木材パルプの品質は種々あるがこの実験に使用したのは厚さ2.5 cm, 繊維長く且軟かつた。その縦弾性係数の値が低く減衰比の値が非常に高い。第16図ではその共鳴振動してゐる近くの部分が余りはつきりしてゐないが実際振動してゐるときの手の感じによると振動が甚だしく減衰してゐることがわかつた。

第17 A, B, C 図は乾細砂に対しての実験結果であつて振動減衰の状況が殆ど見られない。しかし砂を防振材料とすることは一般に廣く用ひられることであり又防振の役目も相當してゐるやうであるからこの項に関しては更に実験を試みる予定である。只本実験装置の大きさの程度では振動防止に何等役立たない。記載しないが湿細砂の場合は乾細砂と似たやうな結果である。

第18 A, B 図はビッチを防振材料とした場合であるがビッチは時と共に変形するので実験し難い。本実験の結果では大してよい防振材料でない。只この種ビッチ類は完全塑性体とも言つてよく、急に力を加へるとその塊を破ることが出来るが徐々に圧すとその圧した通りに変形する。故に週期の大きい振動には或は防振材料として役立つかも知れないが本実験の如く100振動/sの程度ではその役目をなさない。

8. 結 論

振動防止の役目をさすため発振体と被振動体との間に挿入する所謂防振材料の大きさ設計にはその強さよりも寧ろ縦弾

性係数 E 及び減衰比 Ψ の値が遙かに重要である。しかるに著者が知る範囲に於てその数値に関する文献を未だ見ない。本実験の結果の数値は第6表に載せておいた。これによると人工並、天然コルクは共に防振材料としてよい材料であつて両者の減衰比 Ψ の値は近いが人工コルクの縦弾性係数の値は天然コルクのそれの約2倍である。

ゴムはその配合並に製造の方法に依て廣い範囲に E 及び Ψ の値を変へられるやうである。その欠点とする所は老化にあるも坊間種々の老化防止剤があるやうであるから、これとゴムとを併用すれば相當長期の使用に耐へ得るものと思ふ。

木材パルプは縦弾性係数の値低く且減衰比の値が頗る大きいから顕微鏡等の微動防止には甚だよい。水を相當浸み込ませてでも大した影響がない。

高梁板は縦弾性係数の値低く減衰比はコルクの程度である。

砂は乾いたときも湿つたときも共に微振動防止には殆ど役立たない。ピット及びアスファルトも同様である。

本実験装置は100振動/sのみであるから振動数に依て縦弾性係数 E の値及び減衰比 Ψ の値が如何に変わるか不明である。又これらの値が應力及び振動の線速度の大きさに依て異なるものと推定出来るが本報告の範囲は未だその点に触れてゐない。続いてこれらの点に関する実験に移る予定である。

本実験は本年4月乃至8月の間に行はれ、特に石田一君の御援助を受けたことをここに感謝する。

縦溝を有する管の撓に就て (第2報)⁽¹⁾

(昭和12年11月13日應用力学講演會に於て講演)

正 員 津 村 利 光⁽²⁾

摘 要

断面が管状をなし且その一側に軸線に並行な極く狭い溝がある管を片持梁として使用するとき断面内に起る最大應力の値を計算したのは第1報として既に報告してゐるが、本報告は3本の引拔鋼管の試験片を使用し実験に依てこれを確めた結果である。断面内に起る應力の値は荷重の位置に依て甚だしく異なるが、その應力が最小値になる荷重の位置をも表示してゐる。

1. 剪 断 應 力

ここに縦溝を有する管とは管の一側に軸に並行に縦溝を切削したものであつて、その断面は第1図 I, II, III, IV に図示の如くである。図では溝の巾が甚だ狭いが第1報⁽³⁾には溝の巾が廣い場合に就ても一般式が載つてゐる。

本実験で取扱つた試験片の断

面の形は総て第1図 I, II, III, IV 所載のやうな極く狭い巾の縦溝の場合のみである。

(1) The Deflection of a Pipe with a Longitudinal Slit (the 2nd Report). (2) Tosimitu TUMURA, Member. The Tōkyō Prefectural Technical School of Chemistry, 東京府立化学工業学校。

(3) 著者、機械学会論文集、35, 183, (昭7-7), 701~708.

第1図 II の如く片持梁断面の重心、即ち円の中心に荷重を加へたときに梁は捩れる。故に荷重そのものより来る剪断應力 Y_{ZF} と梁が捩れることより来る剪断應力 Y_{ZT} とが断面に働くことになる⁽³⁾。而して Y_{ZF} 及び Y_{ZT} はともに第

2図 I の如く縦溝の反対側に最大値を持ち且この点では同方向に應力が働く。今管の外半径を R , 厚さを t , t/R を t_0 , ポアソン比を σ とおくと、

$$\left. \begin{aligned} Y_{ZF} &= \frac{c+d\sigma}{1+\sigma} \frac{W}{t_0 R^2}, \quad t_0 \leq 0.33, \\ c &= 0.633 + 0.826 t_0, \quad d = 0.633 + 0.610 t_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_{ZT} = (1.07 - 0.20t)W/t_0^2 R^2, \quad t_0 \leq 0.33 \quad \dots\dots\dots(2)$$

これらの式で判かるやうに Y_{ZF} の値は t_0 に逆比例するに
対し Y_{ZT} の値は t_0^2 に逆比例するから半径に対し管の厚さ
が小さくなればなるほど Y_{ZT} の値が Y_{ZF} の値に対し大き
くなる。第1表はこれ
らの應力及びその他の
値であつてこれを図示
したのが第3図であ
る。第1表で一見して
解る様に管の厚さがそ
の半径に比して小さい
ときには甚だしく大き
い應力が働く。

荷重の位置に依て梁

は何れの方にも捩れ t_0 の項中 +0 とは管の厚さ外が半径に対して極めて小さいときである。

るわけであるが、第1

図 I の如く
荷重を断面中
心に対し縦溝
と反対側にお
きその中心と
荷重の中心と

の距離を適當に選べば、片
持梁としての管は捩れな
い。この長さが l で表され
第1表に載つてゐる。かく
捩れない位置に荷重を加へ
ると管断面内に働く應力の
内 Y_{ZT} の項が無くなつて
 Y_{ZF} の項のみになる。故に
荷重を加へる位置に依て梁
断面内に桁違ひの應力が働
くことが判る。例へば管の

厚さを外半径で割つた高 t_0 が 0.1 のときその断面中心に荷重
を加へると、荷重そのものより来る梁断面内の最大應力 Y_{FZ}
の 15.7 倍の剪断應力が断面に働く。又 $t_0 = 0.05$ のときには
 Y_{ZF} の 32.5 倍の剪断應力が働く。

以上に対し第1図 III 又は IV の如く断面の形をとる
と梁断面内に働く剪断應力の最大値は $X_{Z(\pi/2)\max}$ で管は捩れ
ない。この値は Y_{ZF} に対しても小さい値をとるから縦溝を
有する管を梁とする場合には是非とも第1図 III は又 IV
の如き位置とその縦溝を置く必要がある。故に材料強弱以外
の他の理由に依て第1図 II の如く荷重を加へるときにはそ
の捩りによる應力を考へに入れないと、強さの觀念は殆ど正
鵠を得ない。尙第1図 III 及び VI の荷重の加へ方を比
較してみる。普通これら何れの場合も同一強さとされてゐる
が、それは弾性限界内或は梁の一部が挫屈かゞまりを生じな
いとき迄の話である。管断面の内縦溝を有する側は他の側よ
りも挫屈に対し弱いのであるから、縦溝を引張應力側に即ち
第1図 III の如く荷重を加へるを利益とする。恐らく第1
昭和13年5月]

図 III と IV との破壊する荷重の大きさの比は 3~4 の程度
であらう。

第1表の最後の欄に記載の f は梁断面に起る垂直應力で
あつて、梁の設計資料としてこの値がよく用ひられる。即ち

片持梁の長さを L ,
その先端に加はる荷
重を W , 管外半径を
 R , 管内半径を r と
おくと、

$$f = \frac{WL}{\pi(R^4 - r^4)/4R} \quad \dots\dots\dots(3)$$

である。 $t_0 = t/R$ の
値が 0.1 のときに就

て例をとると、垂直
應力 f の値と剪断應
力 $X_{Z(\pi/2)\max}$ の値と
は梁の長さ L が R
に等しいとき、即ち
 $L/R = 1$ のときには
大体似たやうな値と
なつてゐる。然るに
第1図 II の如く
荷重を加へたときに
起る剪断應力 τ は、

$\tau = (105 + 7.12)W/R^2$
であつて、このとき
の最大垂直應力は
 $f = 3.70WL/R^3$ であ
る。故に剪断強さが
無直應力の強さの大
体 0.8 倍であること

を考慮に入れて、梁の設計に τ 又は f の何れを資料とせね
ばならぬかとの分岐点としての梁の長さを求めると、

$$3.70 \times 0.8 \times L/R = 105 + 7.12, \\ \therefore L/R = 37.9 \quad \dots\dots\dots(4)$$

即ち梁の長さ L が管外半径 R の 37.9 倍より長ければ、垂
直應力 f に依て梁の強さを求めるべく、又これよりも短い
ときには剪断應力の値に依て設計しなければならぬ。以上は管
の厚さが外半径の 0.1 倍のときである。管が薄くなるにつれ
て剪断應力の値は更に大きくなり、 $t_0 = 0.05$ のときには、

$$L/R = (424 + 13.44) \div (6.87 \times 0.8) = 79.5.$$

即ち梁の長さが管外半径の 80 倍迄は剪断應力の方が垂直應
力よりも大きい影響を梁にあたへる。

2. 実験方法

試験片は引抜鋼管3本であつて、熱処理に依て標準化をせ
ず購入のまゝより縦溝を旋盤で切削した。そのため試験片の
内1本(直径 51.1 mm)は縦溝切削後多少形が崩れたやう
に思へた。縦溝の巾は計算の仮定に用ひてゐる如く 0 にする

$t_0 = t/R$	$\frac{Y_{ZF}}{W/R^2}$	$\frac{Y_{ZT}}{W/R^2}$	$\frac{Y_{ZF} + Y_{ZT}}{Y_{ZF}}$	l/R	$\frac{X_{Z(\pi/2)\max}}{W/R^2}$	$\frac{X_{Z(\pi/2)\max}}{Y_{ZF}}$	$\frac{f}{W/R^2 \cdot L/R}$
+0	0.633/ t_0	1.07/ t_0^2	1+1.69/ t_0	2.00	1/ πt_0	0.503	1/ πt_0
0.05	13.44	424	32.5	1.94	6.66	0.496	6.87
0.075	9.22	188	21.3	1.91	4.55	0.493	4.75
0.10	7.12	105	15.7	1.88	3.49	0.490	3.70
0.15	5.00	46.2	10.2	1.82	2.43	0.486	2.66
0.20	3.94	25.8	7.5	1.76	1.92	0.486	2.16
0.25	3.31	16.3	5.9	1.70	1.61	0.487	1.86
0.30	2.89	11.2	4.9	1.64	1.41	0.488	1.68
0.35	2.69	8.2	4.2	1.58	1.32	0.490	1.55

第 2 図

第 3 図

第 4 図 試験片

第 5 図 荷重の加へ方

第2表 直径 51.1 mm 引抜鋼管の実験結果

厚さ $t=2.35$ mm, $t_0=t/R=0.092$, 計算による値 $l=1.89R=48.3$ mm, 縦溝の巾 3.0 mm, 標点距離 199 mm.

荷 重 kg	荷重の位置 mm	望遠鏡の読 みの差 mm	実験 l_1 mm	計算との誤差 %
1.224	-25.9	0.3	51	+5.6
"	+25.9	0.1		
3.224	-25.9	0.9	51	+5.6
"	+25.9	0.3		
5.174	-25.9	1.5	45	-6.8
"	+25.9	0.4		
2.224	-199	2.4	48	-0.6
"	-26.3	0.7		
"	+26.3	0.2		
"	+198	-1.4		
3.224	-199	3.5	49	+1.5
"	-26.3	1.1		
"	+26.3	0.3		
"	+198	-2.1		

以上の誤差の平均 1.1%, 荷重の位置の項中の正の長さとは管の中心から縦溝の反対側に測った距離

ことは不可能なのであつて大体 3 mm の巾であつた。第4図は試験片の大体寸法である。

第5図は荷重の加へ方を示してゐる。図に示すが如く管の左右に棒を突き出しその先端に荷重を加へた。そしてその棒の長さは第1表記載の梁が振れない荷重の位置までの長さでなく全然別個のものである。梁が振れない位置を第1表に依て求め、この位置に荷重を加へて梁の振れの有無を実験で求めることは不便を感じるからである。しかるに第5図記入の l を上記の第1表記載の l に一致させないときには、振れの角が大きき随つて測定誤差が少くなる。而して梁は弾性体と考へてゐるのであるから、この測定結果から容易に振れない荷重の位置を見出し得る。かくの如く実験で振れない荷重の位置を求め、これと計算による値とを比較したのである。

実験方法は至極簡単であつて試験片の一端を万力に依て取付ける。試験片には適當距離を置いて2鏡を取付けてこれを夫々物指し及び望遠鏡に対応さす。この場合標点距離は必ずしも重要な事でなく、只荷重の大きさ及び位置が種々によつてもその間標点から不変ならばよい。望遠鏡と物指しとの距離は約 1000 mm で物指しは直線状で 1 mm 目盛であつた。

3. 実験結果

前節記載の方法に依て得た結果が第2~4表である。

縦溝を有する管を振るときの モーメント T は次の式で表される⁽⁴⁾。

$$T = \mu \tau t^2 \left\{ 0.3285 + 0.02655(t/R)^2 \right. \\ \left. - (0.1972 + 0.0600(t/R)^2) \right\} \dots\dots (5) \\ F \geq 2t^2, \quad t \leq 0.865R$$

但し F は管の断面積, μ は横弾性係数, τ は振れの角である。本実験の場合に於て F は t^2 に対して甚だしく大きいからその振りモーメントは断面積に比例すると考へても差支

第3表 直径 31.8 mm 引抜鋼管の実験結果

厚さ $t=1.55$ mm, $t_0=t/R=0.098$, 計算による値 $l=1.88R=29.9$ mm, 縦溝の巾 $b=3.0$ mm, 標点距離 150 mm

荷 重 kg	荷重の位置 mm	望遠鏡の読 みの差 mm	実験 l_1 mm	計算との誤差 %
1.224	-16.2	2.0	30	+0.3
"	+16.2	0.6		
2.224	-16.2	3.6	29	-3.0
"	+16.2	1.0		
3.224	-16.2	5.3	31	+3.4
"	+16.2	1.7		

以上の誤差の平均 0.2%

第4表 直径 25.7 mm 引抜鋼管の実験結果

厚さ $t=1.60$ mm, $t_0=t/R=0.125$, 計算による値 $l=1.85R=23.9$ mm, 縦溝の巾 $b=3.0$ mm, 標点距離 101 mm

荷 重 kg	荷重の位置 mm	望遠鏡の読 みの差 mm	実験 l_1 mm	計算との誤差 %
1.224	-13.2	1.7	24	+0.4
"	+13.2	0.5		
2.224	-13.2	3.3	22	-7.9
"	+13.2	0.8		
3.224	-13.2	4.6	24	+0.4
"	+13.2	1.3		

以上の誤差の平均 2.4%

へがない。故に本実験の試験片で得た振れない荷重の位置と中心との距離 l_1 を上述の理由に依て補正すると l_2 を得、次式で求められる。

$$l_2 = l_1 2\pi R / (2\pi R - b) = l_1 (1 + b/2\pi R).$$

但し R は管の外半径, b は縦溝の巾である。しかるにこの他に断面の重心が円の中心と一致しなくなるのであつて、その縦溝と反対側にずれる距離 λ は t が小さいときには、

$$\lambda = \frac{2}{3} \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \frac{\sin \alpha}{\alpha} = b/2\pi.$$

但し R は管の外半径, r は内半径, 2α は縦溝管をなす中心角でこの場合計算による値は $\alpha = \pi$ であり、実験の試験片では $\alpha = \pi - b/2R$ である。この値を代入し且 t が R に対して小さいとの条件を入れて略算を行ふと上式の如くなる。尙この他荷重そのものによる剪断応力分布、即ち撓の函数及びその附属の項より来る剪断応力分布も変化し、そのため荷重を偏心さす l の値が小さくなる。以上の3影響に依て $\alpha = \pi$ のときに計算で得た値がそのまま本試験片に対する l の値と思つて差支へがなからう。

これらの結果をみると直径 51.1 mm の引抜鋼管では 1.1%, 直径 31.8 mm では 0.2%, 直径 25.7 mm では 2.4% の誤差を生じてゐる。この原因は前述の縦溝の巾を度外視したことと望遠鏡の読みの差が少いことによる。

第1図 III の如き位置に管の断面をおき荷重を管断面の中心に加へた場合も実験した。その望遠鏡の読みの差は 0.1 mm 又は 0 であつて、荷重の大きさの如何に拘らず振れないことを確めた。

(4) 津村利光、機械学会論文、34, 173, (昭 6-9), 1279.

4. 結 言

題目所載の如く管に縦溝を有する管がそのまゝの形で梁として用ひられることは少い。けれどもこの断面に類似のものが梁として用ひられることが多い。例へば船体の如きも材料強弱の考へからは大体題目所載の如き断面である。又工業上甚だ廣く用ひられてゐる山形鋼も同種類の梁と思つて差支へがない。

かゝる形を断面とする片持梁では断面に働く垂直應力よりも剪断感力の方が梁の破壊に大きい影響をあたへる事が多い。

縦溝を有する管を片持梁として用ひる場合の内、断面の周をなす円の中心に荷重を加へると管の厚さが、外半径の 0.1 倍のとき片持梁の長さが管の外半径の 40 倍になる迄は、垂直應力よりも剪断應力の方を設計の基礎としなければならぬ。梁の長さがこれ以上になると垂直應力を設計の基礎とする。厚さが管の外半径の 1/20 のときにはかゝる限界の長さは管の外半径の 80 倍である。

これに対し荷重の加へる位置を第 1 図 I に記載する如き位置におくと (I の値は第 1 表にある) 梁断面に働く剪断應力の値を著しく小さくすることが出来る。

鑄鉄の繰返引張圧縮應力に対する強さ⁽¹⁾

(昭和 13 年 1 月 27 日 第 83 回関西支部講演會に於て講演)

正 員 西 原 利 夫⁽²⁾ 員 正 櫻 井 忠 一⁽³⁾

摘 要

High 式疲労試験機により鑄鉄の種々の平均應力に対する耐久力を求め、これより耐久限度線図を決定した。その結果鑄鉄の繰返圧縮應力に対する耐久限度の値は甚だ大きく 0.44% C 炭素鋼の約 70% にも及び従て耐久限度線図も圧縮平均應力側に於ては鋼のそれとは全く異なつた形状を示した。

1. 緒 言

機械部分の設計にあたり通常許容應力なる数値を用ひるがこれを引張、圧縮、曲げ、捩り等の各外力に対し便宜上 I, II, III の三つの場合に分類してゐる。即ち、

I. 應力の値が一定又は変化が非常に緩慢な場合

II. 應力の値が零と正又は負の最大値との間を繰返し変化する場合

III. 應力の値が正の最大値と負の最大値との間を繰返し変化する場合

これらの中 II 及び III は應力が時間的に変化するから、かゝる應力を受ける材料は時間の経過につれて疲労を生じ、或る有限の繰返数の後遂に疲労破壊を起すことがある。然しながら著者の経験によれば一般の鉄鋼材料に於ては、繰返應力の値を或る極限以下に低下すると無限に繰返数を増しても疲労破壊を起さない様になるものである。この意味における極限應力を名づけて耐久限度と言ふ。

今仮りに繰返應力が第 1 図に示す如く正弦的に変化するものとし、その最大値を $\sigma_{\max}$ 、最小値を $\sigma_{\min}$ 、その和の半分を平均應力 σ_m 、差の半分を應力振幅 σ_a とすれば、

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2, \quad \sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

で表され、耐久限度の値は一般に平均應力の大きさに依て異なり、上記の II 及び III は特別な場合で、

II $\sigma_{\min} = 0$ 又は $\sigma_{\max} = 0$, $\sigma_m = \sigma_a = \sigma_{\max}/2$ 又は $\sigma_{\min}/2$

III $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$, $\sigma_m = 0$, $\sigma_a = \sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$

なる関係を満足するのであるが、吾人の實際に出會ふ繰返應力はもつと一般的な場合が多く、従て II 及び III の値のみを以てしては正確なる設計はなし得ないので、種々の平均應力に対する耐久力を求めておくことが肝要である。依てあらゆる平均應力に対して安全な、使用應力範囲を一の線図に表しこれを耐久限度線図と言ふ。次に本論に入る前に一應耐久限度線図を如何にして作成するかに就て説明しよう。

2. 耐久限度線図

耐久限度線図の書き方には種々の方法があるが、独逸に於て用ひられてゐるものは第 2 図の如くである。即ち横軸に平均應力 σ_m を、縦軸にこれに対応せる最大應力 $\sigma_{\max}$ 及び最小應力 $\sigma_{\min}$ の各値をとつて耐久限度に相當する限界線 $U_1' A_1 U_1 C_1$ 及び $U_2' A_2 U_2 C_2$ を引く。然るときは $\sigma_m = 0$ における横軸からの距離 OA_1 及び OA_2 は夫々應力が、正負同一値を繰返すときの耐久限度、即ち所謂両振耐久限度 σ_w を示し、又 $\sigma_m = \sigma_a$ になつたときの高さ $U_1 U_2$ 及び $U_1' U_2'$ は夫々應力が零と正、又は負の最大値との間を繰返すときの耐久限度即ち所謂片振耐久限度 σ_u 及び σ_{-u} を與へる。次に O を通り兩軸と

第 1 図 應力の時間的变化

(1) Endurance Limit of Cast Iron for Repeated Tension and Compression. (2) Toshio NISHIHARA, Member. The Kyoto Imperial University. 京都帝国大学。 (3) Tadakazu SAKURAI, Member. The Kyoto Imperial University. 京都帝国大学。