

鐵 と 鋼 第十八年 第八號

昭和七年八月二十五日發行

論 說

鍊鐵製錨鎖の缺陷と新強力錨鎖に就て

(日本鐵鋼協會 第8回講演大會講演)

佐々川 清

錨鎖の研究

目 次

第1章 切損錨鎖の材質的研究

錨鎖切損原因に関する Gough 氏の説

鍊鐵材料の脆弱となる原因

錨鎖切損原因に関する説明

錨鎖切損の實例と其の原因

第2章 鍛造錨鎖製造法と其の特徴

鍛造錨鎖

鍛造錨鎖製造方法の概要

鍛造錨鎖の特徴

結 論

第1章 切損錨鎖の材質的研究

鍊鐵製錨鎖は過大なる荷重を受けた場合には、先づ延伸變形して然る後に切斷するものと信ぜられて居り、又事實靜的荷重を加へて切斷して見ると可成り延びるのが普通である。然し時に依ると極めて脆く少しの變形も起さずに切れて仕舞ふことがある。此の事實は案外其の例が多く吾々が原因の探究に携さはつた切損事故だけでも相當件數

に及び、又錨鎖の徑も 38mm 位の細かいものから随分太いものに及んで居る、錨鎖の切損事故は我が國許りでなく歐米にも頻々として起ると見えて、英國でも米國でも種々大仕掛の實驗研究が行はれて居る。

錨鎖切損原因に関する Gough 氏の説

英國の N. P. L. に於ける研究結果によると錨鎖の脆性破斷は次の原因によるといふ、

1) 錨鎖鐵製造中の缺陷

a) パドル爐中に於ける燒過ぎ

b) 積金を壓延するときの不完全熔接

c) 含有不純物(硫黄、磷、炭素等)の多量且分布不良

2) 錨鎖製造時に於ける缺陷

a) 鍛冶爐に於ける燒過ぎ

b) 鍛接の不良

3) 使用中の破壊

a) 鍛接部分の破壊

b) ホースパイプを通るとき、其の他リンク

同志或は他物との衝撃に基く表面硬化

Gough 氏は其の調査報告¹⁾に於て結論として最後の原因たる“表面硬化作用”が錨鎖の脆性破斷の主要原因であると稱して居る。即ち“錨鎖がリンク同志で衝突したり、床や甲板に當てられたり、ホース・パイプを通過する際打ち當つたり、鎖車の齒と咬み合つたりしてリンクの表面が極めて薄く、ではあるが、表面硬化を來し結局柔靱な内部を脆弱な外皮で包んだ形となる、茲に衝撃的の彎曲力が働くと外皮に罅が出来る、一旦斯くの如き罅が出来ると爾後の歪が皆此の罅の根元に集中せられるから罅が漸次生成し遂に内部の柔靱な層に到達する、斯かる状態に在る際に強大なる歪力が作用すると其の歪力が此の局部に集中し作用される爲、内部の柔靱なる層も遂に其の力に耐へ兼ねて破斷するに到るのである、”といふのである。

米國に於ける實驗研究の結果も²⁾表面硬化が主原因で疲勞で破壊することは稀であると云ふことになつて居る。

Gough 氏の説は錨鎖切斷の原因の一つであり得ることは考へられるのであるが、之だけでは吾人の關係した範圍の切損事故を解決することは困難である、事實切損錨鎖を縦斷して見ても表面に龜裂が入つて居たことは餘りない、同氏の説に従へば切損ヶ所の附近には澤山の龜裂があるべきで、特に切斷ヶ所だけに龜裂が發育することは一寸不合理である。又例へ龜裂が出来たとしても内

部が柔靱な場合はそんなに脆く折れるものではない、例へば鍊鐵材の衝撃抗力を測るに用ゐるアイゾット試験片には切込が入れてあるが其の断面は纖維状になるのが普通で、切損錨鎖の破斷面に見る様な結晶状にはならない。併し鍊鐵材が何かの理由で著しく脆弱なる場合には破面が結晶状になることがある。(掲表参照)

繰返し荷重試験を行つても鍊鐵が普通の状態であるならば、試験片の周圍に切込を入れ此の部分に廻轉しつゝ數百回となく敲いても却々折れないけれども、材料が脆弱なる場合は僅かの回數で折れて仕舞ふのである。(掲表参照)

Gough 氏が此の鍊鐵内部の脆弱性と云ふことを全然考慮に入れて居ないのは甚だ不思議に感じられる。

鍊鐵材料の脆弱となる原因

鍊鐵材料が脆弱となる原因は次の二つである。

1. 材料の不良 2. 加荷重によること

1. 材料の不良とは鍊鐵の製造或は加工時に於ける焼過ぎとか、材料に不純物を多量含んで居るとかの原因によるもので、焼過ぎたものは結晶が非常に大きく、又結晶に粘着性がなく、極めて脆弱である。之は特に茲に序述する迄もないことで Gough 氏も過熱せる錨鎖材につき實驗して著しく脆弱なることを來し、又これは焼鈍によつても恢復し得ぬことを述べて居る、不純物を多量含んで居るものが脆弱なることも當然であつて後述する實例にもある通り、含磷或は含硫黄量多きものが脆弱な爲切損した事實がある。

2. 加荷重による脆性とは材料固有の弾性限以上の荷重を加へた場合、鍊鐵材が著しく脆弱となることを意味するのであつて、これは錨鎖の切斷

¹⁾ “The causes of failure of wrought iron chains”
by Gough & Murphy
Department of Scientific & Industrial Research,
Engineering Research Special Report
No. 3 H. M. Stationary Office 1928

²⁾ “Effects of Annealing on Chains” American
Society of Safety Engineers Engineering Section,
National Safety Council Heat treating &
Forging 1931. April, May, June.

原因には非常な關係があり、著者は多くの場合之が主因になるものであると考へるのである。本事實に就ては既に昭和2年11月本會の講演大會で¹⁾吉川工學博士が發表して居られるので、詳説する必要を認めないが判り易い爲、簡単な實驗成績を擧げる。

供試材料は徑25mmの鍊鐵製丸棒で豫め普通の試験片を製作して其の機械的性質を知り、次に直徑18mmで兩端が試験機の把子でつかめる様な粗材を多數作り、之に既に測定して知り得た本材料の最大抗張力の75%及85%の荷重を掛け是等から各種の試験片を削り出し抗張試験、衝擊試験及繰返打撃試験(stanton式)を試みた。第1表は其の成績を示すものである。

即ち彈性限以上の荷重を加へた場合抗張試験に於ては抗張力は多少増し延伸及收縮は減じ、降伏點は加荷重に相當して著しく増大する。

鍊鐵に及ぼす過荷重の影響

| 試験方法 | 荷 重 | | | |
|----------|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 無加荷重 | 抗張力の75% 加荷重 | 抗張力の85% 加荷重 | 抗張力の95% 加荷重 |
| 抗張試験成績 | 降伏點 kg/mm ² | 23.5 | 33.2 | 38.9 |
| | 抗張力 kg/mm ² | 36.1 | 40.0 | 43.1 |
| | 延伸率% | 36.3 | 24.8 | 20.3 |
| | 断面收縮率% | 50.5 | 45.4 | 42.7 |
| 衝擊試験成績 | アイゾット | 47.0 | 22.9 | 16.6 |
| 繰返打撃試験成績 | スタントン | 331 | 316 | 267 |

衝擊抗力は加荷重に比例して減少し85%の場合元々の値の1/3に減じて仕舞ふ。

繰返打撃回数も亦加荷重に比例して著しく減少する。

以上の實驗成績から見ても過大なる荷重が加はるときは鍊鐵材が脆弱となるものであることが明かである。

¹⁾吉川晴十氏「鍊鐵の衝擊抗力に就て」昭和3年3月 鐵と鋼(第14年3號)

錨鎖切損原因に關する説明

以上述べ來つた通り錨鎖が極めて脆く切損すると云ふ事實に對しては、單にGough氏の稱へる様に表面硬化作用のみでは説明がつかないのであつて、結局吾々は次の各種の原因によつて錨鎖が部分的に或は全體的に脆弱となり、之に強大な外力が急激に加はつて切損するものと推定する。

A. 錨鎖材料の不良による脆性。

B. 歪による脆性。

- 1) 牽引荷重試験に於て荷重が材料の彈性限を超へる場合
- 2) 錨鎖使用中に加荷重が過大となる場合
- 3) 局部的に大なる歪を受けし場合

勿論以上の原因で脆弱となつた錨鎖にGough氏の説の如く表面硬化作用が起つて龜裂が出來れば錨鎖が一層切損し易くなるのは明かで、斯様な場合も起り得ると考へるのであるが、要するに主因は材料不良或は過大なる加荷重による衝擊抗力の減少にあるものと解釋するのである。

猶錨鎖が疲労して切損すると云ふことも考へられることであるが、之はGough氏の實驗に於ても米國に於ける實驗結果から見ても餘り問題になつて居らぬ様で、吾人の研究した範圍に於ても疲労が切損原因なりと認め得るものはなかつた。

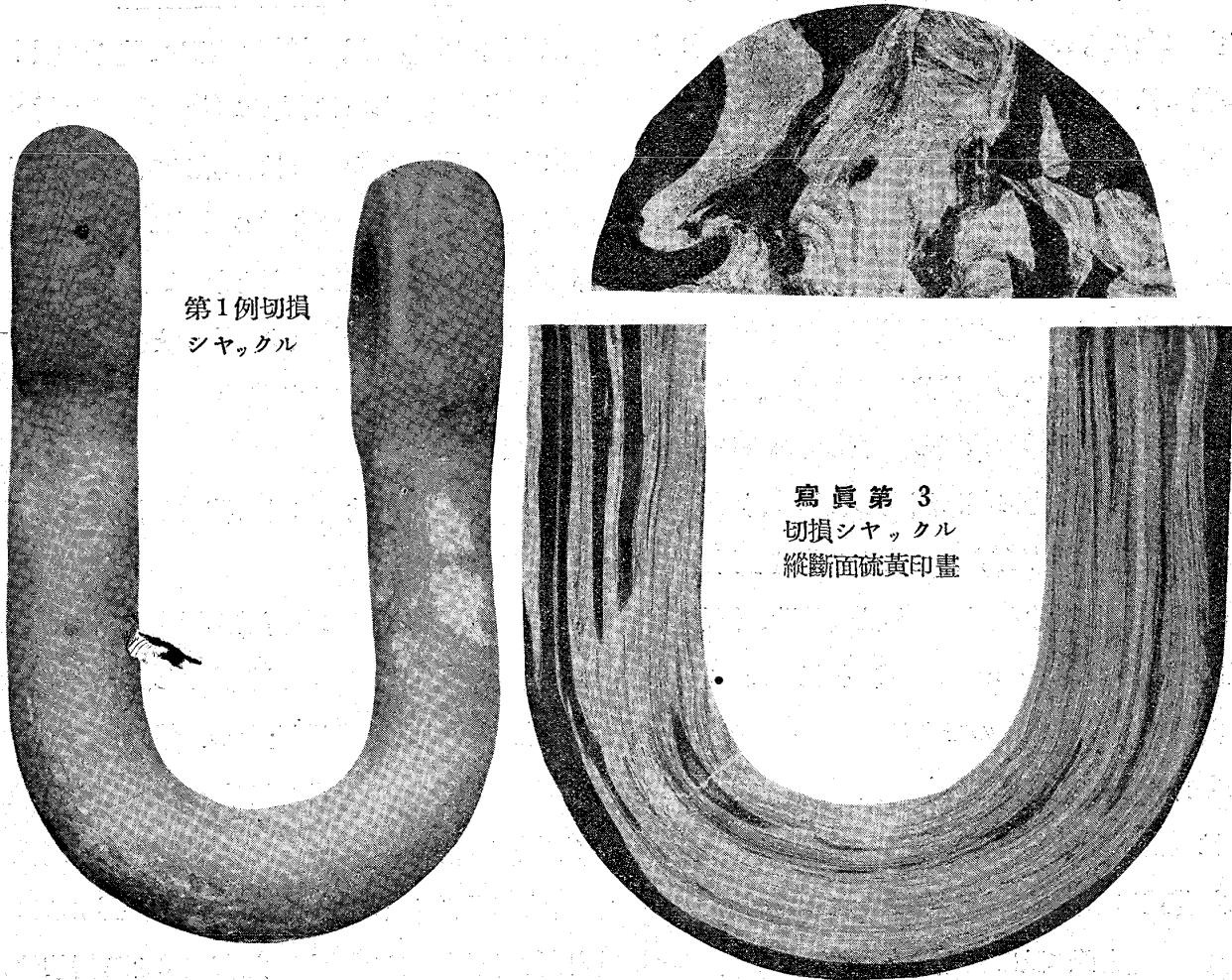
以下實例に就き順次説明して見る。

錨鎖切損の實例と其の原因

1) 材料不良の例。鍊鐵材料其のものが不良である場合、切損することのある一例は本シヤクルの切損事故である、其の狀況は寫眞第1の通りで切損部以外は損傷なく又殆ど延伸した形跡もない、破断面極めて粗鬆である。本品からその横断面及縦断面の硫黄印畫をとつて見ると著しく太い

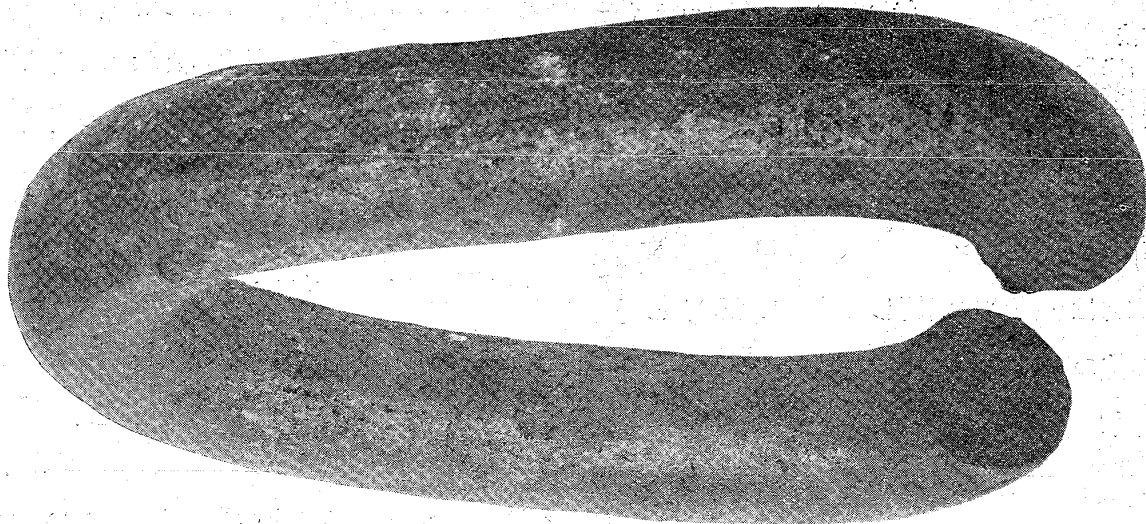
寫眞第 1

寫眞第 2 第 1 例切損シャックル横断面硫黄印畫



第 1 例切損
シャックル

寫眞第 3
切損シャックル
縦断面硫黄印畫



寫眞第 4 第 2 例切損錨鎖リンク

黒線があり（寫眞第 2、第 3）含硫黄量が部分的に甚しく多量であることを示して居る、本品の分析成分は次の通りで、普通の鍊鐵材の $P=0.25\%$ $S=0.03\%$ 位なるに比し燐量も硫黄量も著しく

多い。

化學成分 (%)

| 位置 | C | P | S |
|----|----|-----|-----|
| A | 02 | 351 | 094 |
| B | 02 | 378 | 090 |
| C | 02 | 244 | 082 |

猶内部に鍛接不良と見るべき空虚な部分が多く、又本品から採取した試験片で衝撃抗力を測定した結果は著しく悪かつた。本例の如きは明かに材質不良の場合を示して居る。

2) スタッドの剝落により切損リンクに大なる歪力がかゝつた例

第2例は径の大きな錨鎖リンクが使用中に突然切斷した事故である、本品の切損状況は寫眞第4の通りで、リンクは稍捩られ且擴がつて延伸の形跡は全然なく、破斷面は粗鬆であつた。本品の原

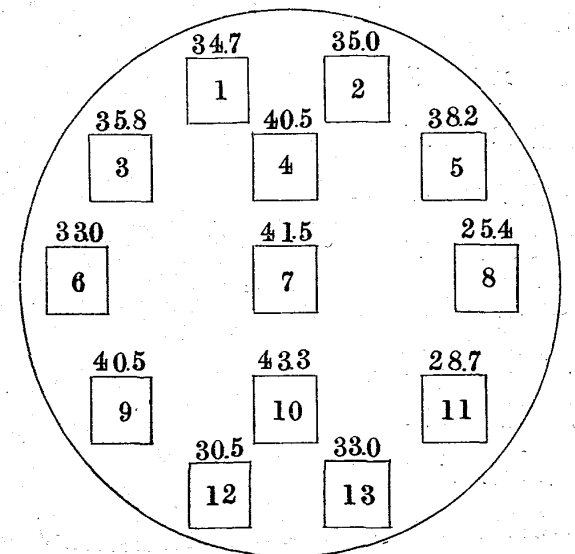
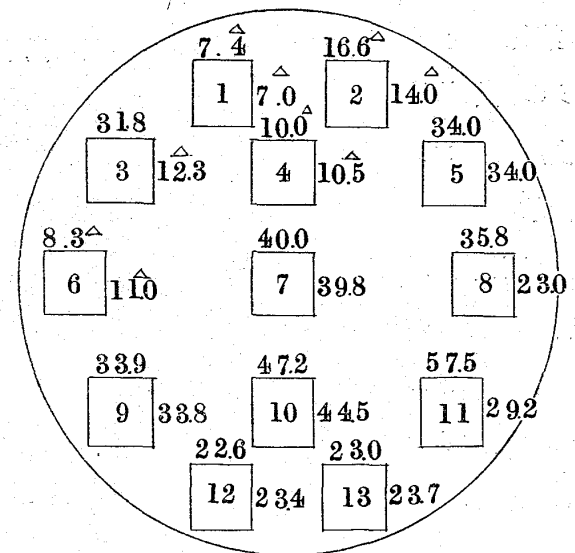
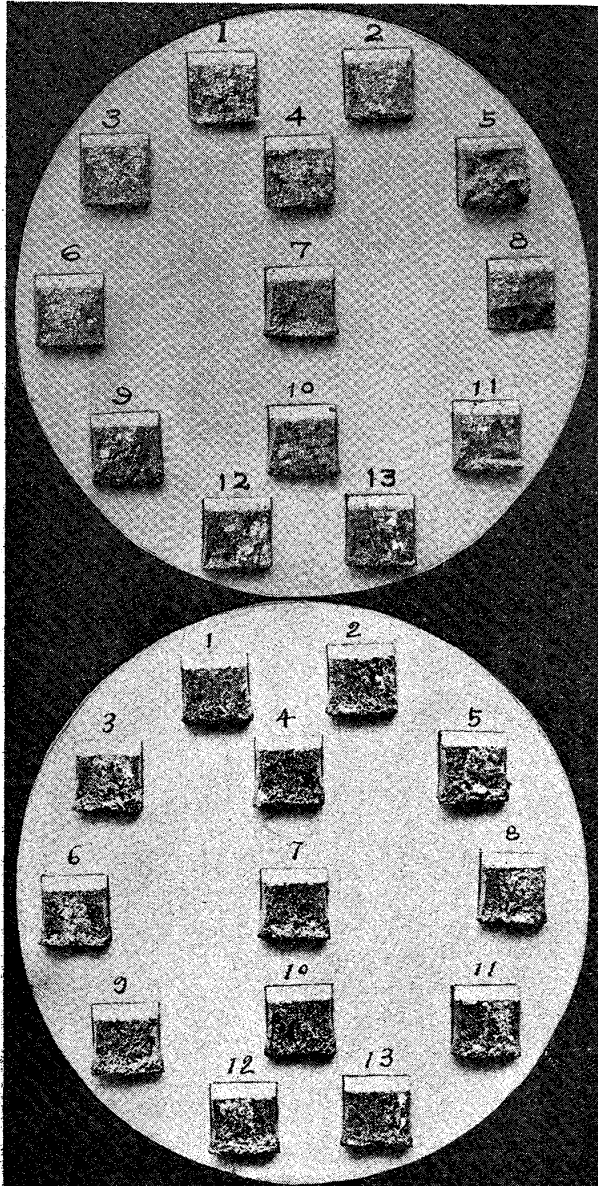
因調査に際しては切損リンクに隣接したリンク及ヒングレー社製豫備リンクを比較試験に供した。

① 本リンクの分析成績は次の通りで、内側の含燐量が多いのを認めたが、衝撃抗力が寧ろ外部に於て低いので之が破斷の直接原因ではないことを知つた。

| 品名 | 化學成分(%) | | | | | | |
|---------|---------|----|----|-----|-----|-----|----|
| | C | Si | Mn | P | S | Cu | |
| 切損錨鎖 | 内側 | 01 | 19 | 13 | 282 | 029 | 02 |
| | 中央部 | 03 | 16 | 07 | 231 | 017 | 02 |
| | 外側 | tr | 15 | 10 | 218 | 021 | 17 |
| ヒングレー錨鎖 | 02 | 14 | 10 | 177 | 017 | 06 | |

② 牽引荷重試験に於ける加荷重の過大が破斷

第1表 第2例切損リンクの衝撃値



第2表 第2例普通リンクの衝撃値

の原因となることがあるのは前掲の例で詳述せんとする所であるが、本錨鎖の場合は平行部の抗張試験成績に於て降伏點が増して居らず、又本リンク肩部の衝撃抗力は一部份非常に不良であるが、隣接リンクの同一ヶ所が相當靱性ある故牽引荷重試験で本リンクのみ特に脆弱になつたとは考へられない。

切斷リンクの抗張試験成績

| 標點距離 | 機械的性質 | | | |
|-------|---------------------------|---------------------------|--------------|------------|
| | 弾性限 kg/mm ² | 抗張力 kg/mm ² | 延伸 % | 收縮 % |
| 100mm | 24.5 24.5 | 36.3 36.3 | 15.1 20.3 | 不明 20.3 |

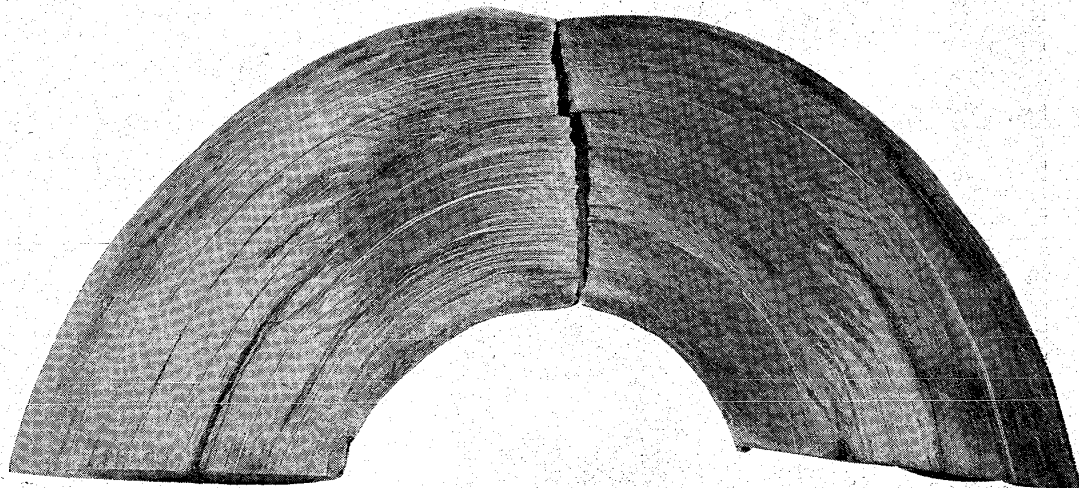
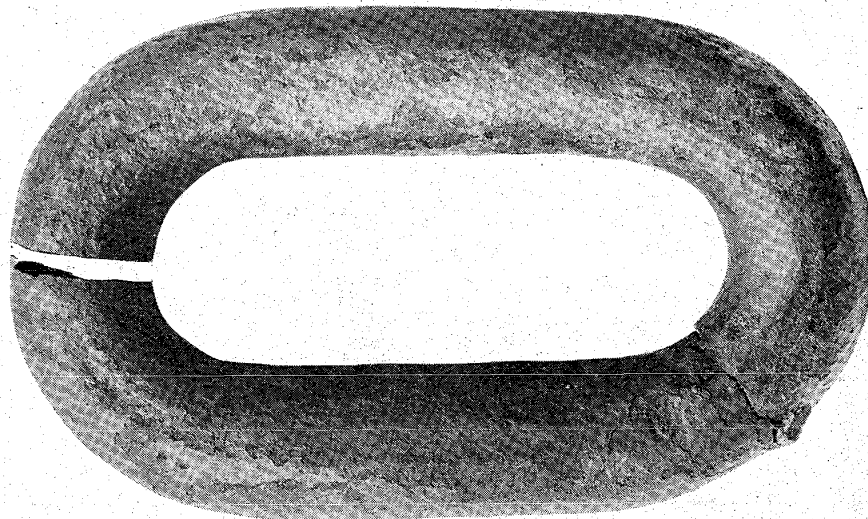
つて靱性が恢復した事等は本リンクが大なる歪を受けて部分的に脆弱となつて居たことを證明して居るので、研究の結果之がスタッドが剝落して居た爲、肩部に彎曲歪力を受けて其の爲に脆弱となり、偶々強大なる衝撃的捩り歪力を受けて突然切斷したものと推定するに到つた。本リンクではスタッドの當るべき部分に痕跡が殆どないのに対し隣接リンクには其の跡が歴然として居るのは切斷リンクのスタッドが使用中に既に剝落して居たことを證明するもので、スタッドの弛みは重大なる事故の原因となるものであることを知つた。

(第1表切斷リンクの衝撃値第2表隣接リンクの衝撃値参照)

猶又永年使用中繰返し荷重の爲疲労せりとの考へも隣接リンクの靱性あることから見て問題とならぬ。

① スタッドの剝落による歪
切斷リンクの斷面を歪腐蝕すると肩部の外側の衝撃抗力の低い所に相當した個所に明かに歪線の現はれること、熱處理によ

寫眞第5 第3例切損リンク



寫眞第6 第3例切損リンク頂部斷面(歪腐蝕)

3) 局部的に大なる歪を受けし例。第3の實例は、錨鎖使用中にリンクに變形を生じた爲折損した例で、折損リンクには鎖頂部の打撃によるらしい、可成りの凹みが存在し鎖頂及鎖肩部で切斷した。(寫眞第5参照)

本リンクの分析成分、抗張試験成績及肉眼的腐蝕試験等に於ては特に缺點と認むる所がなかつたが、リンクを縦斷して歪腐蝕試験を行つたら鎖頂部に明かなる歪曲線を見た。(寫眞第6参照)

次に衝擊試験を平行部及鎖頂部で試みたるに平行部は全斷面に亘り一樣なるも、鎖頂部は部分的に衝擊抗力に差違あり、殊に歪腐蝕甚しき部分は衝擊抗力が不良であつた、鎖頂部は使用時に於て最も歪を受け易い部分であるが、ことに投錨の際硬い物體に當りて凹痕を生じた爲一層大きな歪を受け部分的に著しく脆弱となり偶々衝擊的荷重を受けて遂に破損するに到つたものと思はれる。

他の肩部の破損は頂部切斷後彎曲歪力を受けて第2次的に起つたものである。

4) 牽引荷重試験或は使用中に荷重が彈性限を超へて脆弱となりしものと認むる例。第4例は比較的新しい錨鎖が使用中に突然切斷した事實であつて、當時切斷リンクは入手し得なかつたので、隣接リンクにつき材質研究を行つた所供試リンクは殆ど變形して居らず、分析成分や硫黃印畫試験成績などは普通で特に不良と認むべき點がなかつた、平行部から採取した抗張試験片の成績は次表

錨鎖抗張試験成績

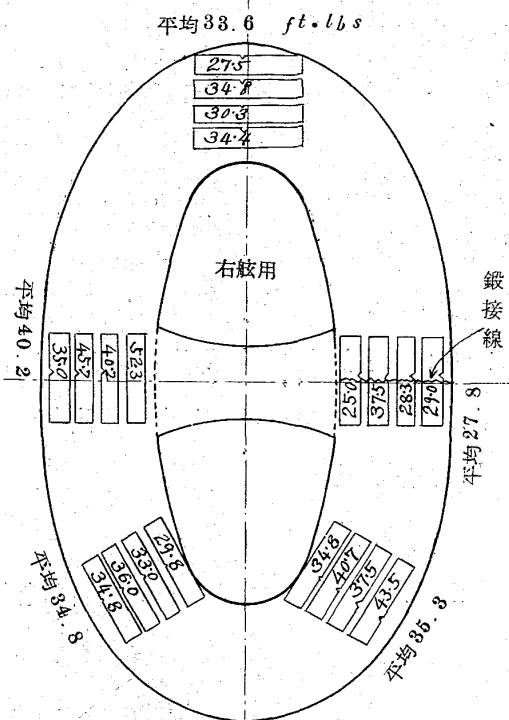
機械的性質

| 供試品 | 降伏點 kg/mm ² | 抗張力 kg/mm ² | 延伸 % | 收縮 % | |
|------|---------------------------|---------------------------|---------|---------|------|
| 受領の儘 | 平行部 | 26.3 | 36.6 | 25.5 | 51.3 |
| | 鍛接側 | 28.6 | 39.6 | 26.0 | 46.5 |
| 燒鈍後 | 平行部 | 25.8 | 32.6 | 8.0 | — |
| | 鍛接側 | 29.9 | 38.1 | 20.6 | 45.9 |
| 燒鈍後 | 22.2 | 36.2 | 28.8 | 48.0 | |

第3表

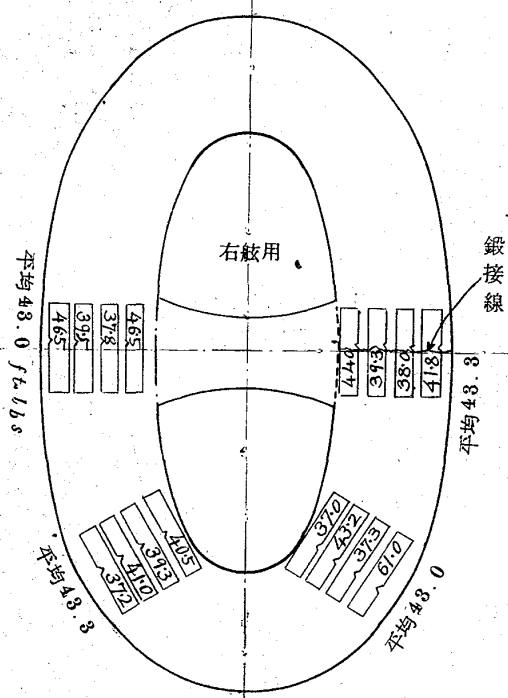
第4例 錨鎖衝擊試験成績(受領の儘)

備考- 圖面上の平均値は各部にて採取せる6本の試験片の平均なり。
圖上には各部4本のみ試験片採取位置を示す。



第4例 錨鎖衝擊試験成績(650°C燒鈍のもの)

備考- 圖面上の平均値は各部にて採取せる6本の試験片の平均なり。
圖上には各部4本のみ試験片位置を示す。



第4表

の通りで抗張力、延伸、收縮は普通であつたが降伏點は稍高く抗張力の 72% あつた。

衝撃試験成績は別表(第3表)に示す通りで平行部、肩部、端部の順に抗力が低下して居た、次に他のリンクを 650°C で焼鈍せるに抗張試験に於ける降伏點は約 4kg 低下し衝撃抗力は増加して平均 43 呎聴になり然も各部分全部一様になつた(別表第4参照)

寫眞第7は受領リンク縦断面を研磨し歪腐蝕を施したもので歪が兩端は勿論全面に現はれて居るが、焼鈍したリンク歪線が少しも出なかつた。

以上の成績から見て、本錨鎖は總てが歪を受けて居り、其の衝撃抗力は低く且部分的に差違があることが明かである、猶リンクの縦断面を精細に

検査して見たが表面に龜裂らしいものを發見し得なかつた、本品は製造會社から納入後餘り使用して居ないのであるから、表面硬化の起る機會も少ないであらふし又疲勞と云ふことも考へられない。切損リンクを見たのではない故、正確な結論を下すことは出來ないけれども、以上實驗の結果を綜合して見ると、結局餘り強靱でなく且部分的に脆弱であつたものに過大な急激荷重が加はつた爲切損したものと考へる外ない。

本錨鎖が何故に脆弱になつたかに就ては前述の他の例の如く切損リンク其のものに缺陷があつて其の他のリンクは完全であるのと異り錨鎖全體が脆性を帯びて居るのであるから、その原因は結局切斷時に於ける荷重によるか使用中に過大な荷重がかゝつたか、或は安全荷重試験に於ける荷重が過大であつたかによるものであらう。

此の内前二者に就ては調査する方法がないが第三の安全荷重試験の影響は大いに考慮の餘地あることは次の事實によつても明かである。

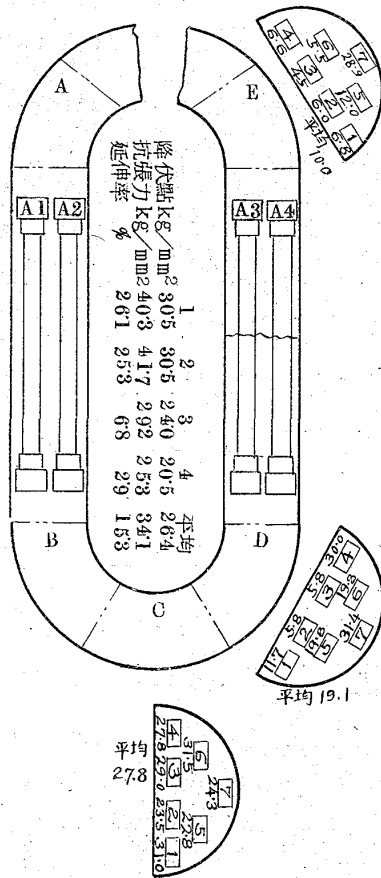
最近新に購入した錨鎖の一部につき材料試験を試みた所其の抗張及衝撃試験成績は別表(第5表)の通りで降伏點が上り衝撃抗力は著しく悪かつた。

一方前述の錨鎖を 650°C で焼鈍し、充分歪を除去したものに就て工廠内で牽引荷重試験を施行せるに焼鈍によりて彈性限が低下して居た爲荷重が之を超へ、爲に錨鎖が延び過ぎて問題になつた、牽引荷重試験後本錨鎖のリンクに就て抗張及衝撃試験を試みた所、前の切斷錨鎖と同じ位の成績を示すに到つた、然も其の成績は新品よりまだ良いのである。



寫眞第7
第4例錨鎖リンク
の縦断面(歪腐蝕)

第5表 新錨鎖抗張及衝擊試驗成績 (新品)



此の事實は結局牽引荷重試験に於ける規定荷重は時によると錨鎖材の弾性限を超へるから完全に焼鈍して韌性を大ならしめておいても此の試験で脆弱ならしめて仕舞ふ場合があることを示すもので、前述のもの或は新錨鎖は此の爲に脆性を帯びるに到つたものとも推定し得るのである。

即ち錨鎖の牽引荷重試験に於ける荷重の規定は今少し低下せしめて、焼鈍せる鍊鐵の有する弾性限以内にすることが極めて必要であつて、若し又此の荷重が實用上是非必要ならば今少し太い錨鎖を使用しなければならぬ。更に進んで鍊鐵錨鎖よりも強力な、鑄造或は鍛造錨鎖を使用すれば斯くの如き必配は全然不用となるであらう。

第2章 鍛造錨鎖の製造法と其の特徴

錨鎖用材料として鍊鐵は、古くから専用されてゐるが之は鍊鐵の熔接性が良好なる爲、錨鎖の形を作るに極めて便利であること、比較的耐蝕性があること及韌性が強いこと等による、此の中耐蝕性に就て見るに、成る程鍊鐵は鈍鐵に近い成分で

はあるが、鋼滓が澤山混じてゐる爲組織が纖維状になつて居り、従つて案外腐蝕され易い、海水に浸つたり出たりする所では、随分甚だしく細くなつてゐる例が澤山ある、又後述する通り小規模實驗でも低炭素鋼やニッケル・クロム鋼より却つて腐蝕減量が多い、従つて耐蝕性と云ふことは餘り問題にならない。

次に韌性の點に於ても低炭素鋼やニッケル・クロム鋼に比し優ると云ふことは出来ない。一體韌性に富むと云ふことは、錨鎖では極めて必要なことで、之が爲に異常な荷重或は急激な衝擊力を受けた場合に錨鎖は變形を起して危険状態を知らせるし、又其の間に相當の勢力を吸収して危険を防止して呉れるのである。然るに第1章に述べた様に鍊鐵製錨鎖は時によると非常に脆く切斷することがある、斯様な危険性のある材料を強いて錨鎖材として用ゐる必要はない。

然らば金屬工業が發達した今日、猶鍊鐵が依然として用ゐられる理由如何と云ふに、結局鍊鐵の熔着性を利用した“製造の容易”と云ふ點に落着くと思はれる。然し乍ら最近發達せる鑄造法及今茲に述べんとする鍛造法等の如き製造法に於ける革命が起れば、錨鎖も次第に鍊鐵時代を離れて行くのが必然の趨勢であらう。鑄造錨鎖に就ては第1回工學大會に於て¹⁾吉川工學博士が序述せられてゐるし、又我國でも各所で製造せらるゝに到つてゐるから茲に述べ立てる必要を認めないが、唯鑄造錨鎖に於ては鑄造時に生じ勝な鑄巢、氣泡等の潜在の有無を検出する方法がない爲、多

¹⁾ World Engineering Congress; Tokyo 1929, paper No. 734 "On the embrittlement of wrought-iron chain by stress and the superiority of cast-steel chain"

少の不安を伴ふのと炭素鋼及特種滿俺鋼以外は鑄造しても所要の性質を得るのが困難なる爲、材料として使用し得ない缺點がある、是等の缺點を除去して更に強靱なる錨鎖を經濟的に製造せんが爲に研究したのが茲に發表せんとする鍛造錨鎖である。

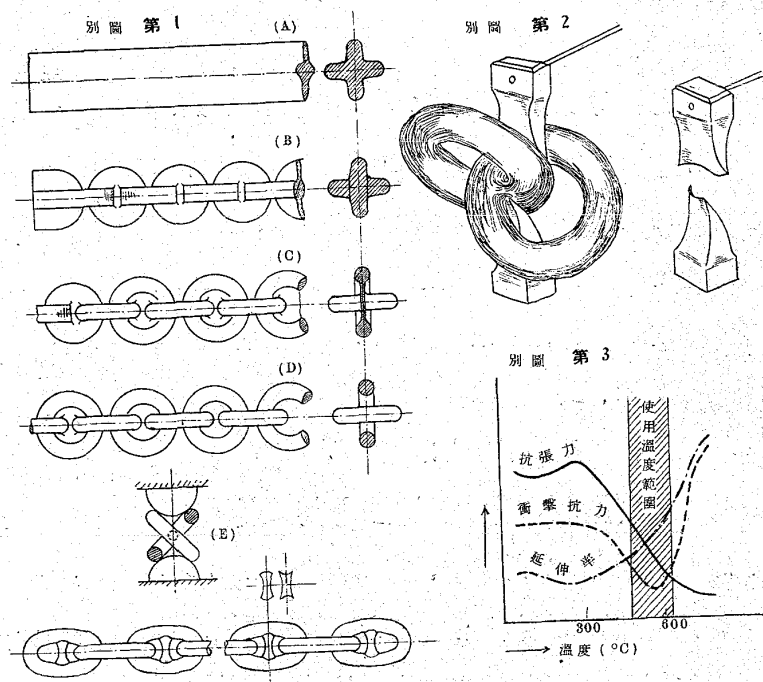
鍛造錨鎖 鍛鋼が鑄鋼よりも丈夫であることは申す迄もないことで従つて錨鎖を鍛鋼で造つたらとは誰しも考へることであるが、經濟的製造と云ふことになると案外厄介で。事實鍛造鎖は既に20年も前からあるので Spooner 氏¹⁾の機械設計の本を見ても小型鍛造鎖が既に實用に供せられてゐることが判る。又鐵道車輛の連結用リンクにも應用されてゐる、然乍ら艦船用大型錨鎖に就ては未だ實用に供されてゐるのを聞かない、前述の Spooner 氏の本にあるのは Strathern 氏の特許で棒を壓延して作るのであるが、直徑 15mm

以下の小形のものであり、又車輛連結用鎖の場合はリングの形が長細く且全長が數リンクに過ぎないのでリンクの切斷を機械的に行へば容易に製造し得るのであるが、艦船用大型錨鎖の如く鎖の徑が大きく橢圓形で一筋の長さが 25m もあり、形狀も一定で、然も餘程安價に製造しないと鍊鐵製のものに競争が出来ぬ様なものに於ては餘り手が付けられなかつたのは當然である。

本錨鎖製造法發明者の一人たる 森島光人君は 5 年程前から鎖を鍛造することに着眼研究して居たが、鍊鐵製錨鎖

の缺陷を屢々見せられ改善の必要を痛感して居た著者が、偶々同じ鍛鍊工場に勤務するに到り、同君の研究に深い興味を持ち共同して種々研究の結果、製造法に一光明を見出し、今般漸く實用に供し得る見込がついたのである、本方法は要するに 1 本の鋼棒を次第に鍛延して終に一筋の錨鎖とするもので、従つて鍛接鎖の様な接目はなく又鑄造鎖の如き潜在缺陷の憂が全然ない、又鍛延し得る總ての材料を用ひることが出来る故に、特殊鋼を用ひれば著しく強力且強靱なものを得るのである。

製造方法の概要 鋼塊を鍛鍊して 1 本の鋼棒となし之を別圖第 1 (A) の如く十字形の棒を鍛延し、次に (B) の如くセギリを入れ、型に入れて (C) となしリンク形の中央部を貫いて (D) の如き連續せる形の粗材を作る。次に別圖第 2 に示す如くして連結部に切込みを入れ、粗材を傾け (E) に示



す様に上下に半圓形の臺を置き所定温度に於て汽鎚で一撃して切込部分より切離し、リンクを 1 個

¹⁾ Spooner- "Machinedesign, Construction & Drawing."

1 個仕上型に入れ圓形リンク連續した形とする、次にスタッドを箆めてリンクを横に押しして橢圓形となし、最後に仕上型に入れ両面より錘撃して材料を充分型に馴染ませ、餘分はイバリとして兩型の間に出させる、イバリを除いて再び仕上型に入れ錨鎖を完成す。

本製造方法に於て最も苦心をなし又其の特徴である點は各リンクの切離し作業である。前述した通り機械削りの方法では到底經濟的製造は困難なので、特種の装置を用ひて切込を入れ、特別の溫度を選んで切離し作業を行つた、一般に鋼材は常溫では強度が大であるか溫度が上れば軟化する。別圖第 3 はニッケル・クロム鋼の高温度に於ける機械的性質の變化を示したもので、抗張力は溫度の上昇によつて低下し、延伸率は反對に増加する。然るに衝擊抗力は其の變化が異常で 600°C 附近に於て最も低下する。リンクの切斷は要するに此の變化を利用したものであつて、切込は 800°C 以上で入れ、切離しは 600°C 附近で行ふのである。切離し作業は高温度ではリンクが曲がるばかりで出來ず、低温では硬過ぎ無理をすると却つて他の部分が破壊する虞がある、併し高温度で切込を入れておいて 600°C 附近で急激に錘打すると豫定の所で極めて容易に切ることが出来る。

鍛造錨鎖の特徴

1. 材料供給自由なること 鍛接錨鎖製造に用ゐられる、鍊鐵材料は専ら外國より輸入を仰いでゐる、殊に大切なものにはヒングレーの様な特種の會社に限定して居る様子である。

鍛造錨鎖は鍛造し得る材料ならどんなものでも使用し得るのであるから純國産で出来る、經濟封鎖問題の喧しい今日此の點は極めて重要である。

2. 部分的缺陷なく均一なること 前述の通り鍛造錨鎖は 1 本の鋼棒から作製するのであり、又操作は總て型に入れて鍛鍊するのであるから、確實で均一なものを得られる特徴がある、然るに鍊鐵製錨鎖は一々鍛接するのであるから、職人の上手、下手が非常に影響するし又鍊鐵素材其のものが極めて不均一であり（寫眞圖錨鎖斷面参照）殊に材料が不良なる場合驚く程脆弱なことがある、鑄造錨鎖は組織は相當均齊であるが、時によると鑄巢、氣泡等が存在し又鑄造時の樹枝狀結晶等がある場合があるので、検査法が完全ならざる限り多少不安を伴ふ、即ち 3 種の製造法中鍛造法は最も確實性に富むと云ふことが出来る。

3. 著しく強力なること 本方法によつて實際に試製して見たものは材質として低炭素及ニッケル・クロム鋼を用ひた、低炭素鋼錨鎖は燒鈍の儘で使用差支ないが、ニッケル・クロム鋼の場合には熱處理をした方が一層其の特性を發揮せしめ得る、試製品は徑 25mm、38mm 及 68mm の 3 種で次表は其破斷試験成績である（徑 68mm のものは吳工廠所在の試験機で切斷出來ないので未だ牽引試験を行つてゐない）。

錨鎖切斷試験成績

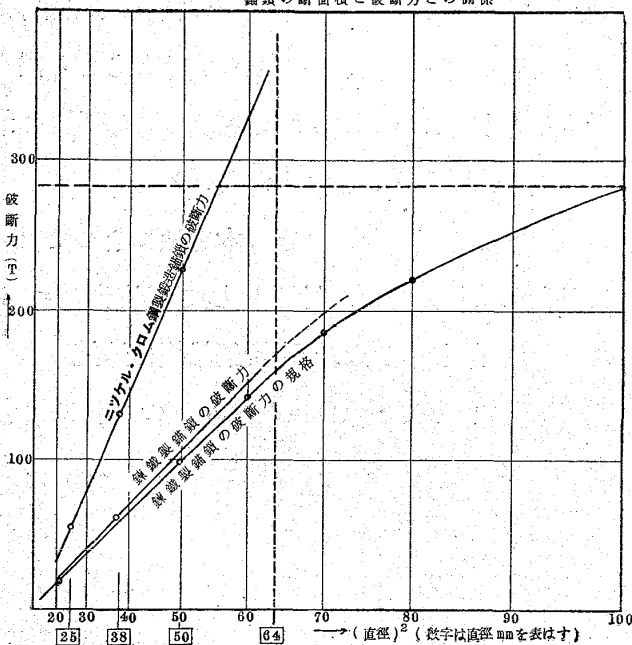
| 製法 | 材 質 | 錨鎖の徑 | |
|----|-----------|------|------|
| | | 25mm | 38mm |
| 鍛接 | 鍊鐵 | 28T | 60T |
| 鍛造 | 炭素鋼 | 33T | 95T |
| " | ニッケル・クロム鋼 | 55T | 130T |

同表で明かなる通りニッケル・クロム鋼製鍛造錨鎖は鍊鐵製錨鎖に比し 2 倍以上強力である。然も鍛接錨鎖は徑大となるに従ひ製造著しく困難で斷面積増大するも強度は其の割に増さず（別表第 6 表）又工作上徑の大きさには自ら局限があるのに對し鍛造錨鎖では其の強度は斷面積に比例して増す

のであるから（ニッケル・クロム鋼は焼入効果が大
きいから棒の径が 50mm でも 100mm でも単位
面積の強度には大差がない、此のことは 1) 昭和 3
年 11 月の本會講演會で詳述した通りである）結
局鍊鐵錨鎖の最大の太さの 100mm 径に對し鍛造
錨鎖では 64mm 径で優に匹敵し得、又若し 100
mm 径ならば鍊鐵製の破斷力 300t に對し 900t
即ち 3 倍近く強くなるのである。

第 6 表

錨鎖の斷面積と破斷力との關係



備考（第 6 表は錨鎖の切斷面積と破斷力との
關係を表はすもので切斷面積を示すのに簡單
の爲直径の自乗を以てした、現在の商工省規格
〔日本標準規格第 72 號〕による切斷荷重は径の
小なる間は直線的に増進するが、径 60mm 以上
になると次第に増加量が減じる、實際の鍊鐵錨
鎖の破斷力は此の規格よりも多少高くはあるが
大して多くはない、ニッケル・クロム鋼製鍛造錨
鎖の場合は直線的で然も全然かけ離れてゐるこ

1) 佐々川清「特殊鋼材の二三の性質に就て」昭和 4
年 3 月 鐵と鋼

とが明かである。）

安全度を見るべき牽引荷重は規格に於ては切斷
荷重の 66 乃至 72% であるが、鍊鐵材料の焼鈍
した状態に於ける降伏點は普通約 22kg/mm² で最
大抗張力 36kg/mm² に比し約 60% しかない、従
つて牽引荷重が降伏點を超えることは往々あり得る
のである、熱處理したニッケル・クロム鋼では、抗
張力 75kg/mm² に對し降伏點は 55kg/mm² 位であ
るから約 73% で従つて牽引荷重が降伏點を超え
る憂は全然ない。

次表は鍊鐵錨鎖、低炭素鋼及熱處理せるニッケ
ル・クロム鋼製錨鎖の機械的性質を示すもので、
試験片は 38mm 錨鎖リンクから採つた、本成績か
ら見てニッケル・クロム鋼製鍛造錨鎖が強力なのは
當然のこと、云はねばならぬ。

各種錨鎖材質の分析成分并に機械的性質

| 材質 | 分析成分(%) | | | | | | | |
|--------|-----------|----|----|----|----|------|----|----|
| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Cu |
| 鍛接 鍊 鐵 | 0.2 | 12 | 14 | 25 | 18 | — | — | — |
| 鍛造 | 炭素鋼 | 17 | — | — | — | 1.76 | 30 | — |
| | ニッケル・クロム鋼 | 24 | — | — | — | 3.14 | 56 | — |

| 材質 | 機械的性質 | | | | | |
|--------|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|----|
| | 降伏點 kg/mm ² | 抗張力 kg/mm ² | 延伸率 % | 斷面收縮 % | 衝擊值 呎呎 | |
| 鍛接 鍊 鐵 | 21 | 34 | 28 | 40 | 45 | |
| 鍛造 | 炭素鋼 | 33 | 51.5 | 26.3 | 55.1 | 50 |
| | ニッケル・クロム鋼 | 55.3 | 74.1 | 23.8 | 63.7 | 67 |

4. 過荷重により脆弱となることなし 鍊鐵製
錨鎖の一大缺陷は鍊鐵固有の降伏點低き爲牽引荷
重試験に際し、或は使用中に荷重が材料の降伏點
を超え、爲に著しく脆弱となる點にあることは第
1 章に於て述べた通りである、鍊鐵の降伏點は抗
張力の 60% なるに對しニッケル・クロム鋼では
70% 以上であり、且又抗張力が 2 倍以上大なの
であるから過荷重によつても歪力が降伏點を超す

様なことはないし、若し萬一降伏點を超えても鍊鐵の様に靱性を失ふことは殆どないのであるから此の點少しも心配は要らない。

次表は過荷重による衝撃抗力の低下につき實驗した成績であつて、鍊鐵が著しく靱性を失ふに對しニッケル・クロム鋼では其の影響が少ないことを明示して居る。

過荷重と衝撃抗力との關係

| 材 質 | 加 荷 重 | | |
|-----------|-------|--------|--------|
| | 普通の場合 | 荷重 75% | 荷重 85% |
| 鍊 鐵 | 47.0 | 22.9 | 16.6 |
| ニッケル・クロム鋼 | 72.0 | 72.0 | 69.0 |

5. 衝撃に強し ニッケル・クロム鋼が衝撃に強いのは周知の事實である。前表で見る通りニッケル・クロム鋼製錨鎖の衝撃値は平均 60 呎以上で鍊鐵の 47 呎以上よりは明かに大である。且又鍊鐵は常溫では相當靱いけれど共溫度が低下すると著しく脆弱となるものであるがニッケル・クロム鋼の様に熱處理してソルバイト組織にしたものでは -18°C 位では殆ど常溫と變らない。

次表は低溫度に於ける鍊鐵及ニッケル・クロム鋼の衝撃抗力を示すもので、其の差異が明かに現はれて寒帯地方に於ける投錨の様な場合此のことは極めて大切である。

低溫度に於ける錨鎖材質の衝撃抗力

| 材 質 | 溫 度 | | |
|-----------|-----------|-----|-------|
| | 常溫 (20°C) | 0°C | -13°C |
| 鍊 鐵 | 47 | 38 | 18 |
| ニッケル・クロム鋼 | 72 | 70 | 69 |

6. スタッ드의弛むことなし 鍊鐵製錨鎖がスタッドの剝落の爲切損の原因を構成することがあるのは前章に述べた通りであり、又各造船所で艦船錨鎖のスタッドの締直し作業が多いのは周知の事實である、鍛造錨鎖では此の幣を除く爲スタッドの形を少し變じ、リンクを仕上型に入れるとき

スタッドの當る部分の内を盛り出しスタッドを抱く様に計畫した、其の結果本錨鎖ではリンクが多少變形してもスタッドは決して剝落することがない。

7. 耐海水腐蝕性 鍊鐵は含有炭素量は著しく少ないけれども、鋼滓を多量に有する爲、縞狀に腐蝕されるのに對しニッケル・クロム鋼は細密の組織を有するので腐蝕が少く且一様である。

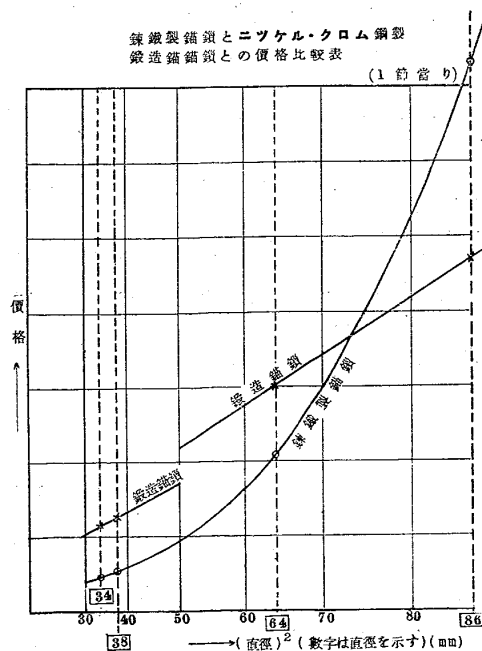
厚さ 5mm 大さ 20×40mm の試片を海水中に 10 週間浸したものの腐蝕度は次の通りでニッケル・クロム鋼は明かに鍊鐵よりも耐海水腐蝕性が良好である、(試料を 1 分間 3 回の割で海水中に出入せしめ 1 週間後に銹を落して秤量し、海水を新にして更に試験を繼續此の操作を 10 回繰返す)

錨鎖材質の海水による腐蝕量比較

| 材 質 | 重 量 | |
|-----------|--------|-----------|
| | 原重量 | 10 週間後の減量 |
| 鍊 鐵 | 30.868 | 1.128 |
| ニッケル・クロム鋼 | 30.890 | 0.764 |

8. 經濟的見地 (別表第 7 表参照) 本鍛造錨鎖は漸く研究試製の域を脱した程度なので正確な價格は分明しないが、徑が小なときは鍊鐵に敵は

第 7 表



ないけれども、径が大となると却つて廉價に出来る様である、前述した様に鍊鐵錨鎖は径が大になると良好なる製品を作るには随分苦心を要するものであるのに對し、鍛造錨鎖では径が大きくても小さくても大した變りはなく、寧ろ径大なる場合は一筋のリンク數が減ずるから珣當りの費用はずつと少くて済む。現在の處兩者の價格が同じになるのは 74mm 徑位の所であるが、將來熟練すればもつと小さい錨鎖でも鍛接製より安價に製作し得るに到るであらう。

猶強度から云ふと、ニッケル・クロム製錨鎖の 64mm 徑のものは鍊鐵製の 100mm 徑に匹敵し一筋の重量は前者が 2,206kg に對し後者は 5,418 kg なのであるから同じ様な強度のものならばニッケル・クロム鋼製鍛造錨鎖の方が鍊鐵製よりも遙に廉價となるのである、但し錨鎖は單に強度許りでなく重量も必要であり、又現在の艦船の設備を急に變更することも困難故、一概にはいふことは出来ないが、將來計畫を變更すれば本錨鎖の眞價を發揮し得て經濟的にも重量輕減といふ問題からしても大いに役立つことがあらうと期待して居る。

結 論

1) 鍊鐵製錨鎖の急激なる破斷の主要原因は錨鎖が脆性を帯びて居ることにある。

2) 錨鎖が脆弱となるのは、材料の不良か或は材料固有の彈性限を超へた荷重を受けて歪を生じた爲である。

3) 材料の不良とは錨鎖鐵或は錨鎖製造時に於ける燒過ぎ、不純物含有量の多いこと、分布の不良等を意味する。

4) 加荷重によつて脆弱となる場合を細別して見ると、牽引荷重試験で荷重が彈性限以上である場合、錨鎖使用中に荷重が安全荷重を超過する場合、局部に大なる歪を受けた場合等がある。

5) 牽引荷重試験の荷重の現行規格は燒鈍せる鍊鐵材の彈性限を超へて居る場合が多い、之は錨鎖を脆弱ならしめ、進んで錨鎖切斷の原因をつくるものであるから是非低下する必要がある。

6) 永年使用中に錨鎖がリンク同志或は他物と衝突して表面硬化を來し、裂罅を生じ、之が切損の一因をなすこともある、但し之が原因の總てではない。

7) 加荷重によつて脆弱を帯びた錨鎖は 650°C 附近で燒鈍すれば或程度迄靱性を恢復することが出来る、表面硬化せるものでも同様である。但し燒過ぎ或は分析不良のものは見込がない。

8) 鍊鐵製錨鎖は種々の重大な缺陷を有して居るから出来得るならば、之より強靱な鑄造或は鍛造錨鎖を使用したい、ニッケル・クロム鋼の棒から鍛造して造つた錨鎖は鍊鐵製錨鎖の 2 倍以上強力で靱性に富み、確實性を有し、其の他種々の特徴を持つて居るから、將來之が實用化に就ては益々研究を進める必要がある。(終)

(昭和 7 年 3 月稿)