

## 11 曳航索の取付法の検討

海洋開発工学部 \*山川賢次、原 正一、星野邦弘、湯川和浩

海上保安庁 坂本真二、坂本義人、竹原 隆、長南宰司、山本 勉

日本サルヴェージ(株) 小松正博

東京製綱(株) 守谷敏之

東京製綱繊維ロープ(株) 首藤洋一

### 1. まえがき

航行不能となった船舶が、有効な曳航手段を講じられないまま漂流して座礁や油流出などによる被害をもたらした例は数多い。1993年のスコットランド沖で機関故障により漂流した「ブレア号」は、曳航索の取付けを試みたが失敗し、その結果座礁して推定95,000klの原油が流出した。1997年1月に日本海で発生したロシア船籍のタンカー「ナホトカ号」の海難では、荒天下の日本海で船体が折損・分離し、船尾側が沈没、船首部が積荷の重油を流出しながら漂流して海岸に漂着した。この海難事故では、推定8,600klの重油が流出したとされ、わが国では最大規模の海洋汚染となった。1999年12月12日には、マルタ船籍のタンカー「エリカ号」総トン数19,666トンが、仏国カンペール市の沖合57kmの大西洋で折損・分離し、推定10,000klのC重油を流出してカンペール市からナント市まで約250kmの海岸が汚染された。エリカ号の場合は大きく縦傾斜した船尾側にヘリコプターから乗り移って曳航索が取り付けられた。また、炎上する船舶には空中部からのアクセスは危険が伴うため、潜水作業で水中部分のラダーポスト等に曳航索を取付けるなどの例がある。これらの例でも明らかなように、荒天下で航行不能となった船舶に曳航索を取付ける作業は困難を極める。

特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究」の曳航技術ワーキンググループでは「曳航索の取付法」を最重要課題として検討している。

転覆したナホトカ号の船首部のように曳航索取付部のない船体への索の根止法の一つとして、曳航用ブラケットを鉚打銃によって取付た場合の

取付強度試験を実施したので、その結果について報告する。

### 2. 実験方法

#### 2. 1. 供試体

供試体は、船体に見立てた船体板(300×300×19mm / 9 mm)に曳航用ブラケット[シャックル取付用のアイプレート(200×200×6t mm)]を鉚打銃で固定して作製した。曳航用ブラケットの形状・寸法は、強度20tf程度のシャックルが取り付けアイプレートをもつこと、基板の厚さは、鉚打銃による打鉚が可能なおと及び船体の曲面へのフィッティングが容易であることを条件に6mmとした。船体板の厚さは、19mmと9mmの2種類とした。試験体の形状及び寸法を図1に、鉚の配置を図2に示す。鉚①～④で留めたものを4本鉚供試体とし、補強板を付加してブラケットの中心線上に鉚⑤を打鉚して5本鉚供試体、鉚⑤を除く鉚①～⑦を6本鉚供試体とした。

試験体の組立に使用した鉚打銃は、ドライブビット 38口径440型No.3 鉚打銃、鉚はT-75である。

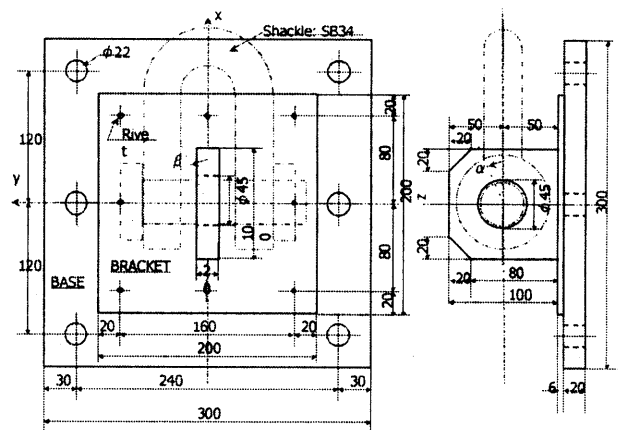


図1 供試模型の形状・寸法

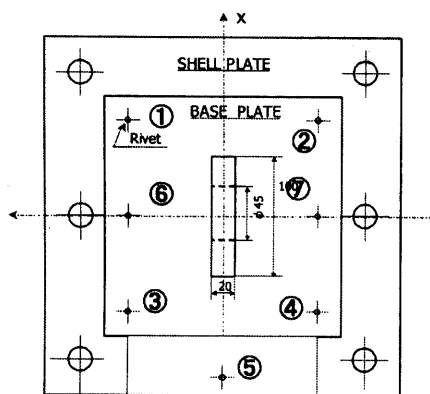


図2 鋲の配置

## 2. 1. 試験方法

強度試験は、当所構造強度部の50t引張試験機（写真1）で実施した。図3に示すシャックルの方向（0°、30°、45°、60°、90°）に引張荷重を加えるため、それぞれの勾配をつけた反力台を試験機下部の定盤に固定して供試体を取付けた。試験は、荷重を加えて鋲が切断または抜けて曳航用ブラケットが変形するまでの荷重と変位を0.01秒間隔で記録し、供試体が破壊するまでの最大荷重を計測した。写真1の反力台は、0度方向のセットで、その背後の斜面部が45度方向の反力台となる。強度試験時の記録例を図4に示す。

## 3. 試験結果及び考察

### 3. 1. 試験結果

曳航用ブラケットの鋲留めによる取付強度試験結果を図5に示す。記号は、○、△、□の順に鋲数4、5、6本で、基板の厚み19mmを黒記号と9mmを白記号で示した。図の横軸は水平方向を0度、垂直方向を90度とする引張角度（図3）、縦軸は破壊時の最大荷重の値である。

図5から引張角度 $\alpha$ が小さく、鋲数が多く、船体板が薄い方が最大荷重が大きい傾向がみられる。

全体でバラツキがみられるのは、船体板に載せたブラケットの基板の上からの打鋲であり、同一条件での打鋲が困難なため不均一な仕上がりになるためと考えられる。船体板が薄い方が大きい最大荷重が得られるのは、鋲が貫通して鋲の平行部と船体板の孔との接触部が打込み時に高熱を発生するため熔融状態になっているため（Hメーカー説明）

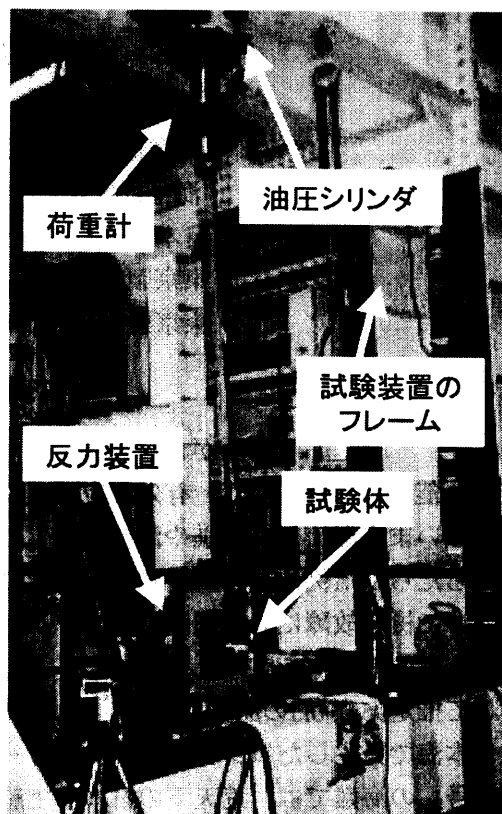


写真1 50t引張試験機

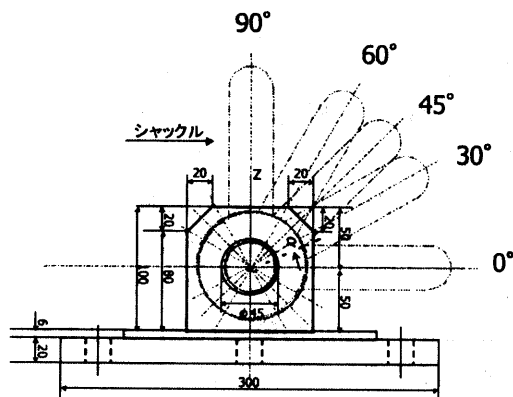


図3 荷重の方向

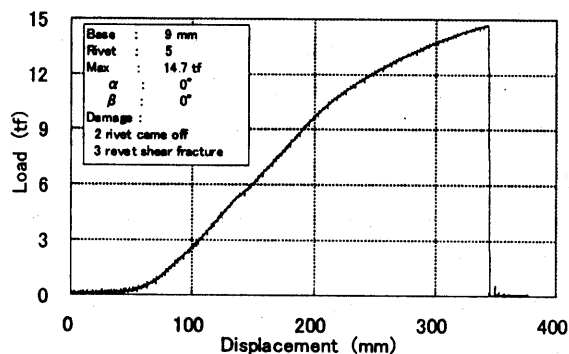


図4 試験時の記録例

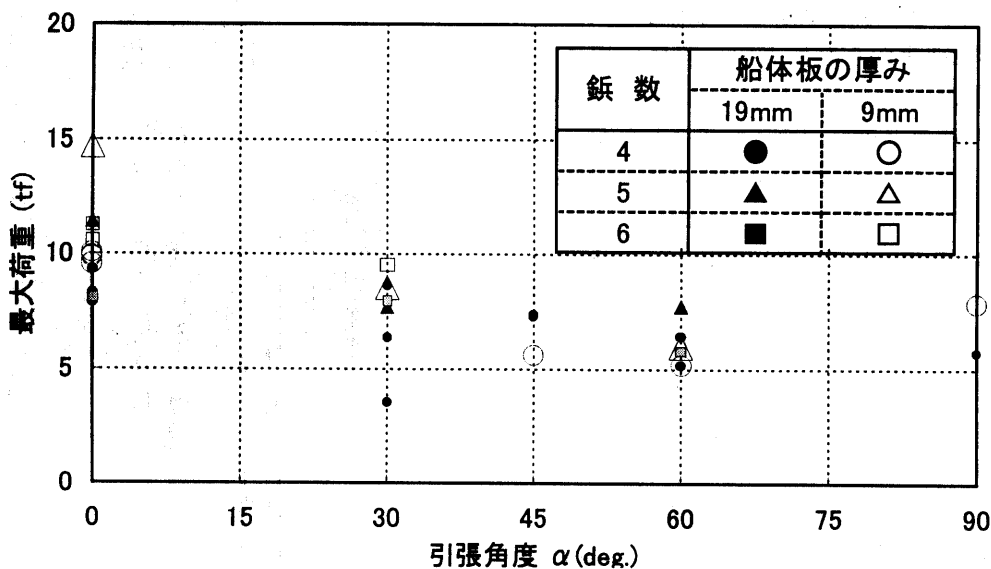


図5 曳航用ブラケット破壊時の最大強度

と考えられている。孔の部分で鉚が締付けられて径が小さくなり、貫通部分が膨らんで抗力を増しているようにもみられる。

写真2は、船体板の厚み9mm、鉚数6、引張角度0度の試験結果である。丸数字は鉚の番号である。破壊状況は、写真に見られるようにアイプレートの荷重側（鉚①、②側）を支点にして曲げモーメントが作用するので、荷重の反対側からめくられて行く。したがって、全ての鉚に均等に荷重が作用せず各個撃破される。鉚③、④は、引張りと曲げによる切断で、鉚⑦は抜けていることがわかる。鉚が切断した船体板の状態は、打鉚時の熱によって同心円状の模様を描かれている。荷重を加えた初期の段階では、剪断力と引張力が鉚に作用するが、基板の変形が大きくなると引張力の作用が大きくなるものとみられる。また、鉚③、④の間、アイプレートの中心線上の基板が変形して盛り上がっている。これはアイプレートに作用する力が基板を経て鉚③、④に伝達され、切断するか抜けるまでの過程を現しているもので、他の試験体についても同様の形状で破壊するのが確認された。

写真3は、船体板厚み9mm、鉚数5本、引張角度0度の試験結果である。上の写真は船体板の鉚の痕跡で、鉚①は抜け、鉚②、③、④は切断している。鉚⑤が抜けている。鉚⑤は図2に示すように鉚打銃の構造上、鉚③と④の間に打鉚でき

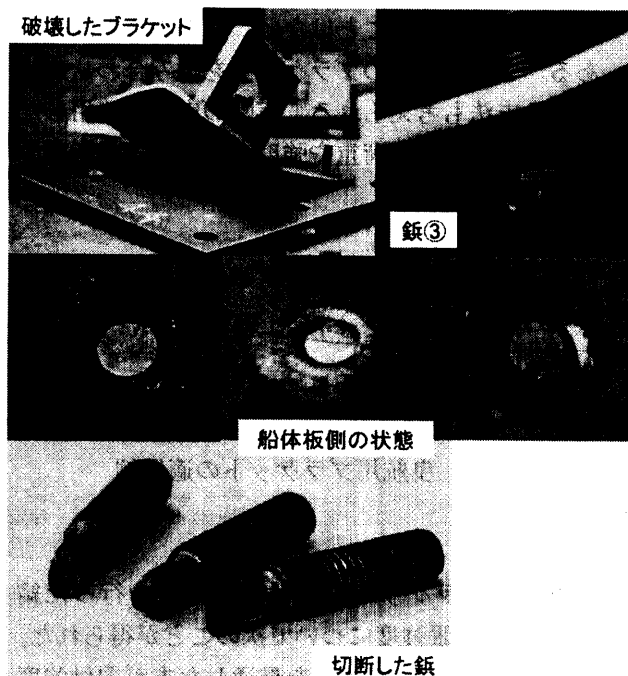


写真2 破壊状況\_1

ないため鋼板を付加して穿孔して鉚をハンマーで打込んだものである。したがって、鉚打銃による打鉚と同等の強度はえられないまでも、打鉚の位置の効果をみることはできるものと期待して試みたものである。その結果、中、下の写真と写真2を比較するとブラケットの鋼板の変形が鉚⑤のない場合と異なっていることがわかる。このため強度が増加して、破断時の荷重は14.7tfとなった。

切断した鉚を観察すると剪断力と引張力が作

用して曲げ引張りによる破断とみられる。

今回の試験結果から0度方向に荷重を加えた場合が最も強度が大きく、10 t f の近傍で安定している。引張り角度が大きくなるにしたがってバラツキが大きくなり、5 t f 程度に強度が低下することが図5からわかる。

### 3. 2. 曳船用ブラケットの適用法の一提案

今回の試験に用いた曳船用ブラケットを打鉚によって固定した場合、0度方向に荷重を加えることを前提に、ブラケット1基当たり10 t f 程度の強度が期待できる。したがって、図6に示すように船体の左右にブラケットを取付けてブライドルで曳航索と接合することによって、曳船が右旋回する場合(または被曳船が左舷側に回頭した場合)、左舷側のブライドルで索張力を受け、右舷のブライドルは緩んで右舷側のブラケットを引き抜く方向に荷重を加えることはない。逆の場合も同様である。また、複数のブラケットを組み合わせる補強する方法も考えられる。実際の曳航に適用した場合、波浪中での荷重や強度の限界を十分考慮する必要がある。

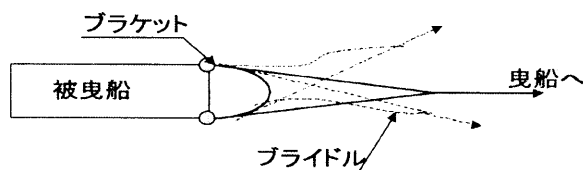


図6 曳船用ブラケットの適用例

### 4. まとめ

曳船用ブラケットの取付強度試験を行った結果、静的な引張強度について次のことが得られた。

- 1) 鉚数が多く、船体板を貫通した方が取付強度が大きい。また、引張角度が小さい方が取付強度が大きい。
- 2) アイプレートの中心線上(荷重の反対側)の鉚は、強度増加に有効である。
- 3) 鉚留めしたブラケットは、一本の鉚が切断または抜けると各個撃破的に破壊が進行するので、各鉚に均等に荷重をもたせる最適なブラケットの設計が必要である。
- 4) 曳船用ブラケットの適用例を提案した。

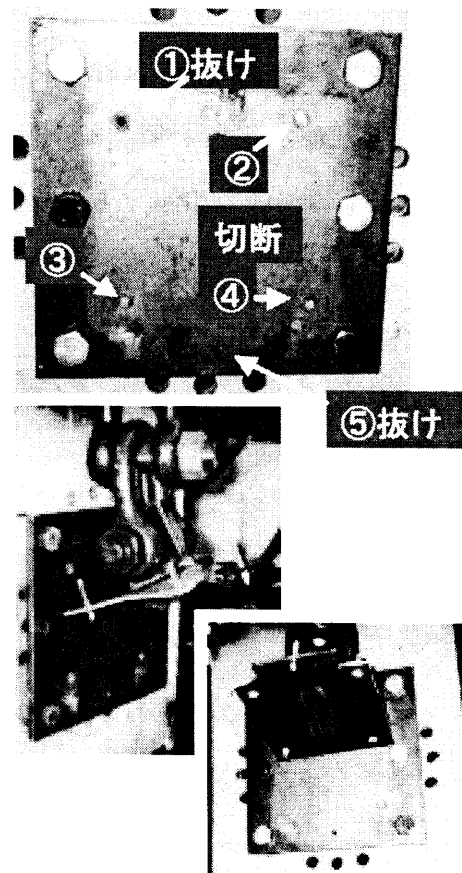


写真3 破壊状況\_\_2

波浪中の海上で短時間に曳航索を取付けるという命題に完全解を与えることは不可能と考えられるが、ケースバイケースで活用できる方法は検討して資料をそろえておく必要があると考える。

### 謝 辞

海上保安庁第三管区海上保安本部羽田特殊救難隊の方々には、鉚打銃による試験体の組立てをお願いした。また、曳航索の根止法について検討会に参加していただき貴重な助言をいただいた。

OBの北村茂氏には、試験機の選定、実験準備段階の治具等の製作などご協力をいただいた。

ここに厚くお礼を申し上げます。

### 参考資料

高速鋼材鉚打銃(ドライブビット)の陸上性能試験について、海上保安庁経理補給部工場、昭和45年1月。