.8	39.5	99.3	98.5	104
450	60.5	42.5	103	102	107
500	61.5	45.0	106.5	104.5	109.5
550	62.5	47.5	110	107	111.5
600	63	48.5	111.5	109	113.5
650	63.7	50.0	113.7	110.5	115.5
700	64.8	50.7	115.5	112.5	117
750	65.5	52.0	117.5	114.5	118.5
800	66.2	53.5	119.7	115.5	119.5
850	67	53.7	120.7	117	120.5
900	67.5	54.0	121.5	118	121.5
950	68.1	54.5	122.6	119.5	122.5
1000	68.5	55.0	123.5	120.5	123.5

表-4 セット試験結果

荷 重	250 kg-時		
	ゴ ム	加圧時圧縮量	セ ッ ト
		m/m	%
A	23.0	0	1.6
B	9.0	0	0.2
C	24.0	0	0.7
D	28.0	0	1.8
E	30.0	0	0.7
F	13.0	0	1.7
A-1	19.0	0	2.0
		3500 kg-時	
A	56.0	34	1.8
B	47.0	21	1.2
C	56.5	35	1.3
D	60.0	40	1.9
E	61.0	42	0.7
F	54.5	32	3.1
A-1	55.0	33	3.1

図-5 ゴム E×V 型試験 A

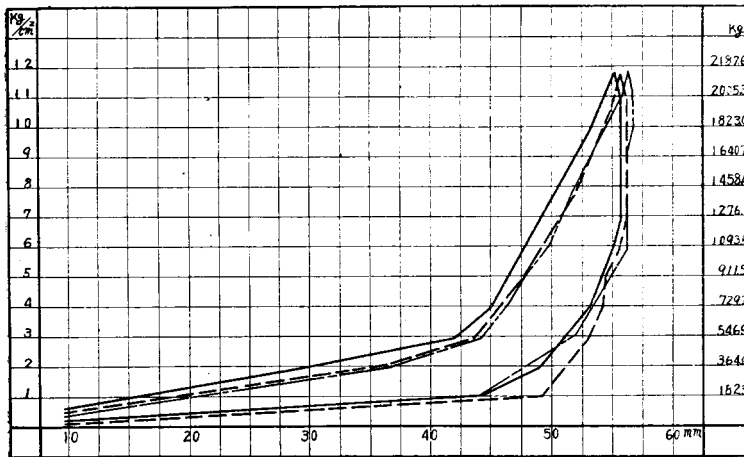
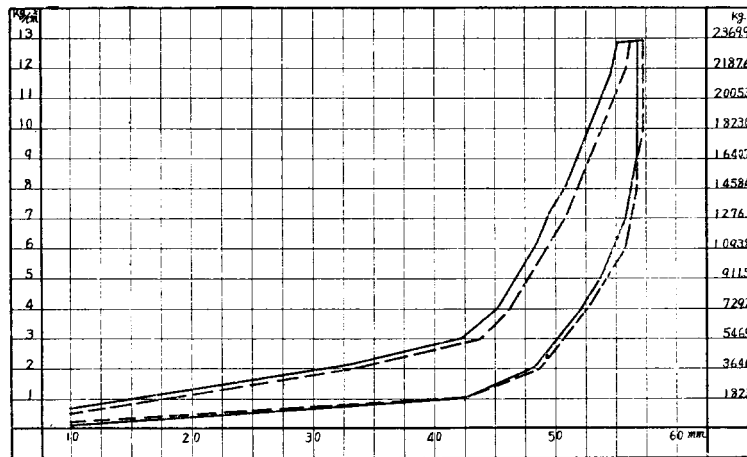


図-6 ゴム E×V 型試験 A



h) 繰り返し荷重をかけると圧縮量がわづかづつ増加する。また加圧状態で放置すると圧縮量が増進する(図-5, 6)。

i) 圧縮後減圧を始めると変位の回復は荷重の減少に比し遅れる。

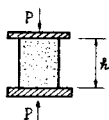
3. ゴムの材質の選定

圧縮試験に供したゴムの種類をあげると

記号	抗張力	切斷時伸	JIS 硬度
A (天然ゴム)	320 kg/cm ²	600 %	65°
B (")	80	400	75
C (合成 ")	200	420	56
D (天然ゴム)	275	620	55
E (")	280	500	60
F (合成 ")	165	630	66

表-4 に示すように加圧したときの残留ヒズミの増大率はBCFADEの順となる。従つてヒズミの点からはEまたはDがよい。

硬度は55°~75°であつて、エネルギー吸収能力は必ずしも硬度に比例しないが、自動車や航空機などのエンジンの振動を伝えないよう 図-7 荷重状況図に支持部に使う防振ゴムは硬度が40°~65°となつていて、この点からはEDがよいようである。



次にバネ常数を検討してみよう。図-7 のように h の高さのゴムに圧縮荷重 P を加えたときの変位を Δh とすると

$$\text{バネ常数} \quad K = \frac{P}{\Delta h}$$

外径 100 mm, 内径 50 mm, 長さ 250 mm (II型) の各種ゴムのバネ常数を実験値より求めると

質	A	B	C	D	E	F
K t/cm	7.7	9.0	3.7	3.8	4.2	4.3

後述するように船舶エネルギーはゴムの変形により吸収されるが、この仕事量は荷重-変位曲線と横軸との間の面積であつて、フェンダー用ゴムとしてはバネ常数が大きく変位量の大きいほどよいわけである。ただしバネ常数の大きいものは概して硬く、残留ヒズミが起りやすいようである。

以上の残留ヒズミ, 硬度, バネ常数の三点から考えて, E及びAの中間の材質が好ましいようで次のように定めた。

硬 度	62°±3°
引張強度	最低値 250 kg/cm ²
バネ常数	長さ 1.35 m のもの 1 本につき 1600 t/m 許容誤差 ±10%

4. 形状寸法について

a) 断面形: 丸と角では角の方が仕事量が大きい

ようであるが, 実験数が少ないので明らかでない。ただ製作上丸の方が均等質のものができる。

b) 孔について: 孔の有無の影響やその大きさなどについてはやはり実験していないが, 孔のある方が組立に便利である。

c) 圧縮率について: 実験では圧縮率をゴムの実厚の 25~40% としバネ常数を求めたが, ゴムの質によつては残留ヒズミの増大するものがあつたので設計には 30% を限度とした。

d) 寸法: ゴム体を組み立てるため孔をあけるなど加工することは寿命を小さくすると考えられる。また小さなゴム体を数多く組立てることは非常に困難な問題でありできるだけ大きな寸法がよい。反面大きなものは工場の設備から制限を受け, また加硫条件が悪くなり均一質となりにくい欠点がある。以上の諸点から外径 45 cm, 内径 15 cm, 長さ 45 cm とし, それを長さの方向に 3 本積み重ね, 長さ 1.35 m にした。ところが倒れたりするおそれがあるので, 内外二重のゴムをはめ合わせることにし, 内筒は外径 30 cm, 内径 15 cm, 長さ 33.75 cm を 4 本重ねた。

e) 老化, 溶剤に対する考慮: 天然ゴムは日光特に紫外線や油などにより外観や物理的性質が変り劣化する。本施設はガソリンを扱うので, 荷役の際こぼれることもありうる。また近くに漁場があり重油が流れてきて付着することも考えられる。

日光, 油に対しては合成ゴムの方が優れていて, 天然ゴムとの接着も完全であるので, クロロプレン系合成ゴムを表面約 1 mm 被覆することにした。また日光の直射を受けないように, 構造に工夫した。

III. ゴム防舷材の設計

ドルフィンに働らく外力は船舶衝撃, 船舶牽引力, 波力などがあるが, 最も大きな影響を与える船舶衝撃について考えてみよう。船舶衝撃には接岸のため接近して衝撃を与える場合と, 船が風または潮流により漂流して岸壁にぶつかる場合がある。

船が衝突前に持っている運動エネルギー E は次のようになる。

$$E = \frac{1}{2} M v^2$$

M: 船の重量 v: 船の速度

船が接岸する際の接近速度はリスボン港で 1000 回の接岸操作のうち 0.1 m/sec を越したことは 1 回のみであつた¹⁾。また清水港で接近速度を実測した結果は 3~5 cm/sec であつた²⁾。従つて安全平静な港では特殊な場合を除き速度を 0.1 m/sec として計算すれば十分である。

次に風力による漂流を検討してみよう。

1. 漂流速度³⁾

風の吹く方向を船の対称軸に対し直角の場合を考え
ると風により船に働らく力 F は

$$F = C \frac{\rho_a}{2g} S(u-v)^2$$

v は u にくらべて小さいので省略すると

$$F = C \frac{\rho_a}{2g} S u^2$$

風圧により船が流されるがそのときの水の抵抗を
 F' とすると

$$F' = C' \frac{\rho_w}{2g} S' v^2$$

- u : 風速
- S : 風に対する曝露面積
- v : 漂流速度
- S' : 流向に直角の水中部面積
- ρ_a : 空気の単位重量
- C : 係数
- ρ_w : 水の単位重量
- C' : 係数

漂流の限界においては $F = F'$ となる。

近似的に C, C' の値をそれぞれ 1, 6 とすると

$$\frac{u^2}{v^2} = \frac{C' \rho_w S'}{C \rho_a S} = 5060 \frac{S'}{S}$$

貨物を満載の場合 概略 $S'/S = 3.0$

空荷の場合 " $S'/S = 0.9$

従つて満載では

$$\frac{u}{v} = 123, u = 20 \text{ m/sec} \therefore v = 0.16 \text{ m/sec}$$

空荷では $v = 0.30 \text{ m/sec}$

2. 船舶エネルギー

衝突前の船のエネルギーを E とすると

満載時 $E = 28.8 \text{ t-m}$ ただし $M = 22000 \text{ t}$

空荷時 $E = 41.3 \text{ t-m}$ $M = 9000 \text{ t}$

以上のように空荷の方が大きなエネルギーとなるが
設計には満載時と空船時の平均のエネルギーを用い
た。従つて

$$E = 35.0 \text{ t-m}$$

3. 外力とゴムの変形

船が持っているエネルギーは接岸設備, 緩衝材, 船
船と海水に吸収される。前三者では多少の差はあるが
変形し, 海水は流動しあるいは波となる。海水は普通
大きな抵抗を示し, クッション作用をするが, ドルフ
フィン構造では水が自由に流動するので期待できない。
施設と船を護るためにはフェンダーで完全にエネルギ
ーを吸収する必要がある。

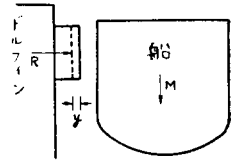
船の衝撃は舷側衝撃とする。点衝撃の場合は衝突後
に船舶の回転, 横ゆれなどの運動を起す。

ドルフィン3基のうち1基のみに接触するとする。
またフェンダーはドルフィン1基につき2組である。

	当初	止まるとき
速度 v	v_0	0
反力 R	0	R_0
圧縮 y	0	y_0

いまフェンダー1組につき
考える。またゴムの内孔の
つぶれるまでの仕事は小さ
いので省略し, その後の仕
事量のみ考えることにす
る。反力と圧縮量と比例す
ると仮定すると(図-8)。

図-8 作動状況



$$\frac{R}{2} = K \cdot y$$

$$y = y_0 \text{ のとき } \frac{R}{2} = \frac{R_0}{2} \therefore K = \frac{R_0}{2y_0}$$

$$\therefore R = \frac{R_0}{y_0} \cdot y$$

ドルフィン1基の仕事量を W とすると

$$W = \frac{1}{2} R_0 y_0$$

フェンダーのみで船舶エネルギーを吸収すれば
 $E = W$

4. ゴムの個数計算

ゴムの形状は丸型にし孔をあける。そのゴム1本の
寸法は前述のように外径 45 cm, 内径 15 cm, 長さ
1.35 m にする。

a) バネ常数: 外径 10 cm, 内径 3.3 cm, 長さ
12.5 cm の試験体ではバネ常数は 1480 kg/cm であ
る。従つて長さ 1.35 m の本体では

$$K = 1600 \text{ t/m}$$

b) 本数の決定: ゴムの安全圧縮率を 30% とす
ると

$$y_0 = 0.3 \times (0.45 - 0.15) = 0.09 \text{ m}$$

ゴム体1本の受ける力を P , 1本当たり仕事量を w
とすると

$$P = K y_0 = 144 \text{ t}$$

$$w = \frac{1}{2} P y_0 = 6.48 \text{ t-m}$$

従つて必要な本数 n は

$$n = \frac{E}{w} = 5.4 \text{ 本}$$

ゆえにドルフィン1基につき6本, フェンダー1組
につき3本とする。

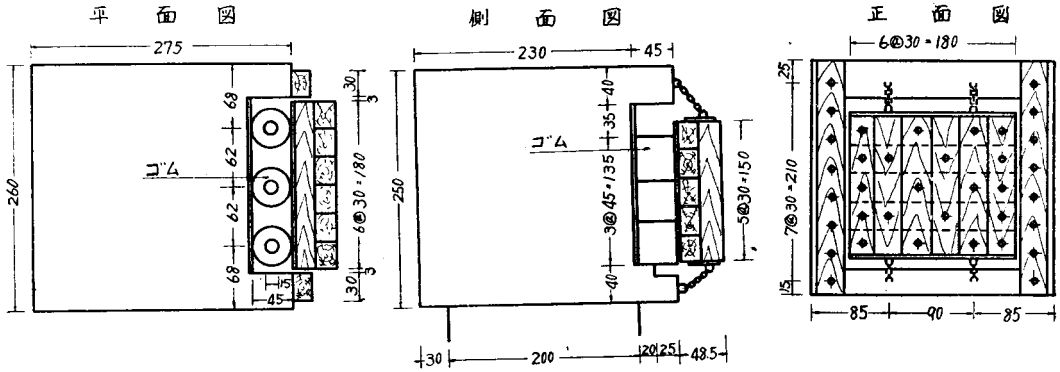
c) 反力: フェンダー1組の反力 $\frac{R}{2} = 390 \text{ t}$

ドルフィン1基の反力 $R = 780 \text{ t}$

IV. フェンダーの構造

フェンダーはドルフィン1基につき2組づつ計6組

図-9 防眩材構造図



取りつけた。構造を大別してゴム部と木材部にする。ゴムを日光の直射から保護するため、コンクリート凹部に納め前面に木材部をチェーンで下げた。

1. ゴム部

ゴム体を水平に3段に置くことは非常に困難であるので、垂直に並べておいた。

外力によつて45 cmの厚さが20 cmまで圧縮されるようゴム底部のコンクリートに段をつけ、ゴム孔にゴム紐を通し上下に取りつけ、コ字形ゴムを底に置いて傾くのを防いだ。

圧縮されたとき、横に拡がり上にも伸びるので中心間隔を62 cmとし上に空間を残した。ゴム本体の接する所には5 mm厚さのゴム板を張つた。

2. 木材部

高さ1.5 m、横1.8 m、巾48 cm.とし、径1 inの

チェーンでつり下げた。角材は24×30 cmとして縦横に組み合わせた(図-9)。

3. 工費

フェンダー1組当り	770 000 円
ゴム本体	580 000
その他ゴム	24 600
松角材	28 200
金物	59 500
雑材料	11 000
労力費	16 700
ドルフィン1基当り	1 440 000

参考文献

- 1) 第18回国際航路会議における Vasco Coste 技師の報告。
- 2) 港湾協会発行“港湾技術要報 No. 8” p. 527.
- 3) 同上 “同 No. 9” p. 763. (昭. 30.4.26)

組数の多い大腸菌群試験における最確数の統計的分布の推定法

正員 工学博士 岩井重久*
 准員 神山桂一**

A METHOD ESTIMATING STATISTICAL DISTRIBUTION OF M.P.N. IN THE TEST OF COLIFORM BACTERIA GROUP WHICH HAS NUMERIOUS SETS.

(JSCE Nov. 1955)

Dr. Eng., Shigehisa Iwai, C.E. Member, Keiichi Kōyama, C.E. Assoc. Member

Synopsis Suppose coliform-bacteria group contained in the water or sewage repeatedly sampled for a long period at a certain sampling station and also simultaneously at many sites which belong to a certain system, is tested under single dilution with many a set of fermentation tubes, each set consisting of a certain equal number. In this case the M.P.N. (Most Probable Number) of coliform bacteria which represents its distribution cannot be obtained, unless the statistical distribution of the MPN with

* 京都大学教授, **同助手; 工学部土木工学教室