

(昭和 41 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

火薬の衝撃力を利用した盤木取外し 方法の研究

正員 渡 辺 四 郎* 小 椿 誠**
佐 藤 弘***

On the Application of Gun-powder to Removing of Keel Blocks.

By Shiro Watanabe, *Member*

Makoto Kotsubaki

and Hiroshi Sato

Summary

New Method for removing of keel blocks by gun-powder is developed, and its safety and reliability is confirmed by the experiments for real blocks in the docks.

Labour cost is cut down to one tenth of conventional method.

1 緒 言

船舶の入渠作業中の盤木取外し復旧作業は、従来は、胴突によるのが普通であるが、この胴突法は多数の人員を要し、作業の迅速性、合理化の面では前近代的な方法といわなければならない。また船型が巨大化してくれば盤木に加わる荷重も増加し人力による作業では盤木取外しの可能性の限界が出てくるであろう。

そこでこれを合理化するため、本研究では火薬の衝撃のエネルギーを有効安全に利用する方法を開発した。開発目標としては 10,000 T 貨物船の入渠時に安全簡単に使用できるようなものを目標としたがここで開発した方法を大型化すればさらに大型船に対しても適用可能である。

2 基 礎 実 験

このような新しい方式を開発するに当つてまづ第一に問題になるのは次の 2 点である。

- イ) 火薬を利用する装置の方式はどのようなものが適当か。
- ロ) この装置はどの位の推力を出す必要があるか。また必要推力に対して装置の規模はどの程度のものとなるか。

そこで上記 2 点の解明のための基礎実験を以下の通り実施した。

2.1 各種方式についての予備的検討

以下に示す各種方式は研究実施中の諸段階で順次着想を得たものであるが、最終的には本項の最後に説明する「液体利用無反動方式」を採用することとした。

それぞれの方式について実験によつて確認する必要があるものは実験を実施したが、本節では詳細説明を省きこれらの方式の得失のみを比較することとする。

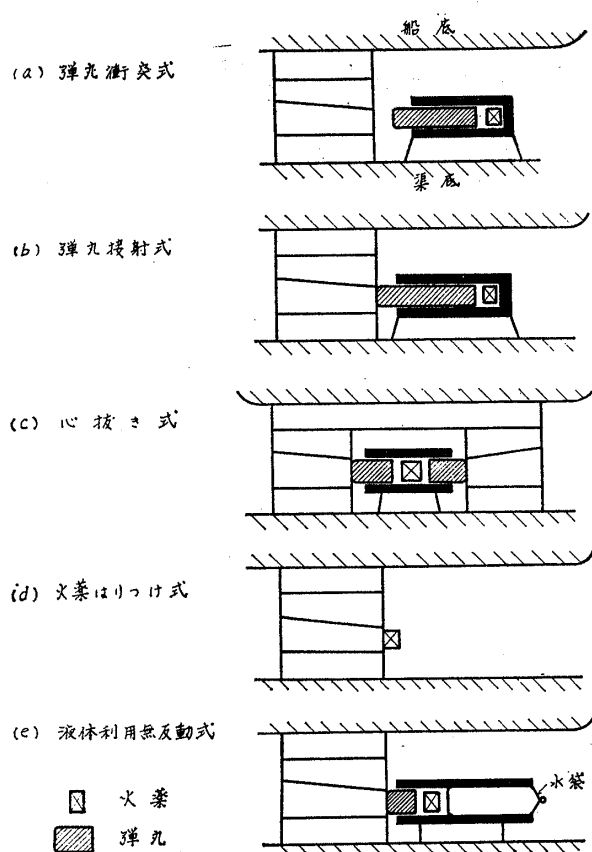
- イ) ロケット式 旧来の胴突の代りにロケットを利用せんとするものである。ロケットを利用すれば装置全体は軽量簡単になる利点があるが、火焰を噴射するので安全性の面で不適格である。また大薬量を必要とし不経済である。

原稿受付 昭和 41 年 1 月 9 日

* 川崎重工業株式会社 技術研究所

** 同上 造船事業部

*** 日本油脂株式会社 武豊工場



第1図 各種打抜方式

ホ) 液体利用無反動方式 第1図(e)に示すごとく両端の開いた筒に弾丸、火薬、ポリエチレン製水袋を順次装填したものである。装置の反動をなくするためには普通の無反動砲のような形式も考えられるが、これは火焰を噴出するので安全性の点で難点がある。そこで考案されたのが本方式である。この方式については以下の章に詳説するが発射と同時に後方に水が飛散するのみで装置には反動は作用しない。また、火焰はほとんど噴出しないので安全、かつ簡単である。

以上の予備的検討の結果、液体利用無反動方式の優秀性が認められたのでこの方式を実用化することとした。

2.2 盤木打抜に要する最小推力

最も直接的に上記の必要最小推力を求めるために、実際の盤木を使つて火薬実験場内で打抜実験を実施した。すなわち、第2図に示す挺子式の荷重装置により盤木に40Tまでの荷重を加え、これを弾丸接射式(第1図(b))の装置により打抜いた。

この場合、腔圧が直接、盤木に作用することになるから装置内の腔圧を測定しておき、多数の実験データのなかから丁度盤木が移動をおこす限界の腔圧を読みとればこれはこの実験に使用した形式の装置により盤木を打抜くために必要な腔圧である。

実験に使用した発射装置の寸法および実験結果を第3図に示す。この実験では腔圧を変化せしめるために火薬量を変えており、薬室長はいずれの場合も一定である。また、腔圧は鋼柱測定器により測定した。

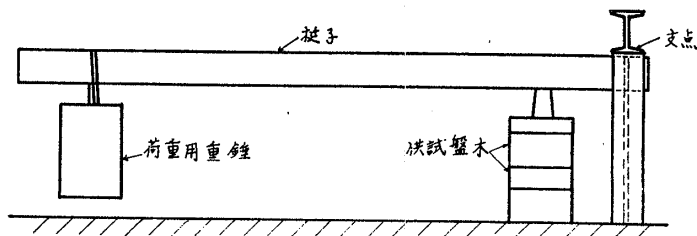
第3図において横軸は盤木に加えた荷重であり、縦軸は腔圧である。本図中の○印は盤木が完全に抜けたもの

ロ) 大砲式 この方式では第1図(a)に示すごとく弾丸を打出して盤木に衝突させる弾丸衝突式と第1図(b)に示すごとく、弾丸と盤木との間に距離を設けず接射せしめる弾丸接射式とが考えられる。

予備的な実験の結果では弾丸衝突方式では弾丸および盤木の変形、破損が大きく実用上は接射方式の方が良いと判断された。しかしながらいずれの場合でもこの方式の最大の欠点は推力に等しい反動力が装置にかかる点であり、このために相当の支持装置が必要となり、これは実用上は致命的な難点である。

ハ) 心抜き方式 この方式は第1図(c)に示すごとく盤木を二つ割りにしてその間に装置を入れ、装置の両側から弾丸を押し出す形式である。この方式はエネルギー変換効率もよく、装置の支持も必要でなく取扱いも簡単であるが、盤木を改造する必要があるのと盤木の間に空間があるため上の盤木が中央で破損する懸念があり、不適格である。

ニ) 火薬貼り付け方式 第1図(d)のごとく盤木に直接、火薬を貼り付け爆発させる方式である。この方式は最も簡単な方法であるが、効率が悪く音響大きく、危険性も大きいので不適格である。



第2図 実験用荷重装置

であり、×印は動かないもの、△印は移動量が 10~20mm のものである。

このようなデータの○印の下限を結ぶと一本の直線が得られる。したがってここに使用した装置に対してはこの直線以上の腔圧を与えなければ盤木は抜けないと考えてよい。すなわち、この直線はこの装置に対する必要最小腔圧を与えるものである。

また、本実験に使用した装置の腔径は 60mm であるので上記の腔圧に腔断面積 28.2cm^2 を乗じ必要最小推力と荷重との関係に直すと、この装置に関しは次の実験式が得られる。

$$T = 0.635F + 6.8 \quad (1)$$

T : 最小必要推力 Ton

F : 荷重 Ton

上記において、腔圧の測定値は最大値を測定したものであり、実際に盤木が運動をおこし始めるときの腔圧はこの値よりかなり低い。すなわち盤木の圧縮変形に時間がかかるので、その間に腔圧が減衰するからである。したがって上記の実験式は厳密に

は実験に使用した装置にのみ適用できる式であつて、本装置よりも減衰の速い液体利用無反動方式では必要最小推力 T の値は (1) 式より大きい値を与える必要がある。

以上の実験は荷重を加えた直後に打抜いた実験であるが、対象が摩擦力であるので荷重時間による変動が予想される。この影響を見るために 5 時間ないし 22 時間、荷重を加えたままにしておき、その後打抜実験を実施してみた。その結果は第 4 図に示す通りで、約 1 昼夜で 10% 程度、最小必要推力 T が増加したがその増加の傾向は緩慢であり時間とともに増加率は減少している。

以上の実験データは装置の形式、盤木の材質が変れば変化するものと思われるが、概略値を推定するためにはこの程度で十分である。

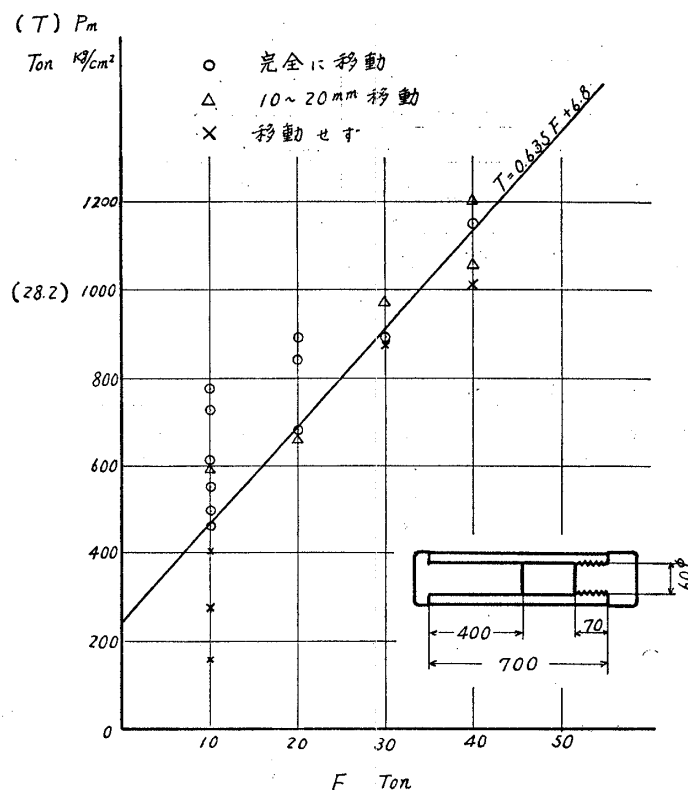
3 液体利用無反動方式についての実験

前節の実験結果により液体利用無反動方式が当面の目的に最も適したものと考えられたので、この方式の実用装置を製作し実用化に対して問題となる以下の点につき実験的検討を加えた。

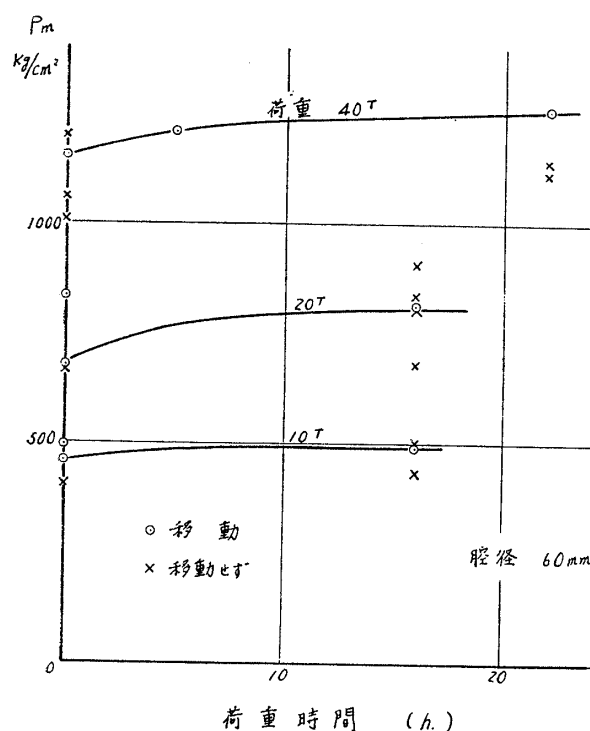
3.1 実用装置諸元

実用装置諸元を第 1 表に概略図を第 5 図に示す。

装置設計の基準となる設計推力は次の通りである。すなわち、対象船舶としては 10,000 T 貨物船を目標としているが、その入渠重量を約 6,000 T、盤木の数を 150 ケとすれば盤木 1 ケ当りの平均荷重は 40 T となりこれに



第 3 図 荷重と必要最小腔圧との関係



第 4 図 荷重時間と必要最小腔圧との関係

第1表 実用装置諸元

砲破壊限界腔圧	2 Ton/cm ²
常用最大腔圧	1.33 Ton/cm ²
腔断面面積	128 cm ²
内径	12.5 cm
長さ	100 cm
最大推力	170 Ton
材質	SNC2
重量	90 kg
彈丸重量	15.6 kg
水袋水量	約10 kg
薬包	120cmφ × 3.5 cm t 円筒状 17mm銃薬
薬種	17mm銃薬
薬室容積	常用 1000 cm ³

荷重の不均一を考慮して $40T \times 3 = 120T$ の荷重がかかるものとする。これに対し弾丸接射式の場合の必要最小推力 T は前述の実験式より

$$T = 0.635 \times 120 + 6.8 \approx 83T$$

となる。

液体利用無反動方式による場合は大砲式の場合に比し腔圧の減衰が早く、したがって最大腔圧は大砲式の場合に比しかなり大きい必要があるであろう。また、前節で述べた経時変化や摩擦係数の変動等を考慮し、装置の設計推力としては上記の T の2倍をとることにした。したがってこの装置の設計最大推力は 170T である。

3.2 盤木飛出速度

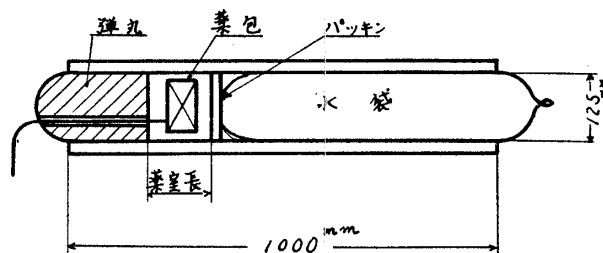
実際にこの装置を使用する場合には盤木に加わっている荷重は判らない。したがって荷重があまりかかつていないのに過大な火薬量を使用すると飛出した盤木が人員器物に損傷を与えることが考えられたのでこの実験を実施した。

元来、この方式では最大腔圧からの減衰が大砲方式に比して早いので盤木の運動エネルギーへの転換効率は小さいはずであり、したがって飛出速度は小さく安全であることが予想される。

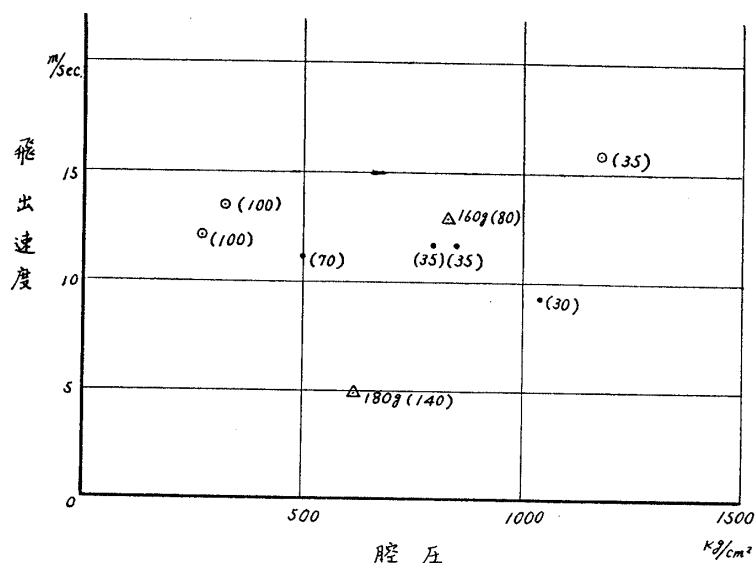
第6図は 40T の荷重がかかっている場合、および荷重がかかっていない場合に火薬量 120g で盤木を打抜き飛出速度を測定した結果を示す。飛出速度は盤木直前に 1M 間隔に線のを設けて測定した。本図より 40T 荷重のときも無荷重のときも大きな変化はなく、無荷重のときでも 15M/sec 程度であることが分る。

3.3 薬室長、火薬量と腔圧の関係

本装置では水袋部分の位置を加減することにより簡単に薬室長を変化させることができるが、腔圧は当然薬室



第5図 液体利用無反動方式略図



第6図 盤木飛出速度

装置 無反動方式

腔径 125 mm

薬室長 () 内 mm

薬量 特記以外

120g

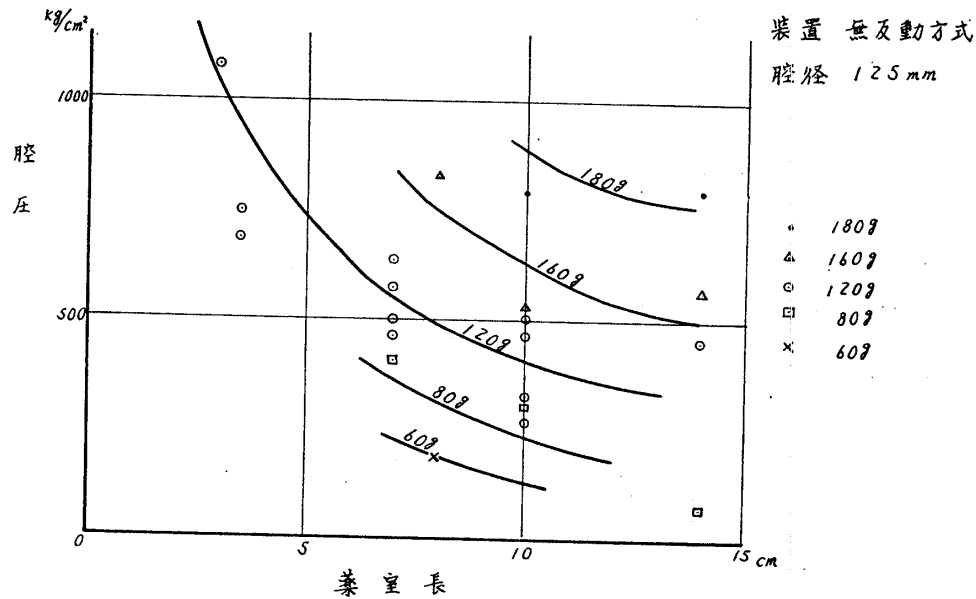
盤木重量 90 kg

○ 無荷重

● 40T荷重

△ 40T荷重

薬量 120g 以外のもの



第7図 薬室長、薬量と腔圧との関係

長に反比例して変化する。また、薬量に比例して変化する。このような関係を本装置につき求めたのが第7図である。本図より薬室長の変化によつて腔圧がかなり大幅に変化していることが分る。本図において薬室長というのは第5図に示す部分を称するが実際には水袋とパッキンとの間に約 400 cm^3 程度の空間ができるので有効薬室長はこの分だけ加えたものとなる。

3.4 後方飛散水

本装置では発射と同時に後方に水が飛散するが、この附近の風水圧による危険性の程度を把握するために以下の計測を行なつた。

イ) 飛散水の速度

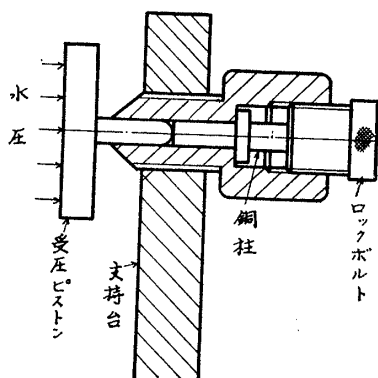
装置の後端から 2.0 M および 2.6 M の位置に線のを置き飛散水で短絡せしめて速度を計測した。測定結果は第2表の通りである。

ロ) 水 圧

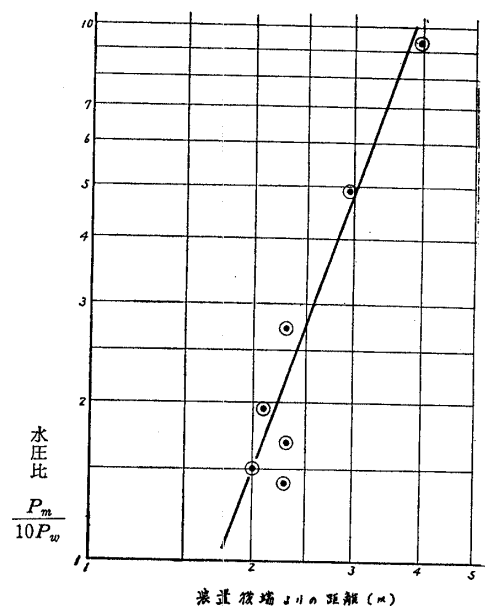
水圧は第8図に示す銅柱測定器により計測した。飛散水の飛跡は甚だ指向性に富み、装置の軸線上近傍以外で

第2表 飛散水速度

推 力	水 速 度 於 2.3 M 後方
39.3 TON	191 m/sec.
52.5	163
72.6	335



第8図 銅柱測圧器



第9図 飛散水の水圧

は意味のある測定結果は得られなかつた。軸線上に測定器を配置した計測結果は第9図のごとくで水圧を P_W 、装置後端より測定器までの距離を x とすれば P_W は略 x^3 に逆比例している。また、 P_W は腔圧 P_m に比例すると考えてよいから

$$P_W = k P_m x^{-3} \quad (2)$$

としてよいであろう。このような関係があるものとして実験データを整理すると第3表の通りでこの平均をとる

と $k=0.6$ となり、したがって

$$P_W = 0.6 P_m x^{-3}$$

P_W : 水圧 kg/cm^2

P_m : 腔圧 kg/cm^2

x : 装置後端よりの距離 M

となる。上式は装置後方の軸線上の平均的な水圧を与えるものであり、局部

第3表 水圧測定結果

P_W	kg/cm^2	24.5	11.7	46.5	61.4	72.5	7.6	29.6	15.6
P_m	"	32.8	31.8	79.0	84.8	108.0	144.0	144.0	144.0
x	m	2.22	2.25	2.25	2.29	2.05	2.12	2.90	3.76
k		0.82	0.42	0.67	0.87	0.58	0.50	0.51	0.56

的には相当この前後にばらつくものである。

3.5 装置に関するその他の検討

イ) 薬包およびパッキンの材質

装置図に示すように薬包の後方にパッキンが入れてある。薬包およびパッキンは火薬の着火と完全燃焼性を保証するために堅牢な材質であり、火薬をよく密閉し火薬燃焼ガスの漏洩と水袋中の水との直接接触を避ける必要がある。

このような条件を充たす材質は金属、硬質合成樹脂等があるが、これらは発射時に飛散し、器物への損傷が懸念されるので感心できない。本法では上記の諸条件と飛散時の安全性および材料の経済性から紙および布テープにより薬包とパッキンを製作した。薬包はボール紙、段ボール紙およびテープで、またパッキンは防水と補強の意味でパラフィン処理を施した段ボール紙を使用した。

ロ) 弾丸と筒との間の間隙

現場で容易に弾丸を装着できるように間隙を大きくとり、直径で 1mm としたが推力に対する影響は殆んどなかつた。

4 実地実験

3 までの実験は何れも火薬実験場内にて実施したものであるが以上の実験によつて十分安全に使用し得る見通しがついたので実際の入渠船舶の盤木を実地に打抜く実験を実施した。実験は数回に分けて行ない現場での安全性の確認および火薬取扱の習熟を中心として実施した。

4.1 成功率

実地実験の結果を第4表に示す。使用火薬量については盤木 M についてのみ 150g を使用したが、それ以外は主として 120g またはそれ以下 (60g , 90g) である。この表より見れば $10,000\text{T}$ 貨物船の場合、火薬量 120g とすると

盤木が移動するもの 75%

移動しないもの 25%

ということになつている。すなわち、この場合の成功率は $3/4$ で従来の胴突方式と同じ程度である。

第4表 実地実験結果

船名	盤木	使用薬量 (g)	移動距離 (mm)	備考
康島丸	A	60	∞	荷重計を設置した
	B	60, (+)90, (+)120	0	
	C	90	∞	
聖川丸	D	120	188	
	E	120	25	
	F	120	∞	
	G	120	0	
昭川丸	H	120	∞	
	I	120, (+)120	0	
	J	120	70	
祥川丸	K	120	∞	
	L	120, (+)120	75, (+) ∞	
	M	150	23	
えくわど丸	N	120, (+)120	0	
	O	60, (+)120, (+)90	0, (+)20, (+)5	
	P	120, (+)90	6, (+)6	
尚島丸	Q	120	∞	
	R	120, (+)120	25, (+)0.5	
	S	120	0	

註。 (+) は同一の盤木に何回か実施したことを示す。

∞ は飛び出したもの

不成功の場合の原因につき若干考察する。本装置の場合、火薬量 120 g に対する腔圧は第 7 図によれば薬室長 100 mm で 400 kg/cm^2 、また薬室長 30 mm 位にすると 1000 kg/cm^2 であつてこれに腔断面積 123 cm^2 をかけると期待し得る推力は 50 T ~ 120 T の間にある。一方、盤木に加わる荷重は最大 120 T を予想したが、これに対する必要最小推力は弾丸接射方式の場合 80 T と推定される。液体利用無反動方式の場合は前にのべたように腔圧の減衰が早いので必要最小推力はこれよりかなり大きいであろう。

実際に盤木に加わっている荷重を測定していないので断定的なことはいえないが、次のような点が不成功の場合の原因となつていことが推定できる。

イ) 薬室長は水袋を加減することにより自由に加減できるようにしてあるために実際の薬室長が大きすぎて腔圧が十分上つていない。

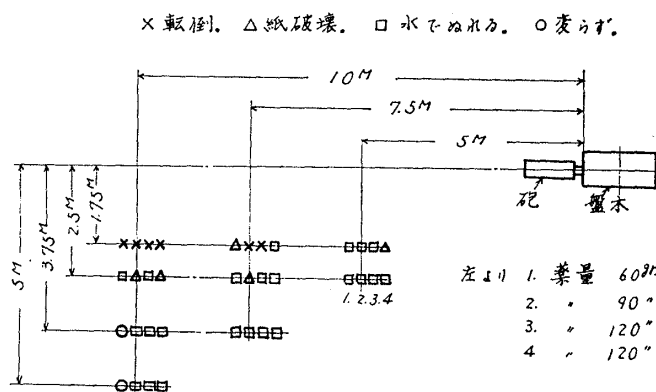
ロ) 液体利用無反動方式の腔圧の減衰が早く必要最小推力が予想以上に大きいこと。

ハ) 盤木に加わっている荷重または盤木の摩擦が予想以上に大きいこと。

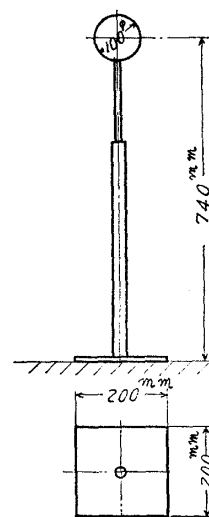
等が考えられる。これらの点を考慮し成功率を高めるためには薬室長のとり方に注意するとともに薬量を増加する必要があると考えられる。

4.2 飛散水、風圧

装置後方の水圧、風圧の状況を大まかに把握するために第 10 図のごときスタンドに取つけた丸柱に紙を貼付け濡れ具合、破れ具合を調べた。その結果は第 11 図のごとくで、紙が破れたりスタンドが倒れる範囲は 10 M 後方で幅 8 M の範囲である。なお、スタンドの倒れる風圧の最小値は 0.01 kg/cm^2 である。以上の実験結果より風圧に関しては装置の両側 20 M 程度も離れておけば十分安全である。



第 11 図 飛散水分布図



第 10 図 飛散水測定用スタンド

4.3 その他の事項

イ) 音響 本装置は火薬を利用しているので音響はかなり大きい。乾ドック中での騒音計による測定結果では、薬量 120 g で装置から約 16 M 離れた位置で 150 Phon 程度である。このような音響は瞬間音であるので、火薬を発火するときに注意しておれば人体に危害を与えるものではないが、でき得れば音は小さい方がよいので消音器を試作してみた。実験に使用した消音器は長さ 4 M 程度のかなり大型のものとなつたが、この程度のものを使用すれば一応の効果は期待できる。しかし渠中の狭い場所では取扱上不便であるから消音器は使用しないことにした。

ロ) 船体への影響 船体の外板面の異状は認められなかつた。

ハ) 作業時間、工数 本装置を使用する場合、必要時間は 1 回につき 10 ~ 15 分位である。また作業員は指揮者を含めて 4 名でよい。従来の方法では作業員 15 ~ 20 名、時間 30 ~ 40 分を要していたので工数は約 1/10 となる。

ニ) 盤木の復旧作業 以上はいずれも盤木打抜作業につき説明したが、復旧作業においても有効に利用し得ることを確認した。

5 結 び

修繕船の入渠工事において旧来の胴突による盤木作業を合理化するために火薬を利用する方法を考案し安全、確実に作動することを確認した。この方法によれば盤木作業の工数が従来の 1/10 程度に減少し得るとともに装置を大型化すれば胴突では不可能な推力を容易に発生せしめることができる。

本研究実施に当つては川崎重工業（株）技術研究所，造船事業部修繕部，および日本油脂（株）武豊工場，大阪支社の関係者各位の心からのご協力を戴いたが，ここに深謝する次第である。

なお，本報記載の方式については特許申請中である。
