

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-47

鑄鉄円板の回転破壊における
コリオリの力の影響

佐藤和郎・永井文雄

1963年7月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 報 告

- | | | | |
|-------|---|-------------|---------------------------|
| TR-12 | 薄肉開断面梁の自由振動について
On the Natural Vibration of Thin-Walled Beams of Open Cross Section | 1961 年 5 月 | 川井忠彦, 塙 武敏 |
| TR-13 | 衝撃波と境界層の干渉についての
実験的研究
Experimental Results of the Interaction between Shock Wave and Turbulent Boundary Layer | 1961 年 7 月 | 須郷道也, 伝田幸雄 |
| TR-14 | 電磁流体の圧縮性境界層
On Compressible Boundary Layer in Magnetodynamics | 1961 年 7 月 | 須郷道也, 小沢五郎 |
| TR-15 | 振動翼用圧力ピックアップの試作・校正
Miniature Pressure Pickups for Measuring the Pressure on Oscillating Airfoils in Supersonic Flow | 1961 年 8 月 | 石井孝雄, 柳沢三憲 |
| TR-16 | 放物型偏微分方程式の混合境界値問題
の差分法による数値解法
On the Difference Method Solutions of the Mixed Boundary Value Problems of Parabolic Partial Differential Equations | 1961 年 11 月 | 樋口一雄, 三好 甫 |
| TR-17 | 荷電ビームによる気流密度測定の理論的考察
A Theoretical Comment on the Charge-Beam Method of Measuring Gas Density | 1961 年 12 月 | 和田 勇, 細川 巖
三好 甫 |
| TR-18 | 前置静翼々列と喰違い角の大きい減速翼列の
二次元低速翼列性能と回転翼列性能との比較
Comparison of Inlet Guide Vane and High Stagger Compressor Blade Performance in a Rotor and in Cascade | 1961 年 11 月 | 松木正勝 |
| TR-19 | 高速翼車の回転強度
Strength of High-Speed Rotor | 1961 年 12 月 | 佐藤和郎, 永井文雄 |
| TR-20 | Blasius 型微分方程式の両側無限遠
境界値問題の数値解法
A Numerical Method for Solving Blasius' Type Differential Equation | 1962 年 1 月 | 樋口一雄, 戸川隼人 |
| TR-21 | 遷音速における二次元操縦面の研究 (I)
An Investigation of Two-dimensional Control Surface at Transonic Speed (I) | 1962 年 1 月 | 神谷信彦 |
| TR-22 | 変断面梁の曲げ自由振動について
On the Free Lateral Vibration of a Beam with Variable Cross Section | 1962 年 2 月 | 川井忠彦, 戸川隼人
林 洋一 |
| TR-23 | いくつかの型の偏微分方程式の境界値問題の
モンテカルロ法による解法とその実験
Monte Carlo Solutions of the Boundary Value Problems for Some Types of Partial Differential Equations | 1962 年 2 月 | 樋口一雄, 高橋利之
鳥海良三 |
| TR-24 | 航空技術研究所のターボ・ジェットエンジン
要素試験設備
Test Facilities of Turbo-jet Engine Components at N. A. L. | 1962 年 2 月 | 航空技術研究所原動機部 |
| TR-25 | 航空技術研究所 2 m×2 m 遷音速風洞の
計画と構造
Desing and Construction of the National Aeronautical Laboratory 2 m×2 m Transonic Wind Tunnel | 1962 年 3 月 | 航空技術研究所 |
| TR-26 | 吹出式超音速風洞のノズルの予備実験
Preliminary Tests of Supersonic Nozzles for the Supersonic Blowdown Wind Tunnel | 1962 年 3 月 | 河崎俊夫, 岡部祐二郎
尾形吉和, 安藤 尚 |
| TR-27 | 非定常遷音速流の近似解析
An Approximate Analysis for Unsteady Transonic Flow | 1962 年 7 月 | 細川 巖, 三好 甫 |
| TR-9T | Studies on the Small Disturbance Theory of Transonic Flow (I)
—Nonlinear Correction Theory— | July 1962 | Iwao Hosokawa |
| TR-28 | 疲労亀裂について
On Fatigue Cracks | 1962 年 8 月 | 竹中幸彦 |
| TR-29 | 1 m×1 m 吹出式超音速風洞の計画と構造
On the Design and Construction of the 1 m×1 m Supersonic Blow-down Wind Tunnel | 1962 年 10 月 | 空気力学第二部 |

鑄鉄円板の回転破壊におけるコリオリの力の影響*

佐藤和郎**・永井文雄**

Influence of Coriolis' Force on the Burst of Rotating Disc of Cast Iron

By Yasuo SATO and Fumio NAGAI

Abstract

In this paper, the bursting of rotating disc of cast iron is discussed by the snapshot when the disc burst, and ascertained the following facts:—

1. At first the disc burst on a diametral section under centrifugal force, then it breaks into some pieces under bending.
2. On account of Coriolis' force, the break of the disc under bending is not a symmetry as to the diametral section where the disc burst at first, as shown in Fig. 3, Fig. 8 (a) and (b).
3. However, the influence of Coriolis' force can be neglected as long as the ratio γ_1 of inner to outer diameter of the disc is comparatively small, and the break of the disc becomes about a symmetry as shown in Fig. 8 (c) and (d).

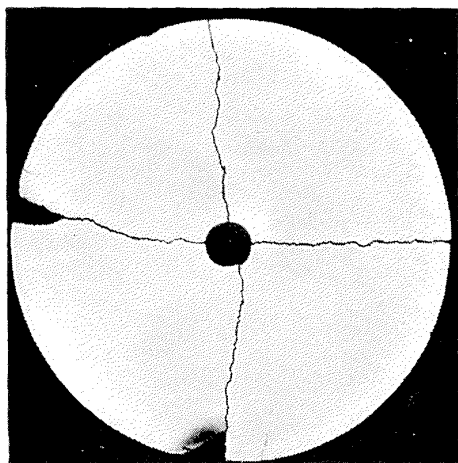
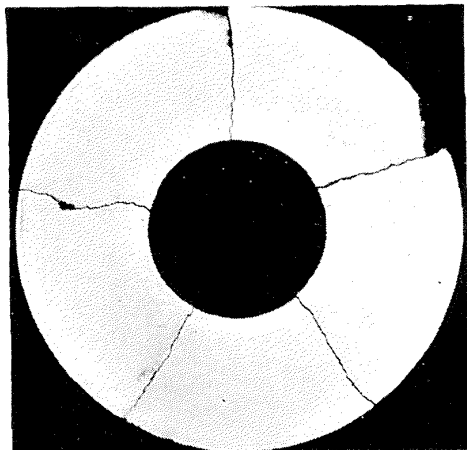
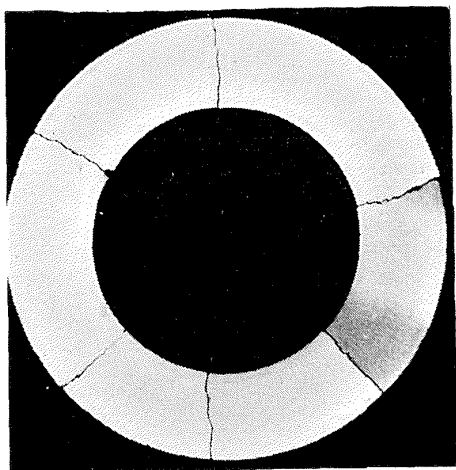
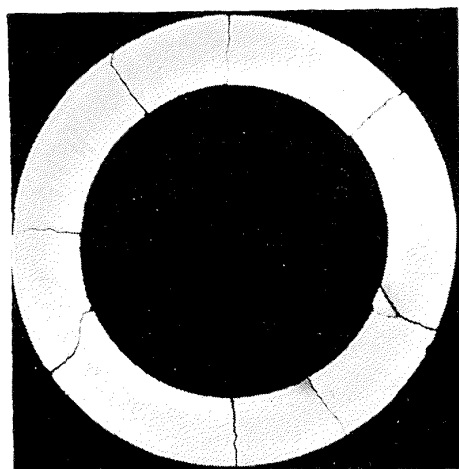
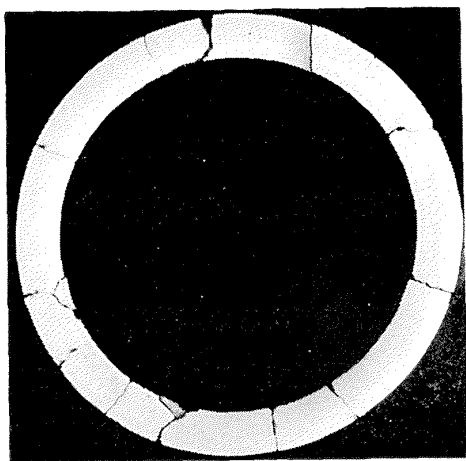
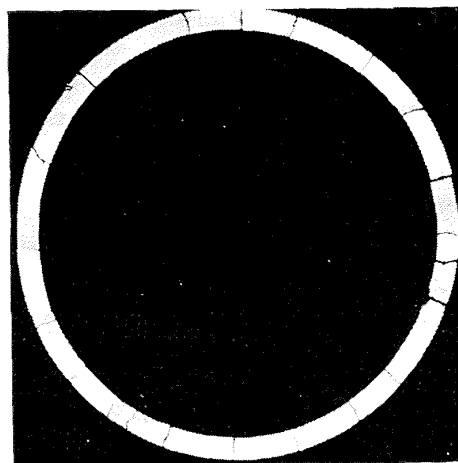
緒言

鑄鉄のような脆性材料からなる回転円板が破壊するときの円板の周速度と内外径比の関係についてはすでに報告¹⁾をした。その報告の中に、円板の破壊は第1図に示すようにほぼ等間隔に起こっていて、しかも、破片の数は内外径比 γ_1 が大きい円板ほどその数は増していることも述べておいた。

鑄鉄の破壊は静的な引張り、曲げまたは捩りのもとでは1カ所で起こるのが普通である。回転円板にかかる荷重は遠心力であって、これは荷重の種類としては静荷重である。したがって、鑄鉄円板が遠心力で破壊するときには破面は1カ所であると考えられる。しかし、実際には破壊はそのように起こらないで、第1図に示したように起こっている。この報告は、鑄鉄円板が破壊するときの状態を瞬間写真に撮り、円板の破壊の仕方について考察を行なったものである。

* 昭和38年7月8日受付

** 原動機部

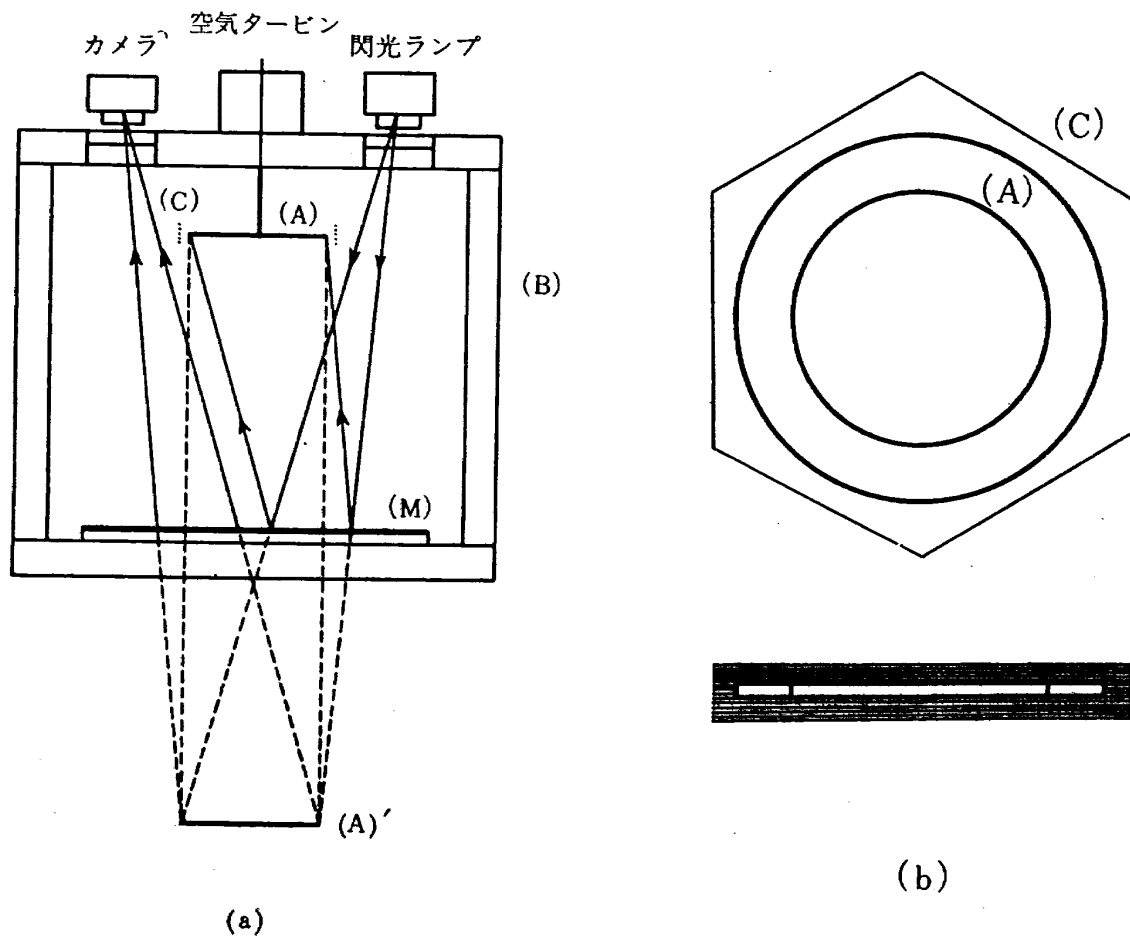
 $\gamma_1 = 0.1$  $\gamma_1 = 0.4$  $\gamma_1 = 0.6$  $\gamma_1 = 0.7$  $\gamma_1 = 0.8$  $\gamma_1 = 0.9$

第 1 図

瞬間写真の撮り方

円板の駆動方法については、すでに、鋳鉄円板の回転強度を報告したときに述べておいたので、ここでは瞬間写真の撮り方について述べる。

第2図 (a) は瞬間写真を撮る装置の概要を示したものである。図において (A) は試験用円板であり、(B) はスピントスターの鋼槽である。円板は鋼槽の上蓋にある空気タービンで駆動されるが、このとき鋼槽の中は真空になっている。試験用円板の周りには細い銅線 (0.05 mm ϕ) で作ったコイル (C) が (b) 図に示すような位置に配置されており、また、鋼槽の底には平面鏡 (M) がおいてある。さらに、鋼槽の上蓋にある観測用の二つのガラス窓には、それぞれ閃光ランプとカメラが図に示すように配置してある。コイル (C) と閃光ランプとの間は電気回路が形成されていて、電気回路が切れれば閃光ランプが閃光するようにしてある。したがって、このような装置では、円板が破壊して破片がコイルを切れば閃光ランプが閃光するので、そのときの円板の状態が平面鏡にうつり、カメラはそれを撮影することができる。しかし、平面鏡に写った円板の虚像 (A') をカメラが撮影する仕方が問題である。ここでは、外からの光が鋼槽の中に入らないように、カメラも閃



第 2 図

光ランプもその外側を暗幕でおおい、カメラのレンズは開け放しの状態にして実験を行なった。このようにしておけば、円板が破壊して閃光ランプが閃光すれば、カメラはそのときの円板の状態を自動的に撮影しているので、あとはカメラのレンズに蓋をして現象すればよい。

実験に使用した閃光ランプの閃光時間は 10^{-6} sec であって、これが撮影するときの露出時間である。したがって、平面鏡も明るいものを使用すると同時にフィルムも感光度のよいものを使用する必要がある。ここでは、平面鏡は研磨したガラス板にクロムを蒸着したものを使用し、フィルムは NEOPAN-SS を使用した。円板が破壊するときの周速度は円板の内外径比によって異なるが、実験に使用した鋳鉄円板では $200 \text{ m/sec} \sim 300 \text{ m/sec}$ であるので、 10^{-6} sec の間には円板は外周で $0.2 \text{ mm} \sim 0.3 \text{ mm}$ 移動する。しかし、この程度の移動ならば、円板の外径が $100 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$ のものを使用するかぎり撮影した像は実際にはぼけることなく、鮮明なものが得られるものと思われる。

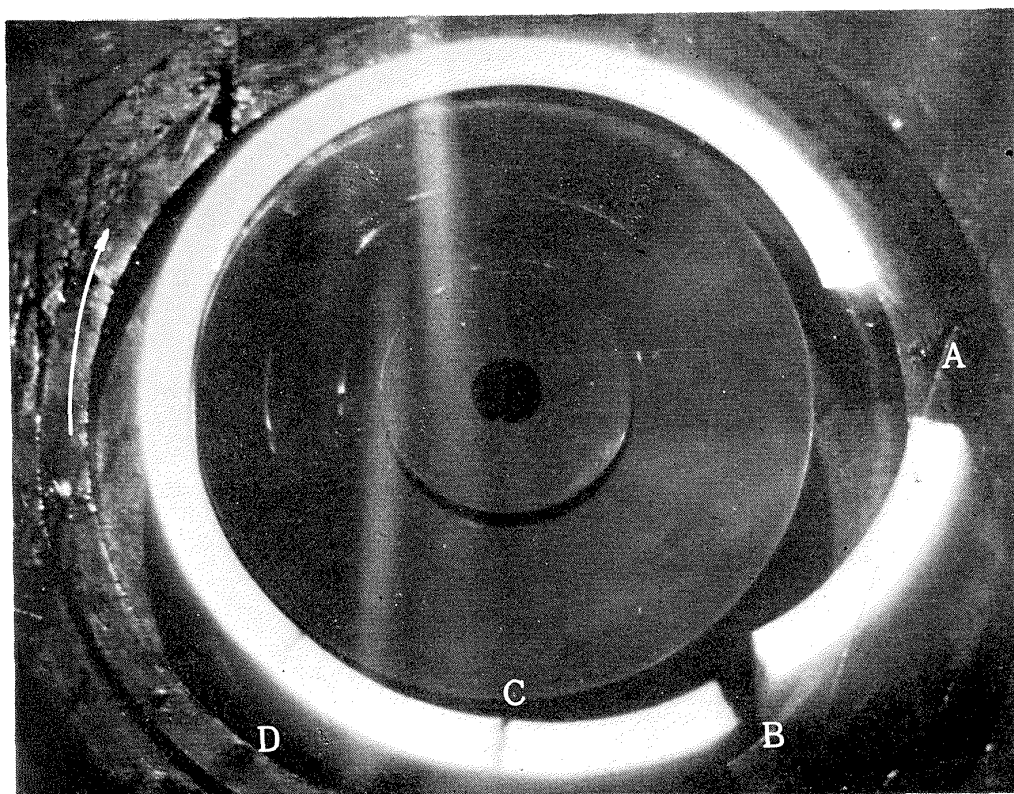
実験では、破壊した円板の像をよいコントラストで撮影するために、平面鏡に面した円板の表面には、あらかじめ白色ペンキを塗っておくことにした。また、この実験方法はきわめて簡単なものであるが、円板が破壊した一瞬の状態しか観察できないという不便もある。しかし、一瞬の状態ではあるが、コイル (C) と円板 (A) との相対的な距離を加減するだけで、円板が遠心力で破壊した直後の状態も、また、それから時間的に少しおくれた状態も容易に撮影することができるという便利さもある。

実験と考察

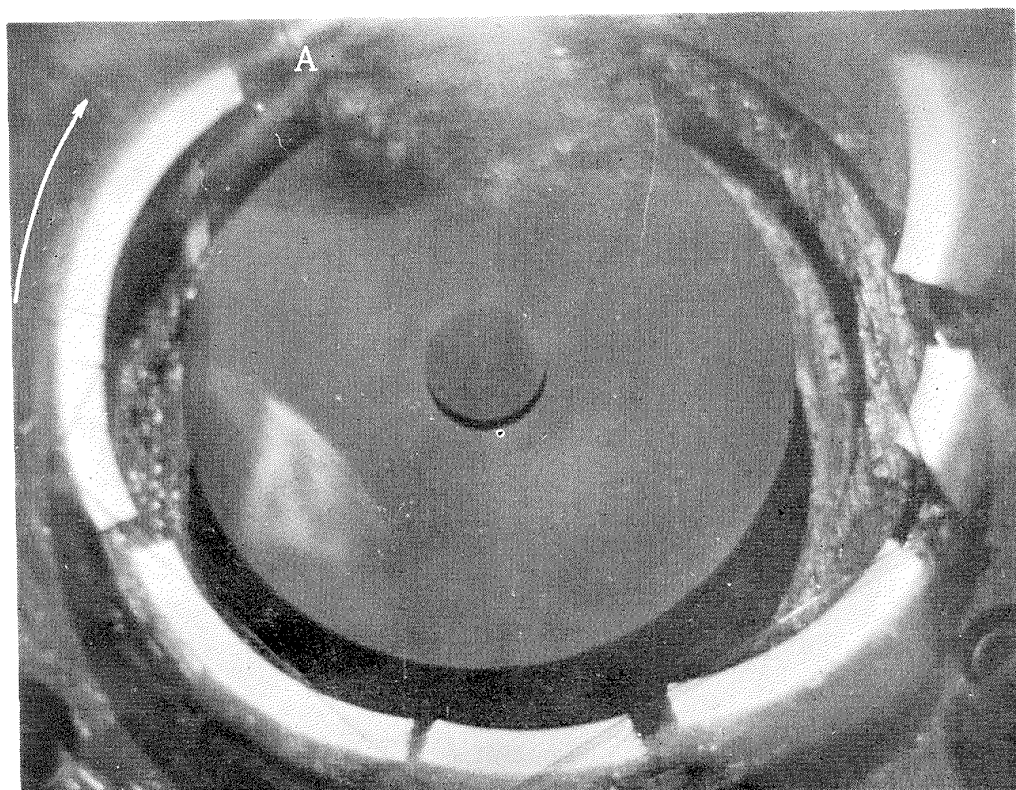
第3図は内外径比 $r_1 = 0.857$ (内径 120 mm , 外径 140 mm), 厚さ 2 mm の鋳鉄円板が回転数 $32,800 \text{ rpm}$ で破壊したときの状態を撮影したものである。[円板の回転方向は時計の針の進む方向である。円板には A, B, C, D の4カ所にほぼ等間隔に破壊が起こっている。これらの破壊はその起こり方からみて、A が最初に生じ、その直後回転方向に B, C, D の順に伝播したことは明らかである。しかし破壊 A の左の部分、いいかえれば回転と逆の方向には破壊は認められない。]

第4図は円板の内外径比 $r_1 = 0.882$ (内径 150 mm , 外径 170 mm) についてのものである。これは第3図に示したものよりも時間的に少しおくれた破壊の状態を示したものである。破壊は最初 A で生じたことは明らかであるが、この場合には回転方向にも回転と逆の方向にも破壊が起こっている。しかし、回転方向と回転と逆の方向の破壊の間隔について観察してみると、回転方向に生じているものの方が回転と逆の方向に生じているものよりも短くなっていて、破壊は回転方向と回転と逆の方向とでは非対称になっている。

第3図および第4図に示した円板では、その内外径比が割りに大きいので、回転中における円板の応力状態は円周方向への均等引張りであるとみることができる。円板の円周応力は円板が破壊す



第 3 図

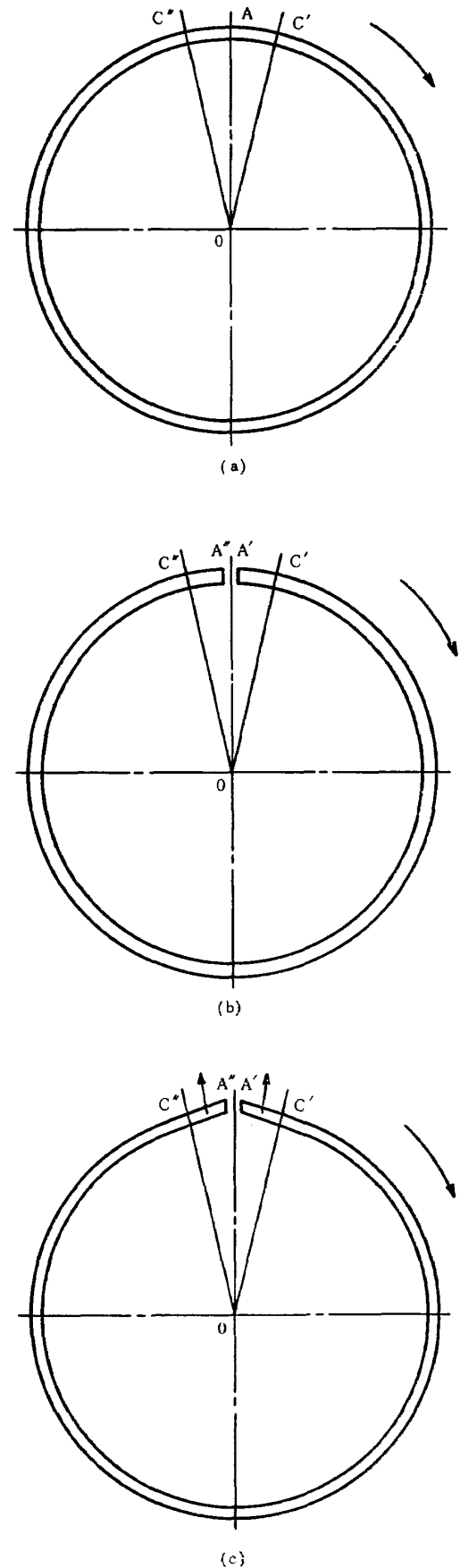


第 4 図

るまでは遠心力と平衡を保っていることから、第3図および第4図に示し円板のA点における破壊は遠心力で起こったものであり、そのほかのものは円板の破壊がAで生じた影響をうけて発生した

ものと思われる。

円板がAで破壊をすれば、その点における円周応力は弾性的に減って急に零になるので、Aから回転方向にも回転と逆の方向にも弾性的な圧縮波が伝播して、円周方向へ縮みを生ずるとともに、遠心力によって曲げモーメントがかかっていくはずである。たとえば、第5図において円板がA点で破壊して圧縮波が断面C'およびC''に達したときには、部分 $\widehat{AC'}$ と $\widehat{AC''}$ は(b)図に示すように縮んで $\widehat{A'C''}$ と $\widehat{A''C'}$ となると共に、これらの部分は遠心力によって半径方向に拡がって(c)図に示すようになる。このとき部分 $\widehat{A'C'}$ と $\widehat{A''C''}$ の遠心力によって断面C'とC''には曲げモーメントが作用している。材料の強度が曲げモーメントに耐えられなければ断面C'とC''で破壊が起こる。破壊が断面C'とC''で起これば、それらの断面の状態は円板が最初に遠心力で破壊したときの断面A'とA''と同じであるので、上で述べたことが再び繰り返されて、また、曲げによる破壊が生ずることになる。もしA以外の破壊がこのような曲げモーメントで起こったものならば、破壊は弾性波の進行速度で伝播し、しかも、回転方向と回転と逆の方向とでは対称の位置に起こることになる。また、破壊は曲げによるものであるから、破片の数は内外径比が大きい円板ほどその数は増すことになる。実験結果では、曲げによる破壊はきわめて短時間に伝播しており、破片の数も第1図に示すように、内外径比 η_1 が大きい円板ほど増している。しかし、破壊の仕方は回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こっていない。このことは曲げによる円板の破壊は、回転方向と回転と逆の方向とでは異なることを示すものであって、それにはそれだけの理由があるものと思われるので、引き続き次の節で検討をすすめることにする。



第 5 図

再び実験に対する考察

第5図に示すような内外径比が大きい鋳鉄円板が回転しているときの応力状態は、円周方向への均等引張りとなみなされる。いまこの円板が時計方向に周速度 v_0 で回転しているときにA点で破壊したものととしてその直後の状態を考えてみよう。

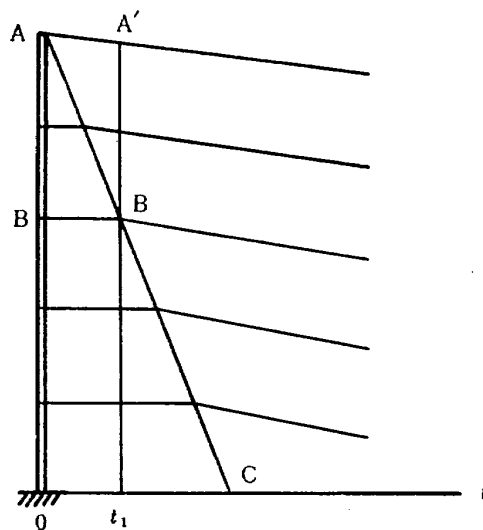
破壊時における円周応力を σ_0 とすれば、周速度 v_0 との関係は

$$\sigma_0 = \rho v_0^2 \quad (1)$$

ただし、 ρ は材料の密度

A点で破壊が起これば、Aから回転方向にも回転と逆の方向にも弾性波が進行して円周応力は零になるので、円周方向に縮んで (b) 図に示すようになると同時に、回転による遠心力のために (c) 図に示すように半径方向に拡がる。

円周方向に縮む状態は、単位の断面をもった一様な棒の一端を固定して他端を σ_0 で引張っておいて、急にはなしたときに棒の中に起こる縮みの状態と同様である。第6図は棒をはなしたときを時間 t の原点として棒が縮んでいく状態を示したものである。棒をはなせば圧縮波がAから図のAC



第 6 図

のように棒の固定点0に向って進行し、棒は先端から弾性的に縮みはじめる。時刻 t_1 における状態は弾性波が棒のB点に達した状態である。このとき棒はAとBの間では応力は零になっており、長さは初め AB であったものが A'B に縮んでいるが、弾性波が到着していない B と 0の間では応力はまだ σ_0 であって長さの変化はしていない。図において、直線 AA' の傾きが棒が縮む速度である。

棒は単位長さについて σ_0/E だけ縮み、

弾性波の進行速度を a_0 とすれば、単位長さを進行する時間は $1/a_0$ である。したがって、棒が

縮む速度を v とすれば

$$v = \frac{\sigma_0}{E} a_0$$

ただし、 E は材料のヤング率

また弾性波の進行速度は

$$a_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

であるから

$$v = \frac{\sigma_0}{\rho} \frac{1}{a_0} \quad (2)$$

第5図における円板が A 点で破壊して円周方向に縮む速度も同様に (2) で与えられる。(2) と (1) から

$$\frac{v}{v_0} = \frac{v_0}{a_0} \quad (3)$$

いま、円板が破壊して、第5図 (b) 図に示すように弾性波が回転方向には C' に、回転と逆の方向には C'' に達したものとする。このとき $\widehat{A'C'}$ の部分は回転と同じ方向に縮み、 $\widehat{A''C''}$ の部分は回転と逆の方向に縮む。したがって、 $\widehat{A'C'}$ の部分は周速度が $v_0 + v$ となり、 $\widehat{A''C''}$ の部分は $v_0 - v$ となる。このことは $\widehat{A'C'}$ の遠心力が断面 C' に及ぼす曲げモーメントは $\widehat{A''C''}$ の遠心力が断面 C'' に及ぼす曲げモーメントよりも大きいということである。問題は回転方向と回転と逆の方向における曲げモーメントの大きさの違いであるが、これは (3) で与えられる v/v_0 によって決まることである。実験に用いた鋳鉄では

$$\sigma_0 = 30 \text{ kg/mm}^2,$$

$$\rho = 7.3 \text{ gr/cm}^3,$$

$$E = 1.2 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

であるので、 $v_0 \div 200 \text{ m/sec}$, $a_0 = 4050 \text{ m/sec}$ となる。したがって

$$v/v_0 \div 5 \%.$$

$v/v_0 \div 5 \%$ ということは縮み速度の影響で回転方向における周速度は回転と逆の方向におけるものよりも約 10 % 大きいということである。また、このことは回転方向における曲げモーメントの方が回転と逆の方向におけるものよりも約 20 % 大きいということである。このことは、たしかに鋳鉄円板の曲げによる破壊が回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらい原因である。しかし、実際に起こっている破壊は、回転方向と回転と逆の方向とでは余りにも顕著な違いがあるので、これをここで述べた曲げモーメントの違いだけで説明できるものとは思われない。

円板が A で破壊して弾性波が断面 C' , C'' に達したときには、部分 $\widehat{A'C'}$ と $\widehat{A''C''}$ は遠心力に

よって半径方向に変形して (c) 図に示すようになる。部分 $\widehat{A'C'}$ と $\widehat{A''C''}$ が半径方向に変形すれば、これらの部分では回転に対する慣性質量が増すので、角速度は減じようとする。しかし、実際は隣の部分が減ぜさせまいとして、断面 C' および C'' をかいして力を及ぼして加速しているはずである。その力の及ぼし方は、断面 C' では右隣の部分が $\widehat{A'C'}$ を引張り、断面 C'' では左隣の部分が $\widehat{A''C''}$ を押している。このために、回転方向の断面 C' には引張り応力が働き、回転と逆の方向の断面 C'' には圧縮応力が働くことになる。曲げによる破壊は、圧縮応力が働いている断面よりも引張り応力が働いている断面の方が起こり易いので、たとえ断面 C' で破壊が起こっても C'' ではまだ起こらない。

以上は円板の曲げによる破壊が回転方向と回転と逆の方向とでは、対称に起こらない原因として二つの影響があることを述べた。その一つは円周方向への縮み速度の影響であり、もう一つは半径方向への拡がりによる影響である。このことは曲げによって起こる最初の破壊についてだけいえることではない。たとえば、第5図の断面 C' で曲げによる破壊が起こったとすれば、その断面の状態は円板が A で破壊したときの断面 A' と同じである。したがって、つぎに起こる破壊の位置は弾性波が C' からさらに回転方向に $\widehat{A'C'}$ だけ進んだところである。このことは回転と逆の方向についても同様であるが、回転方向と異なることは破壊が生ずる間隔が長くなることである。

コリオリの力

前節では、円板が破壊して円周方向に縮めばこれが遠心力に影響をし、半径方向に拡がればこれが円周応力に影響すること、また、これらの影響の仕方は回転方向と回転と逆の方向では違うことから、円板の曲げによる破壊が対称に起こらないことを説明した。この場合の変形と応力との関係は、円板と共に回転する座標に対して相対速度があれば、それと直角の方向に力が作用するというものであって、この力はいわゆるコリオリの力である。したがって、曲げによる円板の破壊が回転方向と回転と逆の方向では、対称に起こらないのはコリオリの力の影響であるといえることができる。

コリオリの力に関しては力学の教科書に示されているので、ここではその結果を内外径比が大きい円板 ($\gamma_1 \doteq 1.0$) の破壊に適用した結果を述べることにする。いま不動の座標 (x, y) と円板と共に回転する。座標 (ξ, η) を第7図 (a) に示すようにとり、円板は不動の座標に対して角速度 ω で時計方向に回転しているものとする。破壊が起こらなければ、円周応力は遠心力と平衡をたもっている。しかし、(b) 図に示すように A の位置で破壊が起これば、半径方向に拡がると同時に、円周方向に縮むので、図の I および II の部分には次に示すようなコリオリの力が作用する。

$$F_{\xi} = -2m\omega \frac{d\eta}{dt} \quad (4)$$

$$F_{\eta} = 2m\omega \frac{d\xi}{dt} \quad (5)$$

ここに、 m は I および II の部分の質量

F_{ξ} は円周方向に作用するコリオリの力、

F_{η} は半径方向に作用するコリクリの力、であって、遠心力と同じ方向、

$d\eta/dt$ は半径方向に拡がる速度、

$d\xi/dt$ は円周方向に縮む速度、

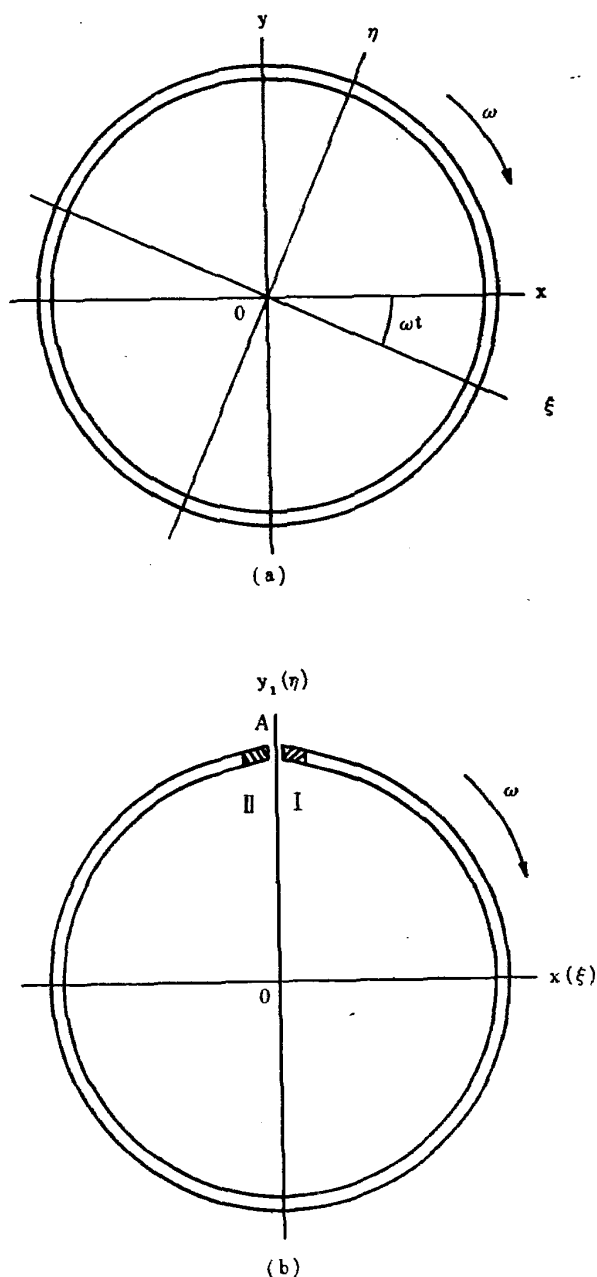
I および II の部分における $d\eta/dt$ の符号はともに正であり、 $d\xi/dt$ の符号は I の部分では正、II の部分では負である。したがって、I および II の部分における F_{ξ} 、 F_{η} の符号は次の表のようになる。

部 分	F_{ξ}	F_{η}
I	—	+
II	—	—

I および II の部分における F_{ξ} は負であるので、I の部分には引張り応力、II の部分には圧縮応力が円周応力として働くことになる。また F_{η} の符号が I では正、II では負であるので、I では遠心力が増し、II では遠心力が減って、回転方向における曲げモーメントは回転と逆の方向におけるものよりも大きくなる。これらのことは、円板の曲げによる破壊が回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらないということであって、前の節で得られた結果と全く一致していることである。

円周方向の縮み速度 $d\xi/dt$ についてはすでに述べたように (3) で与えられ、また、実験に用いた材料では縮み速度の影響のために曲げモーメントは回転方向では回転と逆の方向よりも約20%増すことも述べた。このことは理想的な円輪（円板の内外径比 $\gamma_1=1.0$ ）でなくても、内外径比が割りに大きい円板ならば近似的に成り立つことである。

半径方向に拡がる速度 $d\eta/dt$ については正確



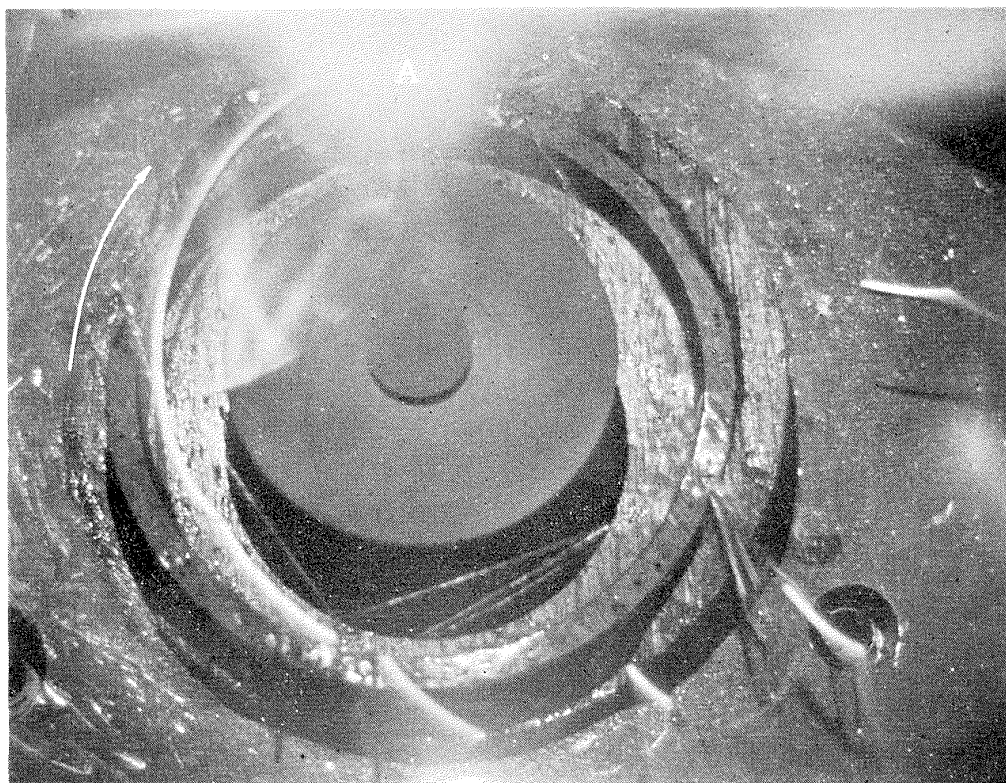
第 7 図

に分らないので、コリオリの力 F_c の値を定量的に知ることはできない。しかし、梁の曲げによる撓みは断面二次モーメントに逆比例することからみて、半径方向に広がる速度は内外径比 r_1 が1に近い円板では大きい。が r_1 が小さくなると急に小さくなるものと思われる。このことは、コリオリの力 F_c の値は円輪に近い円板では大きい、内外径比が小さくなると省略できる程度に小さくなるであろうということである。

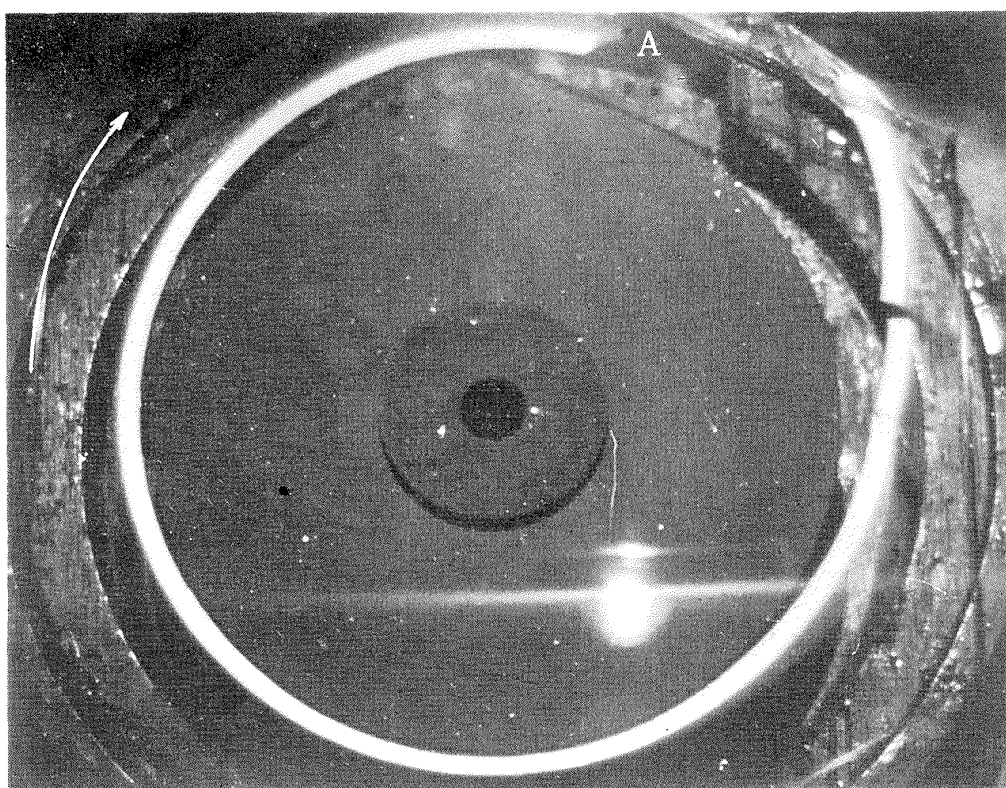
以上述べたことは要するに、コリオリの力が曲げによる円板の破壊に及ぼす影響についてのことである。これを要約すると内外径比 r_1 が1に近い円板では回転方向と回転と逆の方向における破壊は極端に非対称に起こるが、 r_1 が小さい円板ではほとんど対称に起こるであろうということである。

第8図は内外径比 r_1 を変えた円板について、破壊したときの状態を撮影した瞬間写真である。いずれも円板の回転方向は時計方向であり、A点における破壊は遠心力で最初に起こったものであって、その他のものは曲げによって起こったものである。写真(a)および(b)は $r_1=0.996$ および $r_1=0.935$ の円板についてのものであって、いずれも曲げによる破壊は回転方向にのみ起こっていて、回転と逆の方向には起こっていない。特に(a)においては、回転方向に破壊した破片が飛散している状態がよく分る。写真(c)と(d)はそれぞれ $r_1=0.667$, $r_1=0.50$ の円板が遠心力で破壊した直後のものであるが、これらの円板では回転方向にも回転と逆の方向にも曲げによる破壊が起こっている。また、これらの場合には破片の長さは、回転方向におけるものの方が回転と逆の方向におけるものよりもわずかに短くなっているが、曲げによる破壊はほとんど対称に起こっているとみることができる。

これらの実験結果は、コリオリの力が円板の曲げによる破壊に及ぼす影響について上で推察したことと一致していることである。なお、第9図板内外径比 $r_1=0.82$ (内径 165mm, 外径 200mm) の円板の内周に深さ 5mm のV型ノッチを付けた円板が破壊したときの瞬間写真を示したものである。この場合には曲げによる破壊は回転方向にも回転と逆の方向にも起こっていて、しかもそれが対称の位置に起こっている。これはノッチを付ければ、ノッチのない円板よりも破壊回転数が低下するために、コリオリの力は小さくなったためである。この実験もコリオリの力が円板の破壊に及ぼす影響について上で推察した結果を肯定させる実験の一つである。

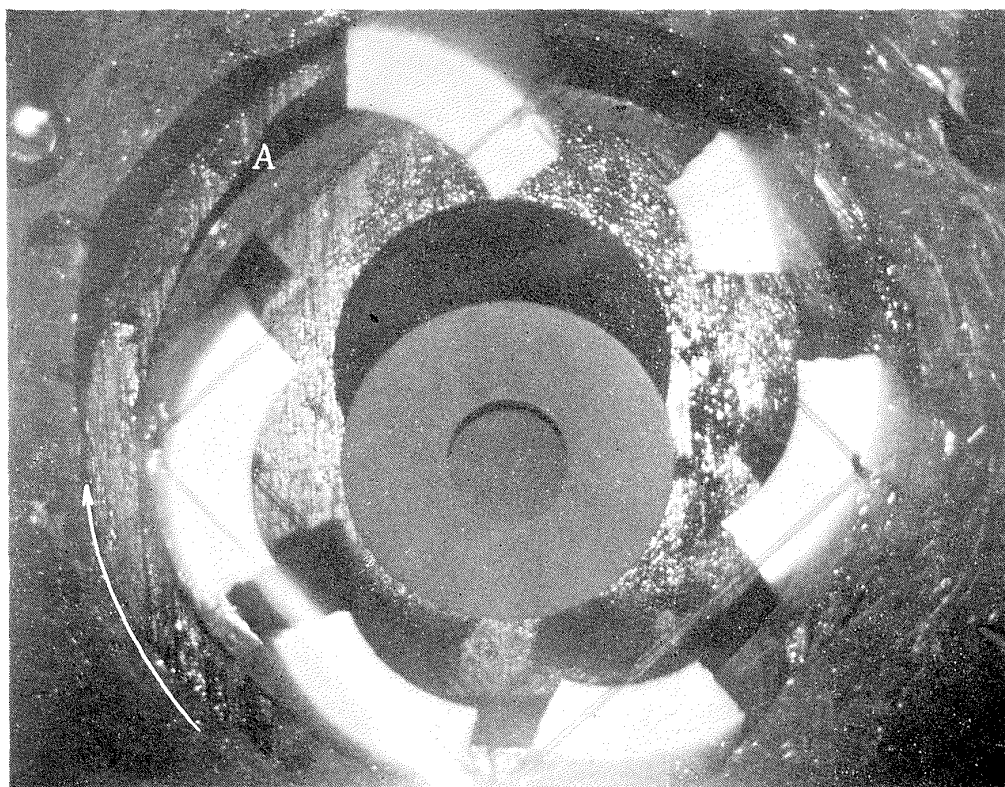


(a)

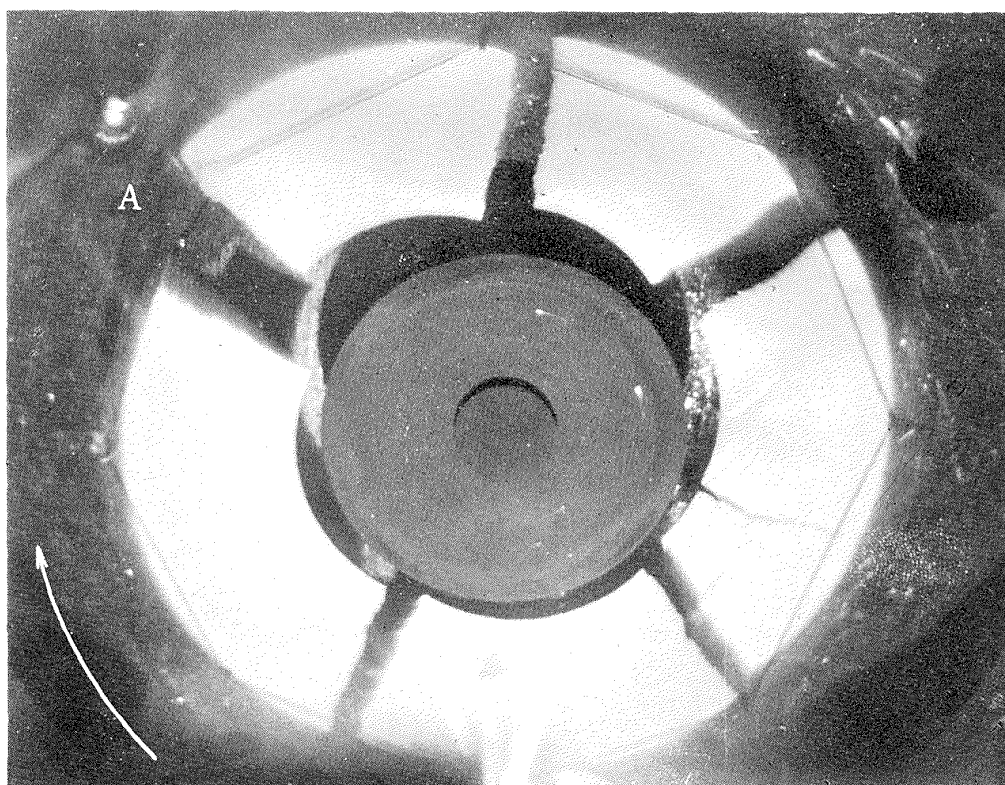


(b)

第 8 図

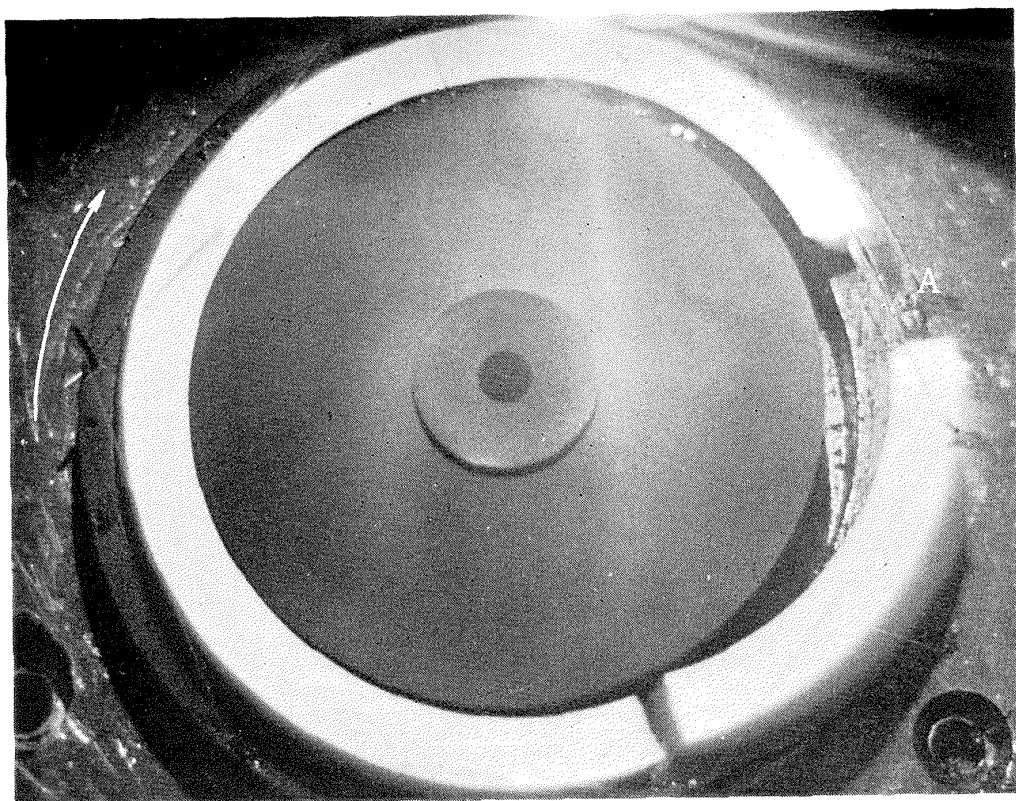


(c)

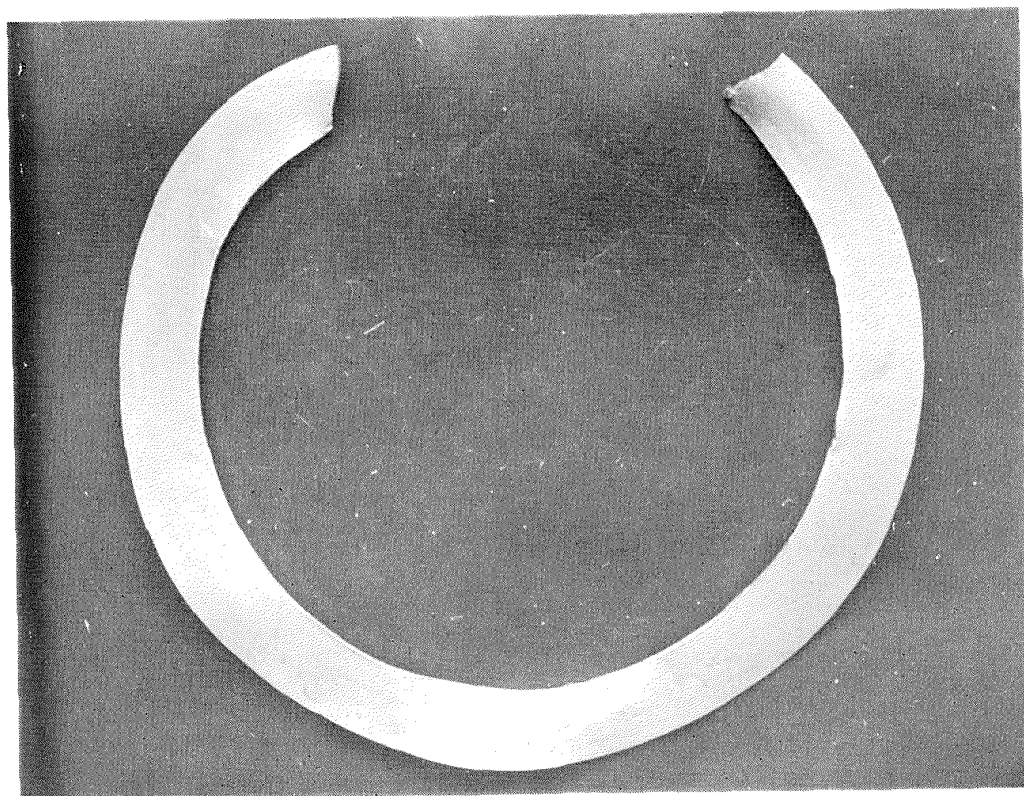


(d)

第 8 図



第 9 図



第 10 図

結 論

今まで鑄鉄円板の回転による破壊について、実験ならびに考察を行ってきたが、その結果を述べれば次のようになる。

1. 円板の破壊は最初に遠心力で起こる。
2. つぎに曲げによる破壊が起こるが、これは弾性波が進行する速度と同じ速度で伝播する。
3. しかし、曲げによる破壊はコリオリの力の影響をうけるので、回転方向と回転と逆の方向とは対称に起こらない。

一般にコリオリの力の影響は円板の内外径比 r_1 によって異なっていて、その影響は r_1 の大きい円板ほど大きく、 r_1 の小さい円板ほど小さい。

円板の曲げによる破壊は、荷重速度が弾性波の進行速度と同じであるときの高速荷重のもとにおける破壊である。円板が破壊したときの破片の数は、このような高速荷重のもとにおける変位ならびに破壊の条件が分れば分るはずであるが、今のところそれらのことが分らないので正確に知ることができない。しかし、破壊は曲げによるものであることから内外径比の大きい円板ほど破片の数は増すであろうことは推察できる。

延性材料からなる回転円板が遠心力で破壊したときでも、鑄鉄円板の場合と同様に曲げモーメントもコリオリの力も働くはずである。しかし、延性材料では曲げによる破壊が起こるまでにはかなりの塑性変形を必要とする。したがって、この場合には、普通曲げによる破壊は起こらないで、第10図にみるように曲げによる半径方向への大きな変形のみが認められる。

終りにのぞみ、この研究に終始御指導を賜った中西不二夫先生に深く感謝の意を表する次第である。また、実験を手伝ってくれた実験室の太田泰正君、神保勝久君、渡辺一郎君に厚くお礼を申し上げる次第である。

文 献

- 1) 佐藤和郎，永井文雄，航技研報告 TR-38 (1963)

<p>NAL TR-47 航空宇宙技術研究所 鑄鉄円板の回転強度におけるコリオリの力の影響</p> <p>1963 年 7 月 15 ページ</p> <p>この報告では、鑄鉄のような脆性材料からなる円板の回転による破壊について次ぎのことが述べてある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円板の破壊は最初に遠心力によって1か所の断面で起こり、次いで曲げによる破壊が弾性波の進行速度と同じ速度で円周方向に伝播する。 2. 一般に曲げによる円板の破壊は、最初に遠心力で破壊した断面に関して、回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらない。その理由は曲げによる円板の破壊はコリオリの力の影響をうけるためである。 3. しかし、コリオリの力は内外径比が小さい円板では、これを省略することができるので、この場合の曲げによる破壊は対称に起こる。 	<p>I. 佐藤和郎 永井文雄</p> <p>II. NAL TR-47</p> <p>III. 621.454</p>	<p>NAL TR-47 航空宇宙技術研究所 鑄鉄円板の回転強度におけるコリオリの力の影響</p> <p>1963 年 7 月 15 ページ</p> <p>この報告では、鑄鉄のような脆性材料からなる円板の回転による破壊について次ぎのことが述べてある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円板の破壊は最初に遠心力によって1か所の断面で起こり、次いで曲げによる破壊が弾性波の進行速度と同じ速度で円周方向に伝播する。 2. 一般に曲げによる円板の破壊は、最初に遠心力で破壊した断面に関して、回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらない。その理由は曲げによる円板の破壊はコリオリの力の影響をうけるためである。 3. しかし、コリオリの力は内外径比が小さい円板では、これを省略することができるので、この場合の曲げによる破壊は対称に起こる。 	<p>I. 佐藤和郎 永井文雄</p> <p>II. NAL TR-47</p> <p>III. 621.454</p>
<p>NAL TR-47 航空宇宙技術研究所 鑄鉄円板の回転強度におけるコリオリの力の影響</p> <p>1963 年 7 月 15 ページ</p> <p>この報告では、鑄鉄のような脆性材料からなる円板の回転による破壊について次ぎのことが述べてある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円板の破壊は最初に遠心力によって1か所の断面で起こり、次いで曲げによる破壊が弾性波の進行速度と同じ速度で円周方向に伝播する。 2. 一般に曲げによる円板の破壊は、最初に遠心力で破壊した断面に関して、回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらない。その理由は曲げによる円板の破壊はコリオリの力の影響をうけるためである。 3. しかし、コリオリの力は内外径比が小さい円板では、これを省略することができるので、この場合の曲げによる破壊は対称に起こる。 	<p>I. 佐藤和郎 永井文雄</p> <p>II. NAL TR-47</p> <p>III. 621.454</p>	<p>NAL TR-47 航空宇宙技術研究所 鑄鉄円板の回転強度におけるコリオリの力の影響</p> <p>1963 年 7 月 15 ページ</p> <p>この報告では、鑄鉄のような脆性材料からなる円板の回転による破壊について次ぎのことが述べてある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円板の破壊は最初に遠心力によって1か所の断面で起こり、次いで曲げによる破壊が弾性波の進行速度と同じ速度で円周方向に伝播する。 2. 一般に曲げによる円板の破壊は、最初に遠心力で破壊した断面に関して、回転方向と回転と逆の方向とでは対称に起こらない。その理由は曲げによる円板の破壊はコリオリの力の影響をうけるためである。 3. しかし、コリオリの力は内外径比が小さい円板では、これを省略することができるので、この場合の曲げによる破壊は対称に起こる。 	<p>I. 佐藤和郎 永井文雄</p> <p>II. NAL TR-47</p> <p>III. 621.454</p>

TR-30	平板翼の振動について On the Natural Vibration of Plate-Like Wings	1962 年 10 月	川井忠彦, 塙武敏 戸川隼人, 高橋利之 越出慎一
TR-31	熱応力を受ける薄翼の安定と その微小振り振動について On the Instability and Small Natural Torsional Vibration of a Thin Wing under a Thermal Stress	1962 年 11 月	川井忠彦, 林 洋一 戸川隼人
TR-32	補強板の圧縮強度に関する一解析 A Method of Analysis on the Compressive Strength of Stiffened Plates	1962 年 11 月	川井忠彦, 江川幸一
TR-33	主翼繰返し荷重試験装置 Reported Load Testing Rigs for Full Scale Aircraft Wing Structures	1962 年 12 月	竹内和之, 飯田宗四郎 小野幸一
TR-34	高速軸流圧縮機の研究 (I) —翼型と翼列の検討— An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (I) —The Selection of Compressor Cascade—	1963 年 1 月	松木正勝, 大山耕一 宮地敏雄
TR-35	高速軸流圧縮機の研究 (II) —単段試験装置の設計と全体性能— An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (II) —Design and Over-all Performance of a Single Stage Axial Flow Compressor	1963 年 1 月	松木正勝, 宮地敏雄 大山耕一, 吉田晃 西脇英夫, 岩部柱相
TR-36	衝撃波風洞による表面熱伝達の実験 Studies of Surface Heat Transfer Using a Hypersonic Shock Tunnel	1963 年 1 月	松田 勇, 松崎利一
TR-37	Studies of the Flow in a Low Pressure Hypersonic Shock Tunnel Using an Electron-Beam Densitometer	January 1963	Isamu Wada
TR-38	鋳鉄のような脆性材料からなる円板の 回転強度 Strength of Rotating Discs of Brittle Material like Cast Iron	1963 年 2 月	佐藤和郎, 永井文雄
TR-39	高負荷燃焼器の研究 (第 1 報) —その性能におよぼす各種因子の 影響の定性的考察— A Study of High Intensity Combustor (I) —Its Qualitative Analysis—	1963 年 2 月	大塚貞吉, 鈴木邦男
TR-40	胴体内圧繰返し荷重試験装置について Repeated Load Testing Facility for Full- Scale Aircraft Fuselage Structures	1963 年 2 月	竹内和之, 川島矩郎 野原利雄
TR-41	輻射熱量計の較正 Calibration of Radiometer	1963 年 2 月	竹中幸彦, 江川幸一 小川鉦一
TR-42	未刊行		
TR-43	超音速における操縦面の効きについて On the Effectiveness of Control Surfaces in Supersonic Flow	1963 年 2 月	河崎俊夫
TR-44	高速翼列の実験について (流入角の大きい減速翼列の予備実験) Some Notes about the Effect of Tunnel Configuration and Testing Technique on Compressor Cascade Performance	1963 年 2 月	近藤 博, 蓑田光弘 坂口 一, 山崎紀雄
TR-45	固有値問題の $(\sum \lambda^k A_k) x=0$ の数値解法 A Numerical Method for the Eigenvalue Problem $(\sum \lambda^k A_k) x=0$	1963 年 4 月	戸川隼人
TR-46	翼の固有振動数に関する一解析法 On the Vibration Analysis of Aircraft Wings	1963 年 6 月	川井忠彦, 泉日出夫 戸川隼人, 林 洋一

航空宇宙技術研究所報告 47 号

昭和 38 年 7 月 発行

発 行 所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野 (0422) (3)5171 (代表)

印 刷 所 笠井出版印刷社
東京都港区芝南佐久間町1の53