

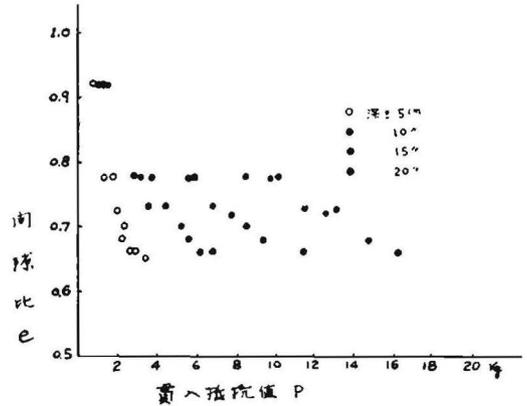
第 4 図

4. 貫入抵抗と間隙比の関係

第 3 図をみればわかるように貫入抵抗値は深さとともに増加しているが、前項の振動性状について述べたところの砂槽内の砂が振動をうけて締る場合に、その締り工合は表面から下にいくに従って、若干低下していることから、もし貫入抵抗が間隙比のみに支配されて定まるものであれば、測定される抵抗値は深さとともに減少しなければならないわけである。しかし実際には貫入抵抗は深さを増すに従って大きな値を示すということは貫入抵抗は単純に間隙比のみでなく、間隙比以外の諸要素、例えばロッドの周辺摩擦抵抗、砂の剪断抵抗等の影響をうけこれらが複雑に綜合された結果が表されているものと解される。

しかしここでは一応これらの複雑な要素には着目せずとに角第 1 図で表されている如く、一定の貫入条件では間隙比の小さい締った砂では間隙比の大きい緩い砂よりも大きな貫入抵抗をもつという事実に着目して、問題を実験室の砂槽内の砂のみに限定し、その間隙比と貫入抵抗値との間の関係を数式化し、今後の実験の際に貫入抵抗値を有力な手段として活用出来るようにしたわけである。

今、貫入深さ、10、15、20cm における貫入抵抗値とそのとき実際に測定したそれぞれの間隙比の値の関係を図に表すと次の第 5 図のようになる。この結果を基にして次の実験式を得た。



第 5 図

$$P = a h (e_0 - e)$$

ここに P は貫入抵抗値 kg 、 a は実験定数で $2.46 kg/cm$ 、 h は貫入深さ cm 、 e_0 砂槽内の砂を一番ゆるい状態にしたときの間隙比で、ここでは 0.95 にとった、 e 砂の間隙比

この式からある締り状態にある砂の任意深さの貫入抵抗値を測定することによって、その間隙比を推定することが出来ることになる。なお上式の適用範囲は実験室の砂槽のみであるが a 、 e_0 の値を変えることによって、他の場合にも拡張出来るのではないかと思はれる。

5. 結 び

以上簡単に現在までに行ってきた実験の結果について述べて来たが、水平振動機による砂槽内の砂の締固めの効果については、概略の見当を立て得ることが出来、またその判定方法として貫入試験を用いることも不当でないことが証明された。

しかし現在のところ振動を受けた砂が、どのような機構で締って行くか振動条件と締固りの関係はどの様になっているかについて充分解明出来るまでに至っていない。また貫入抵抗に影響する種々の要素の究明も今後行ななければならない重要なもの一つである。これらは実際の現場測定をも含めた十分な実験データの集積によって成し遂げられるものと思っている。

折損した鑄鉄製 T 字管に対する応力試験

技官 安藤、石橋、佐藤

1. ま え が き

某硫酸製造工場において、発煙硫酸の循環系統中の鑄

鉄製 T 字管が折損したために、噴流した硫酸の飛沫をあげて、作業中であった 2 名の若き工員が犠牲となる事故が起った。本文はこの折損した T 字管に対する応力試験

と材質試験の結果である。

II 事故当時の監督署の調査内容の要約

1. 折損したT字管は図1に示す様な構造で写真1に見られる様に取付けてあったが、このT字管の近くで他の管を取替作業中であった作業者が死亡しており、また事故発生当時、確かな目撃者もなかったため折損の原因が判明しない。
2. T字管内には循環ポンプの能力からみて、毎分10.8 m³の発煙硫酸が流れていたものと思われる。
3. 管内を流れていたのが10%の発煙硫酸であるから発煙塔の高さ8mからみて、T字管には1.4kg/cm²の圧力がかかっていたものと思われ、管の自重その他を

加算すると、T字管にかかる応力はさらに増加する。

4. 取替作業中の管と、折損した管系とは連絡はないが作業の際に写真2の㊸①および写真3に示す㊸下のH管に連なる管上に作業者が乗ったり、もたれかかったりしたものと思われ、また写真1に示す㊸に接続する管を取外しの際、その間が90mmであったから、それと相接するT字管上部に衝撃を与えたものと推定される。
5. T字管に接続する管は別にサポートされていない。最も多くモーメントを受けたのは写真3の㊸下左右の管で、衝動もあり、静荷重より相当うまわる荷重がかかったものと推定される。
6. 写真中管上に白墨で印をしているのは事故発生当時

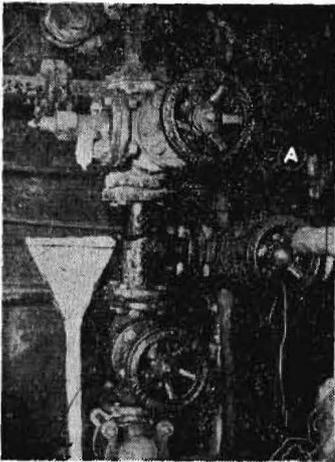


写真 1

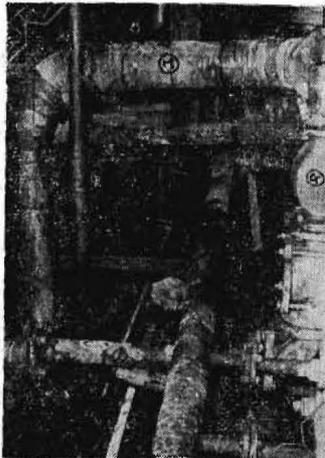


写真 2

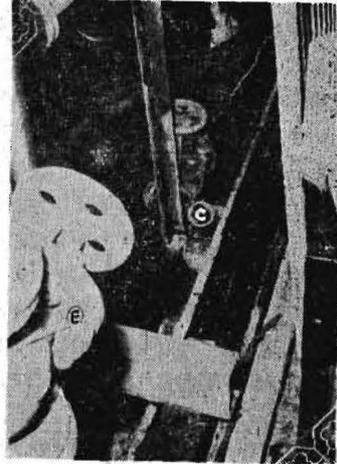


写真 3

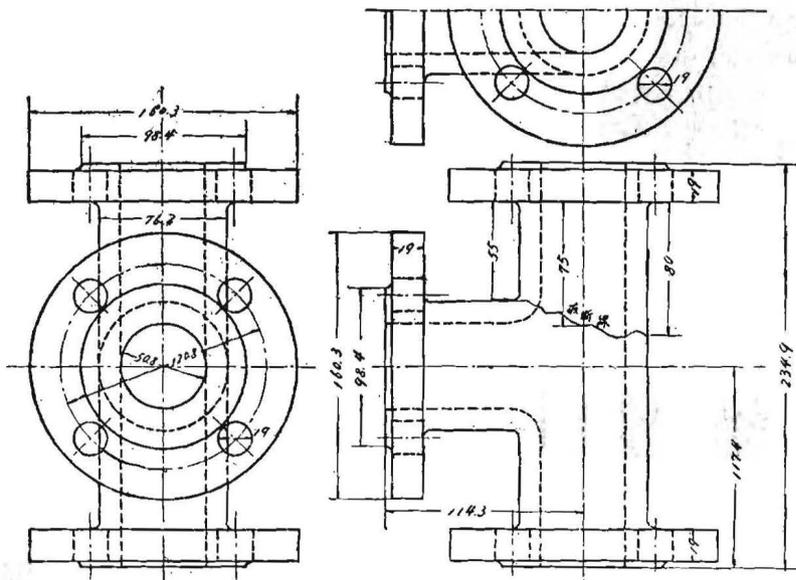


図 1

同室して避難した際、目撃したものの証言に基づくもので、絶対的に信頼できないが管の取替の際にはどうしても乗ったりもたれたりしたくなる個所である。

7. 折損したT字管に接続した管は総て2吋管である。
8. 折損したT字管は昭和26年4月から使用しているものである。

以上の通りであり、この他に別紙のように会社側から提出した鑄鉄製T字管の確性試験成績書および強度計算書が添付されてある。なお折損した字管は図1のような

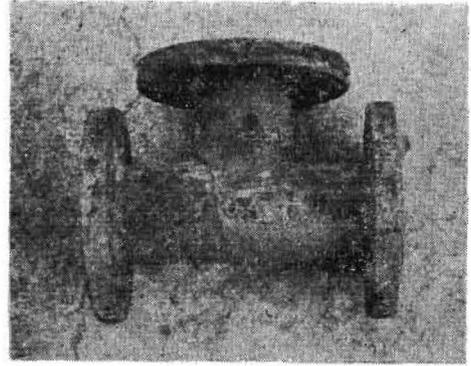


写真 6

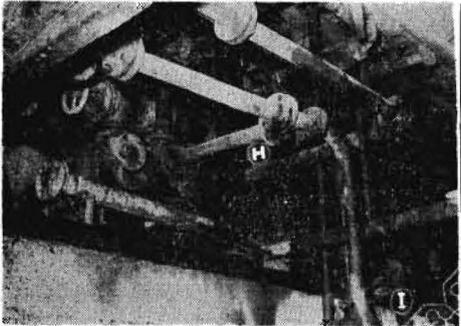


写真 4

III 抵抗線歪計による応力試験

管の取替作業中、T字管に接続された配管に、乗ったりもたれかかったりしたくなる個所が3個所あるが、そのうち、どの部分に荷重がかかった場合に、T字管の破断線に沿って応力が集中するかということ抵抗線歪計によって測定した。

折損したT字管と同じ管を写真5 a. b. に示すように試験塔に固定し、これにH管およびI管を現場における

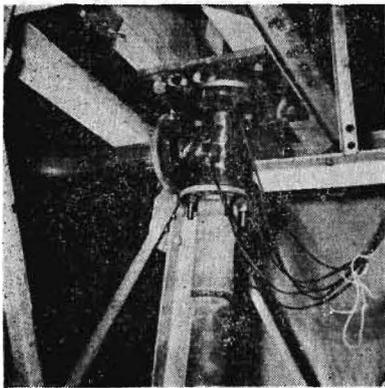


写真 5 a.

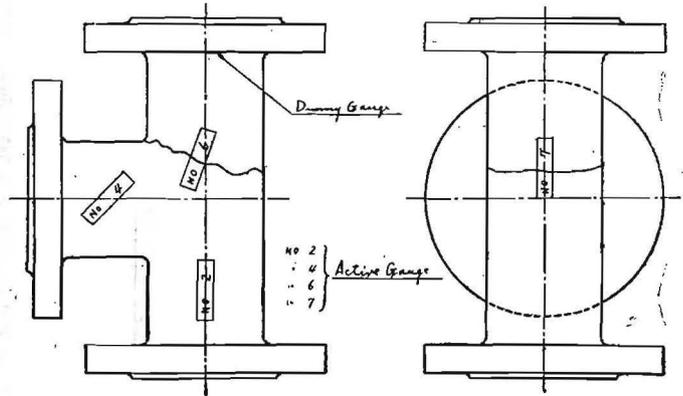


図 2

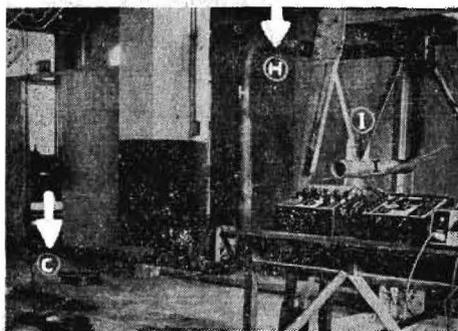
配管と同様に装置して、作業中に乗ったと思われる点にそれぞれ体重に近い静荷重をかけて試験した。

これに使用した試験器は新興通信工業製のPS6-R型(10接点切換箱付)の抵抗線静歪計である。

配管上に作業者が乗ったと思われる場所すなわち荷重をかける位置は次の3個所とした。

1. H管 T字管の垂直軸心から2.800mmの◎部位
2. H管 写真2に示す②の部分でT字管の垂直軸心から600mm離れた部位
3. I管 写真2に示す①の部分でT字管の垂直軸心から600mm離れた部位

このうち1.のH管の◎に荷重をかけた場合が最も高い応力が起るであろうことは想像できるけれども、なお



b.

構造であり、写真1に折損現場の状況が示され、写真2、4は現場の配管状況、写真6が折損したT字管である。

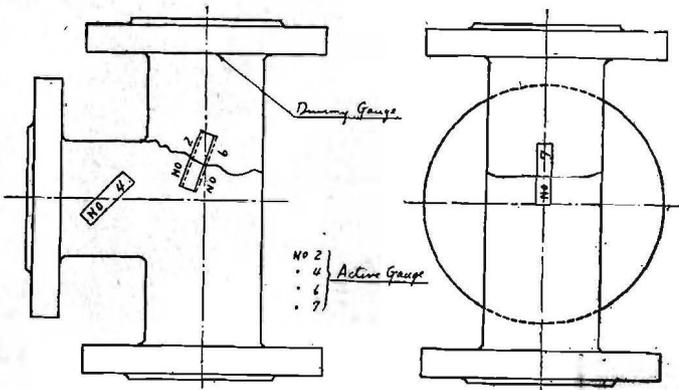


図 3

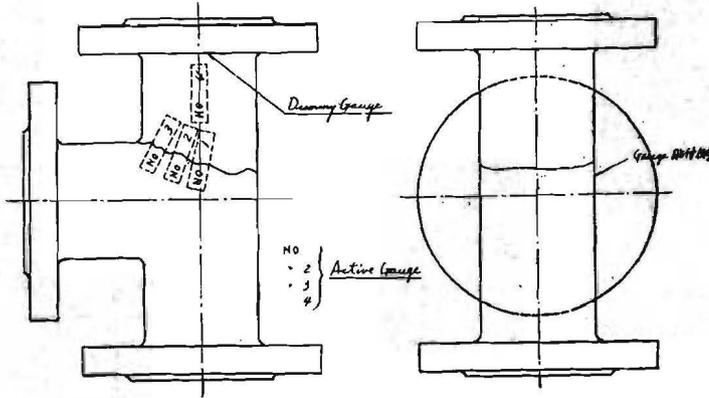


図 4

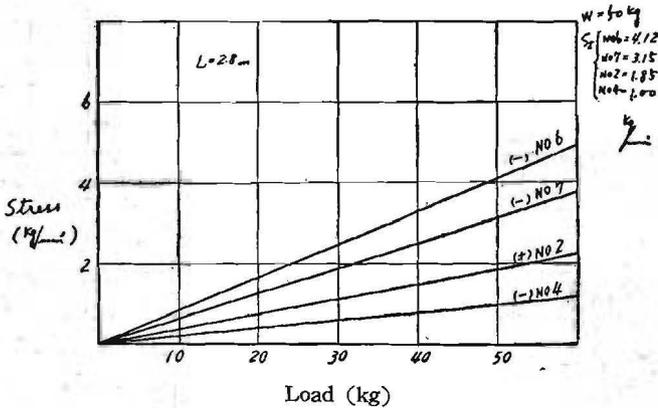


図 5

1.と2., 1.と3.などに同時に荷重をかける試験も実施してみた。

第1回試験

このときの荷重位置は1.の場合の下向のもので、ゲージの貼付箇所、すなわち測定位置は図2に示し、そのときの各点の応力の変化状態は図5のグラフにみられるように荷重を10kgから50kgまで順次増大していくと、

応力は各点とも直線的に増加するが、破断線に貼ったNo.6が最も高く、約 4.12 kg/mm^2 となる。この場合の応力はほとんど(-)の圧縮応力であるけれどもNo.2のみがわずかに(+)の引張応力となる。

第2回試験

ゲージの貼付位置は図3に示す通りであるが、第1回の場合と異なるのは、No.2を第1回の場合のNo.6の正反対側に貼っただけであって負荷の位置やその方向も同じである。

図6がこのときの応力分布状態であって、初めNo.2はNo.6と同じ位の応力ができるものと想像したが、試験の結果は予想に反して、やはりNo.6が特に高く、No.2ははるかに低い。この理由は曲応力の他に振り応力が影響しているからであろうと考えられる。

この場合の応力は総て(-)の圧縮力である。

第3回試験

測定位置は図4に示すように片側の破断線に沿った点であり、このときの応力は図7のようにNo.1, No.2に特に高く表われた。このときの応力も(-)の圧縮力である。

第4回試験

次にH管の◎部位に52kgの荷重をかけ、I管の①の位置に65kgの荷重を同時にかけてみると、図2における測定位置でNo.6にでる応力は 8.8 kg/mm^2 (-)である。

またH管の◎部に52kg、①部に65kgの荷重を同時かけるとNo.6に 9.7 kg/mm^2 (-)の応力が起る。

この試験はH管とI管とに同時に2人の作業者が乗った場合、および1本のH管の2箇所と同時に2人の

作業者が乗った場合を仮定した試験である。

第5回試験

H管の◎の荷重位置に上向きの荷重をかけてみると表のような結果となる。このときの測定位置は図2による。

各測定部には初めは管の自重によって(-)の圧縮応力がかかっているが、荷重を漸次増加していくと絶対値

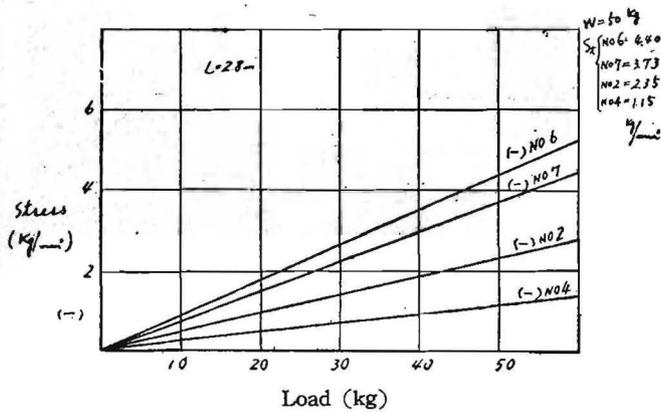


図 6

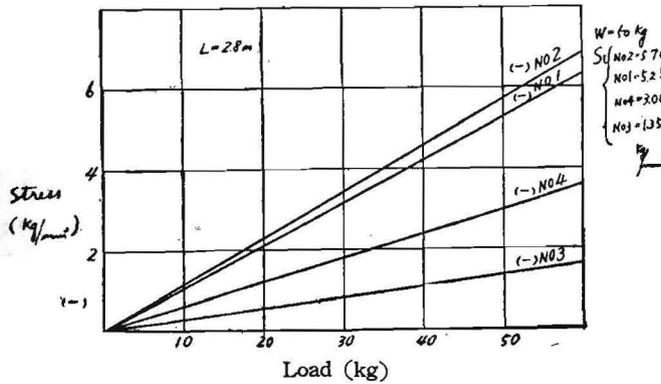


図 7

H管の◎部に上向の荷重をかけた場合の応力 (kg/mm²)

荷 重 (kg)	測 定 位 置			
	No. 2	No. 4	No. 6	No. 7
無負荷 (管の自重のみ)	- 1.13	- 0.57	- 2.08	- 0.90
12	- 0.78	- 0.40	- 1.30	- 0.23
22	- 0.40	- 0.20	- 0.59	+ 0.38
32	0	+ 0.05	+ 0.49	+ 1.23
42	+ 0.46	+ 0.20	+ 1.35	+ 1.77
52	+ 0.80	+ 0.47	+ 2.36	+ 2.60

が次第に減少して、遂に (+) 側の引張応力になるこの場合は No. 6 と No. 7 に高く現われた。

以上の試験結果から、破断線近くに高い応力が起るのはH管の◎部に荷重をかけた場合であり、なおH管の◎部と①部に同時に負荷したときが、最も高い応力となる。

しかし、このときの応力も 9.7kg/cm² であるから、管の材質を Fc19 と仮定しても、まだ破断するまでには至らない。

また実際試験の結果は曲げ応力と、振り応力とが重合

して作用するので、試験前に想像したより、はるかに複雑となり、下向きの負荷に対しては、各測定点ともほとんど圧縮応力として表われた。

鋳鉄に対する圧縮応力は、引張応力よりはるかに強いはずであるが、この破断部に引張応力が起るのは、第5回の試験におけるH管の◎点に上向の荷重をかけた場合である。

なおI管の①部にだけ負荷した場合の応力は極めて小さく、影響も少ないものと思われるので、ここに記録することは省略した。

IV 試験材質

折損したT字管から試料をとって材料の引張強さ衝撃強さについて検討した。

しかし引張試験片は現品からは規格寸法のものがないので作れる範囲のもので試験した。

なお破断面は各部にわたって顕微鏡によってワレの状況を調査した。

1. 機械的試験

(i) 引張強さ

20.1kg/mm²

(ii) 衝撃強さ

シャルピー衝撃試験値

0.538kg. m/cm²

2. 腐食状況

現品の管内面は全般にわたって、0.5~1.0mm 深さの点食が認められるけれども、これが直ちに管の強度に大きく影響する程のものではない。破断面の状況については、現品が当所に到着したときは、破断面は

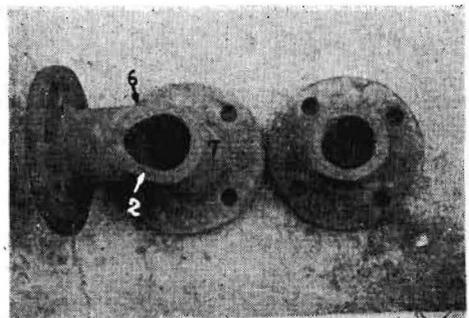


写真 7

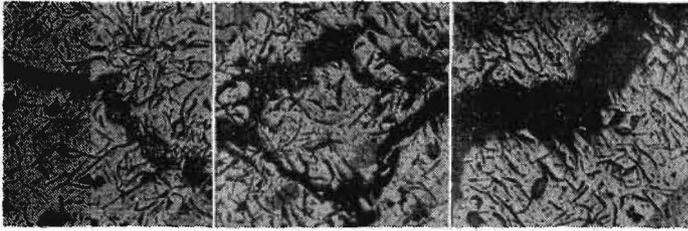


写真 9

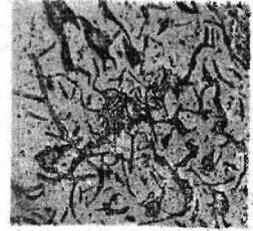


写真 9

既に赤錆が発生していたので、破面の判断はできなかった。

3. その他の欠陥

写真7に示す破断面のゲージ No. 2 側の矢印部に管の円周方向に約9mmの断層状の破面がある。(管内面から約5mm)この部分を縦に切断すると写真にみられるようなヘヤクラックが発見される。

このワレは断層の部分で、ラミネーションの状態に拡がっており(軸方向20mm, 円周方向16mm)ワレの内部に硫酸の浸透した形跡はないが、ワレは伸びた途中で写真中のように網状となったり、断続したりしているので、破断の影響によって派生的にできたワレとも考えられない。

製造当初の収縮の影響などで初めから潜在していたものとすれば、No. 2 側は局部的に弱くなっていたといえる。またNo. 6側の破面およびその近くに図7にみられるようなワレが生じておる。

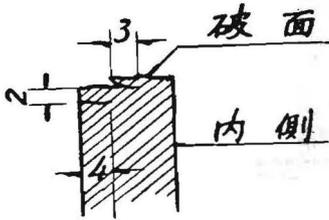


図 7

このワレはNo. 2側のワレと違って、破断面に平行であるから、破断の影響によって生じたものといえる。

しかも、このワレの方向は破断開始方向を想定するに役立ち、また管に荷重をかけた位置やその方向など推定する参考資料ともなる。

V 試験結果の考察

この実験においてはT字管はその一端を固定し、これに接続したH管およびI管は必要な長さのところで切断して自由端とし、実際現場のように長く連結されているときの応力、関係などは全部無視して試験したので、この点は実際現場の状況とは、かなりの相違があるものと思われる。

実際T字管のうける応力は相当複雑なものと考えられるけれども、当所で現場とまったく同じ応力のかかり工

合を再現することは到底不可能であるので、以上の試験程度で止めることとした。

各試験の結果を総合考察すると、管の材質は別に欠陥は認められないFc19材であって、内部腐食も、管の強度に大きな影響をおよぼすほどのものではない。

抵抗線歪計による応力試験の結果によっても、H管およびI管を前のような自由端とした場合は、 $\odot\oplus\textcircled{1}$ などの点に1人または他の点と同時に2人が管上に単に乗った位では、T字管が破断する応力とはならない。

しかし、作業中なんらかの必要で、これらの管にテコをかけるようなことがあったとすれば、その外力は相当大きなものとなることが予想されるから、破断する危険は充分あり得ると考えられる。

また写真7におけるゲージNo. 2側のヘヤクラックが初めから潜在していたものとすれば、管の強度は局部的ながら相当低下していたのであろう。

ゲージNo. 6側の破断面のワレの状況から考察して、破断はゲージNo. 6側から始まったものようである。従ってNo. 6側に大きな引張応力がかかったはずであるが、No. 6側に主として引張応力の起るのは、前記第5回試験の際のH管の \odot 点に上向の力をかけた場合である。

このことから考察すると、作業中誰かが \odot 点に上向の外力のかかるような操作をしたか、またはどの部分かにこれと同じ結果になるような瞬間的な衝撃を加えたためにT字管が破断したものと想定される。

VI 事故再発防止対策

(1) 配管は大部分鋼管が使用されているようであるが、管の分岐部には铸铁製品が使用されている。

この铸铁分岐管に連結された配管には、乗ったり、つまずいたり、その他いろいろな外力のかかることは予想せねばならない。

このような外力がかかった場合、铸铁製品のT字形分岐管や、弁などには意外に大きな応力が集中して破断する危険があるから、もし外力が加えられても、集中応力がかからないように、配管の各所で管を固定しておく必要がある。

もちろん、管内の内容物によって起る材料の伸縮のための応力の分散も充分考慮されなければならない。

(2) 危険物の流れる管で、応力の集中するおそれのある部分に鑄鉄製品の使用はなるべく避けた方がよい。

やむをえず使用するときは、念のために磁気探傷器などによって試験されることが望ましい。

(3) 本例のように無数の管が配管されたなかで、しかも危険な薬品の通る管の近くで作業させるときは、作業着手前、その危険性について作業者に充分注意を与えられるべきである。

なお作業方法、作業用具についても、ある程度の制限をされる必要も起るであろう。

(4) 硫酸のような危険物の流れる管は、色彩を施して、作業者の注意を喚起する必要がある。

(5) 本例のような現場の修理作業には、その現場の総てに精通した責任者が必ず立会い、その指揮、監督によって事故の発生を防止されるように特に要望したい。

硫酸課に於ける鑄鉄製 T 字管の確性試験

(二工作係依頼)

1. 機械試験結果

(1) 引張試験

テンソメーターによる小型引張試験結果は

$$T_1 = 19 \quad T_2 = 20 \text{ kg/mm}^2$$

(2) 衝撃試験

シャルピー衝撃試験値

$$B_1 = 0.4 \quad B_2 = 0.3 \text{ kg.m/cm}^2$$

(3) 硬度試験

$$\text{ブリネル硬度} \quad H_B = 170$$

2. 分析結果

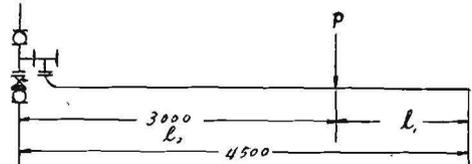
C	Si	Mn	P	S	Cu
3.44	1.76	0.75	0.403	0.15	0.15

3. 顕微鏡組織 (写真9参照)

4. 考察

機械的性質、分析、組織の諸点から Fc19 級の鑄物である。

発煙硫酸 配管に荷重を与えた場合の応力計算



計算

$M = 300 \text{ pkg-cm (75/50)}$ 管の一端固定に生ずるモーメントより計算すると pipe (75/50) の断面係数 N は

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \quad (d_2 = 7.5 \text{ cm} \quad d_2^4 = 3,170 \text{ cm}^4)$$

$$= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{3,170 - 625}{7.5} = \frac{\pi}{82} \cdot \frac{2,545}{7.5} = 33.3 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{Mt}{Z} = \frac{300p}{33.3}$$

Fc 19 とすれば

$$1,900 = \frac{300p}{33.3} \quad \therefore p = \frac{1,900 \times 33.3}{300} = 211 \text{ kg}$$

もし荷重が半分 ($\frac{221}{2} = 106 \text{ kg}$) であってば衝撃加重

が加われば、当然その荷重の倍の荷重 2~3 が加わり、Fc 19 でもいささか危険と思われる。

Expeirmental study on properties of sand

1 st report

by Gisei Mori & Ikuo Mae

In order to study of sand in the bin, some experiments were performed by the penetrometer and the vibrator which generates a horizontal vibration.

This experiment is the first step study on soil mechanics, and the final purpose is to solve the problem about trolley road-bed compaction, and slope failure of cuts and embankments.

As the results, effect of horizontal vibratory condition to compaction of sand in the bin was recognized.

The degree of compaction was discriminated by penetration resistance, and the following experimental formula of the relation of penetration resistance to void ratio of sand in the bin was obtained.

$$P = ah (e_0 - e)$$

where

P = Penetration resistance

a = Experimental constant

h = Depth of Penetration

e_0 = Void ratio of the sand in the loosest possible state

e = Void ratio of the sand

Stress test of broken cast iron T pipe.

By T. Ando, K. Ishibashi and T. Sato.

Two workers died, when they changed a pipe of the apparatus in a certain sulfuric acid plant, owing to broken adjacent cast iron T pipe and they were spurted and by fuming sulfuric acid.

In this case, we measured stress of this T pipe under various, loads presumed external stress which T pipe were broken and pointed out counter measures from the standpoint of safety about these repairing works.