620.178.322.3-181.2

大形疲れ試験の結果について

(第1報, 試験機の構造と平滑試験片についての試験)*

星野次郎**, 新井淳一***

Some Studies on Fatigue of Large Steel Specimens
(Part 1, Construction of Testing Machine and Results
of Fatigue Test on Smooth Surface Specimens)

by Jiro HOSHINO and Junichi ARAI

The authors have newly designed and manufactured a large rotating bending fatigue testing machine (cantilever type, max. bending moment 7 t-m, standard size of specimen 125 ϕ mm) intending to investigate the fatigue strength of marine propellar shaft.

In this paper the construction of the testing machine is outlined and test results of 125 ϕ mm smooth surface specimens made of 0.2 carbon forged steel and size effect referring to 10 ϕ mm specimens are described.

The following facts have been revealed by these results.

(1). The size effect on fatigue limit of acid open-hearth steel is 8.5%, while that of electric furnace steel 18%.

(2). It should be noted that the fracture of electric furnace steel is shown by some pits in the vicinity of the center.

These pits may be caused by some faults in material, but seem to have no effect on the fatigue strength.

(3). Propagating speed of fatigue crack under constant bending load may be presumed 1.0~1.5 μ /c at the initial stage of crack, and about 10 μ /c at the stage, where the rupture is nearing.

(4). Remarkable temperature rise of specimen is noted only when the working stress exceeds 90% of fatigue limit. Temperature rises to a maximum steady value after 2 or 3 hours, and keeps almost constant till final fracture.

1. 緒 言

船舶の推進器軸系に発生する損傷の中で、船の航行に最も重大な支障を及ぼすものは、推進器軸が推進器ボスはめ込部より折損するものであり、そのために推進器が脱落し、船は全く航行不能に陥る。この種の事故は近年非破壊検査法の発達により小き裂が発生した段階にて発見され、多くの場合推進器を失うまでには至らず修理されているが、この種の事故は多数の船に見られ、その防止対策は造船技術者の重大関心事である。

筆者らの研究の対照は推進器軸のボスはめ込部における疲れ強さがその主たるものであるが、第一着手として、試験材料の平滑試験片についての寸法効果をと

り上げ、次に推進器軸模型試験、海水による腐食疲れ試験、段付部の疲れ試験等を逐次実施している。

従来の大形回転曲げ疲れ試験は、わが国において試験片直径 70 mm⁽¹⁾ 程度までのものが実施されており、これ以下の寸法については既に多くの実験が行われているので、今回の我々の目的としては更にこれより試験片寸法を大にし、直径 125 mm の疲れ試験が可能で 7 t-m の試験機の試作を行った。この試験機を用いて現在まで各種目的のものを合わせ 25 本が終了しており、おのおのの目的の試験において従来の中小形試験では明らかにし得なかった多くの問題が新しく提起され、特に平滑試験については疲れき裂の進行速度と応力の関係が解明の緒についており、応力条件を選択して破面に所望の貝がら模様をえがかせることができる段階まで来ている。今回の報告においては、我々の試作した試験機の構造、要目ならびに本試験機による大形平滑試験片の疲れ試験結果および寸法効果等に

* 昭和 34 年 4 月 1 日 第 36 期通常総会講演会において講演、原稿受付 昭和 34 年 4 月 1 日。

** 正員、日本海事協会技術研究所 (三鷹市新川 700)。

*** 准員、日本海事協会技術研究所。

ついて報告する。

2. 試験機の構造

2・1 試験機の構造 第 1 図は試作した大形疲れ試験機の構造を示す。形式としては 2 点支持の片持はり構造を採用し、駆動側軸受箱には 2 個の複列球面ころ軸受が装備され、試験片の両端は 1/12.5 のテーパにてフランジに 30~40 t の圧力の下に油圧ジャッキで押はめされ、駆動軸および荷重軸のフランジとボルトにより結合されている。荷重軸の端部に 1 個の複列球面ころ軸受を有し、その軸受箱は荷重架構の中で上下にシウ動し得るように作られ、手動ジャッキ、荷重計を経て下向きに荷重を受け、荷重は同箇に抵抗線ひずみ計をはった荷重計により計測される。試験機は定常時 30HP 誘導電動機 (960 rpm) によって駆動され、始動時のターニングおよび試験片にき裂が発生して試験機の振動が大となった場合には併設された低速用電動機 (7.5HP 8 段変速) を用い、両者は V ベルトを掛けかえることにより変換される。

2・2 試験機の要目

形式 2 点支持片持はり式

標準試験片直径 125 mm

標準試験荷重 2~5 t

回転数 1 250 rpm 42~560 8 段階

2・3 試験機の特徴 最近数箇所にて新設された大形疲れ試験機はすべて小野式と同様な 4 点荷重の均一曲げモーメント形式のものである。しかし本試験機

第 1 図 試験機組立図

は片持はり構造を採用している。これは試験本来の目的が片持はりである船舶の推進器軸の模型試験であることが、その第一の理由であるが、それ以外に片持はり構造の利点として次の点を考えた。

a. 試験機の横振動自然振動数が使用回転数に比し著しく高いため、あらゆる運転状態においても共振を起すおそれがない。

b. 駆動側軸受箱は基礎に固定され、荷重系にはばねがないので、試験軸系の剛性が大であり、軸心の狂い、その他による強制振動の振幅は小さく、したがって使用回転数を高くして運転を行うことができる。

c. 荷重方式が簡単であるので荷重精度を高くすることができ、かつ振動が少いので試験荷重の動的変化を 1% 以下にすることができる。

d. 構造が簡単であるため試験機の製作費が低廉であり、すえ付面積も非常に小さい。

等である。一方片持はり構造の欠点としては、曲げモーメントが均一でないため試験片にテーパをつける必要があり、テーパをつけても曲げ応力は均一とならず、せん断力によるせん断応力が試験片に作用する等があげられる。しかしながら曲げ応力分布の不均一は、後述のような試験片形状とすれば 1% 以下にすることができ、またせん断応力も試験片寸法が 125 mm の場合曲げ応力の 1.5% 以下であり、ほとんど支障とならない。

3. 試験材料および試験片寸法

3・1 試験材料 試験材料は推進器軸の実物とできるだけ近いものとし、第 2 図に示すように 0.20 C

第 2 図 鋼塊、鍛造および荒削り寸法

第1表 材料番号および機械的性質

材料番号	個 数	鋼塊の種類	試 験 片 採取位置	引張試験成績 (JIS 4 号試験片)				曲げ試験成績 19.0×25.0 180°	
				降 伏 点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 び %	絞 り %	内側半径 mm	結 果
A 813 ^{3/5} 1~2	2	50 t 酸性平炉	頂 部	25.5	46.8	33.0	55.0	6R	良
A 821 ^{3/6} 4/6	4, 4	"	"	24.0	47.0	37.2	58.1	6R	良
A 821 ^{5/6} 6/6	4, 2	"	"	24.5	46.4	36.8	63.2	6R	良
B 1009 ^{5/7} 1~1	1	6 t 電気炉	底 部	30.0	47.7	39.8	63.7	6R	良
B 1009 ^{5/7} 2~2	1	"	中 央 部	31.6	49.0	36.4	60.7	6R	良
B 1009 ^{6/7} 1~1	1	"	底 部	29.6	49.5	35.5	57.4	6R	良
B 1009 ^{6/7} 2~2	1	"	中 央 部	29.3	48.6	39.8	61.5	6R	良
B 1009 ^{7/7}	1	"	頂 部	30.0	47.7	39.8	63.7	6R	良
B 1151 ^{3/8} 1~2	2	6 t 電気炉	底 部	31.5	51.6	34.9	57.2	9.5R	良
B 1151 ^{3/8} 3~4	2	"	頂 部	33.0	51.6	36.0	60.4	9.5R	良
B 1151 ^{4/8} 1~2	2	"	底 部	31.0	50.0	36.4	60.3	6R	良
B 1151 ^{4/8} 3~4	2	"	頂 部	31.5	49.8	31.8	60.3	6R	良
B 1151 ^{5/8} 1~2	2	"	底 部	31.6	50.5	36.4	56.0	9.5R	良
B 1151 ^{5/8} 3~4	2	"	頂 部	32.0	51.3	36.5	59.2	9.5R	良
B 1151 ^{6/8} 1~2	2	"	底 部	33.5	51.0	37.5	62.7	9.5R	良
B 1151 ^{6/8} 3	1	"	中 央 部	30.0	52.0	32.5	52.0	9.5R	良

第2表 材料の化学成分および熱処理状態

材料番号	分析の種類	C%	Si %	Mn %	P%	S%	熱処理状態
A 813	とりべ分析	0.21	0.24	0.44	0.026	0.037	850°C 4h. 緩急冷
A 821	とりべ分析	0.21	0.23	0.45	0.024	0.031	850°C
A 821	チェック分析	0.22	0.23	0.42	0.028	0.034	4.5h 緩急冷
B 1009	とりべ分析	0.21	0.27	0.56	0.023	0.019	840°C
B 1009 ^{6/7} 1~1	チェック分析	0.20	0.26	0.59	0.023	0.015	3.5h 炉冷
B 1151	とりべ分析	0.20	0.26	0.55	0.027	0.016	850
B 1151 ^{4/8} 1~2	チェック分析	0.22	0.28	0.59	0.031	0.015	~860°C 5h 炉冷

の炭素鋼を 1.4 t 角形鋼塊に鋳込み、これより 4 個の試験片を採取し、直径 154 mm の試験部分の鍛造比が実物軸と同様 6~7 となるようにした。

試験材料は納入時機の関係より、4 種の溶鋼とした。すなわち A 821 材 14 本と A 813 材 2 本は 50 t 酸性平炉鋼材を、また B 1009 材 5 本と B 1151 材 15 本は 6 t 電気炉鋼材を使用した。これらの化学成分はほぼ等しくなっている。

なお、これらの試験材料の機械的性質を調べる材料試験片は、第 2 図に示す荒仕上寸法に仕上げて焼なましした素材の試験部外周で鍛造方向に沿い、A 材は鋼塊 1 個につき 1 組を鋼塊の頂部に相当する部分より、また B 材については鍛造素材の両端部より各 1 組を採取した。第 1 表は材料の種類、試験片の個数および機械的性質を、また第 2 表は試験材料の化学成分および熱処理条件を表示した。

次に材料の試験部直径 154 mm の断面における不純物の分布状況を第 3 図 (a) (b) (c) のごときサルファプリントで調べた。同図の (a) は A 821 材、(b) は B 1009 材、(c) は B 1151 材のもので、いずれも鋼塊鋳込みの際の偏析層が鋳型の形状に残存

し、(a) では 70 mm 角にめいりょうに、(b) では 110 mm 角に非常に薄く、(c) では 40 mm 角にややめいりょうに現われている。また試験部外周の鍛延方向の顕微鏡組織を第 4 図に示す。(a) は A 821 材、(b) は B 1009 材、(c) は B 1151 材である。(a) は標準的な組織であり、パーライトの分布も均一で、不純物は硫化物系のものが主体である。(b) はパーライト分布が層状をなし、オーステナイト粒度が大きいものと考えられ、不純物には酸化物系が多い。また (c) も (b) と同様にパーライト分布が層状を呈し、酸化物系の不純物が多く焼なまし温度が高いためパーライトはやや球状化している。

3・2 試験片の形状 平滑試験片についての疲れ試験は、A 821 材、B 1009 材、B 1151 材につき各 5 本ずつ行い、試験番号は A が 3 より 7、B が 1 より 10 としている。試験片の寸法は第 5 図 (a) (b) (c) (d) の 4 種を用いた。(a) の形状は段付部の応力集中がやや大であるので、(b) では 2 段のテーパとし、更に (c) では (b) の形状で荷重側フランジはめ込部にき裂を生じたものがあつたので直径を約 5 mm 小さくした。また (d) は最初に用いたもので (a) よりも更に直径が 5 mm 大きいものである。

3・3 小形試験片の採取位置および形状 大形試験の結果より寸法効果を求めるため、試験の終わった大形試験片の荷重側フランジはめ込部より第 6 図に示す形状の小形試験片を採取し、試験番号を図のように定めて、片持はり式試験機を用いて疲れ試験を行った。

3・4 試験片表面の仕上状況 試験片の表面仕上は、大形試験片についてはテーパ部を研磨仕上、すみ肉部はヘールバイト仕上後紙やすりでみがき、表面あ

(a) A 821 材

(b) B 1009 材

(c) B 1151 材

第 3 図

(a) A 821 材

(b) B 1009 材

(c) B 1151 材

第 4 図

第 3 表 試 験 結 果

試験番号	材 料 番 号	試験片の形状 (第 5 図)	繰返し応力 kg/mm ²	繰返し数 ×10 ⁶	試験片温度 °C	大端段付部形状係数			破 断 位 置	備 考
						σ_1	σ_0	τ		
A 3	A-821-4/6	d	19.0	15.5	—	—	—	—	破断せず	
A 4	A-821-6/6	a	21.1	1.1	68.0	1.12	—	—	テーパ部	小形試験片採取
A 5	A-821-4/6	a	20.2	13.8	30.0	1.12	—	—	テーパ部	
A 6	A-821-3/6	a	20.6	3.7	55.0	1.12	1.11	1.07	大端すみ肉部	
A 7	A-821-4/6	a	21.5	0.60	50.0	1.09	—	—	大端すみ肉部	A 3 外周 3mm を削除して用う
B 1	B-1009-5/7-1	a	23.3	2.95	32.0	1.11	—	1.02	テーパ部	
B 2	B-1009-6/7-2	a	22.6	6.25	31.5	1.07	1.05	1.02	はめ込部にき裂	
B 3	B-1009-7/7	a	24.4	0.41	45.0	1.07	1.05	1.02	テーパ部	
B 4	B-1009-5/7-2	b	22.6	8.96	40.0	1.09	1.06	1.01	はめ込部にき裂	小形試験片採取
B 5	B-1009-6/7-1	b	22.8	12.40	48.5	1.09	1.05	0.98	はめ込部にき裂	
B 6	B-1151-3/8-3	b	23.7	1.04	47.0	1.07	1.04	0.98	テーパ部	
B 7	B-1151-4/8-3	b	23.1	11.53	56.0	1.06	1.04	0.98	はめ込部に破断	小形試験片採取
B 8	B-1151-5/8-1	b	23.5	2.90	60.0	1.09	1.05	0.98	はめ込部にき裂	
B 9	B-1151-6/8-2	c	24.5	0.87	95.0	1.05	1.01	0.97	テーパ部	
B10	B-1151-4/8-1	c	24.0	1.18	76.0	1.09	1.04	0.99	大端すみ肉部

第 8 図 試験片の応力分布

片の応力は、運転を行うに先立ち 90° 2 方向標点距離 11 mm の抵抗線ひずみ計を試験片にはりつけて計測を行った。軸方向および円周方向のひずみより、試験片の軸方向および円周方向の主応力 σ_1 , σ_2 , せん断ひずみ勢力説の極限応力 $\sigma_0 = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} - \sigma_1\sigma_2$, 最大せん断応力 $\tau = (\sigma_1 - \sigma_2)/2$ 等を求めて、第 8 図 (a) (b) に図示した。

軸方向主応力 σ_1 はひずみ計の精度の範囲 ($\pm 2\%$) の誤差はあるが、だいたい計算値と一致している。しかしながら文献⁽²⁾にも示されるように段付すみ肉部には円周方向主応力が存在し、そのため形状係数は σ_1 , σ_0 , τ のそれぞれについて異なった値を示す。第 3 表には形状係数として段付すみ肉部の最大応力と試験部の最大応力の比を表示した。同表より σ_1 についての

形状係数が最大で σ_0 がそれに次ぎ、 τ が最も小さくなっている。

もっともこれらの値は抵抗線ひずみ計の精度より考えて、それほど精密なものとは思われないが、測定にはなるべくゲージファクタがそろそろよう同一シートのものを使用した。

第 3 表から明らかなように第 5 図 (a) の試験片形状のものが形状係数も大で、(b) と (c) は 5 % 程度小さくなっている。

破断は必ずしも形状係数の大なる位置で起るとは限らず (第 3 表), A 4, A 5, B 1, のごとく形状係数の大きいものでもテーパ部において破断したものもあり、逆に B10 のように形状係数の小さいものがすみ肉部で破断している。これらの試験片寸法において、すみ肉半径 r と試験片直径

d との比は $100/136 (=0.75 \text{ 程度})$ であり、もし通常の 10 mm 試験片において r/d をこの程度とすれば例外なくすみ肉部で破断するが、大形試験片の場合にはその様相は全く異なっている。

次に試験片に加えた荷重と試験片の応力との関係は第 9 図にて示され、応力の静的測定値および動的測定値はともに荷重の変化とほとんど直線的であり、両者の差は 2 % 程度である。しかしながら前にのべたようにこれら測定値にはひずみ計の誤差 $\pm 2\%$ が含まれ、理論値と比較すると、ほぼこれに匹敵する誤差が認められる。したがって繰返し応力を何に基いて決定するかという点に一つの疑問が生じるが、第 3 表では、測定値によらず、理論的な計算値をとっている。

4・2 試験片の温度上昇 試験片の温度は運転を

開始し、繰返し応力を増加して行く場合は、ある応力以下においてはほとんど上昇せず、材料の比例限度と思われる応力をこえると急激に上昇する。しかし約2～3時間後には定常状態に達し、それ以後はき裂が発生してもほとんど温度変化は認められず、ほぼ一定温度を保持する。温度上昇が始まる応力値は興味ある問題であるが、この応力値を確認するためには、その附近の応力で長時間運転を要し、これを行うと過小応力の影響により、疲れ限度が変わることが想像されるので、今までの試験においては確認していない。たとえばB 1151では 21.5 kg/mm^2 まで発熱せず、 22.0 kg/mm^2 において発熱を始めるようである。第10図は試験初期における温度上昇の一例を示す。なお第3表に示す試験片の温度は試験片とフランジのはめ込部の工作が不良で、この部分が摩擦によって発熱したものが含まれているため同表から繰返し応力と定常状態における試験片の温度の関係は求め難い。

4.3 破断面の状況 第11図の写真は破断面の状況を示す。同図の(a)(b)(c)(d)(e)(f)はそれぞれA 5, A 7, B 1, B 3, B 6, B 9の写真

第9図 荷重と応力の関係

第10図 試験片の温度上昇

真である。これらの写真よりA材の破面はき裂起点より最終破面に至るまで、面のあらさは次第に増すが、破面上にはB材に見られるような異常なあばたは見られず、その組織は内部においても均一なことがわかる。しかしながらB 1009材およびB 1151材の破面は中央部に多数のあばたがあり、これらを詳細に見るとそのおのおのは小さな材料きずを起点とするぜい性破面のようなものである。そのためにB材内部の顕微鏡組織を調べたところ、第12図のような材料きずが見出された。これは鋼中に溶込んだ水素による疑白点きずと推定される。

き裂の起点はおのおのの破面に矢印にて示され、A 7のみ2個の起点を有するが他はすべて1個の起点よりき裂が発生している。A 7に2個の起点がある原因として、繰返し数が少いことおよび段付すみ肉部にかかって破断したこと等が一応考えられるが、B 3のように繰返し数の少いものもテーバ部にて破断した場合はき裂起点は1個であり、一方段付すみ肉部で破断したA 6, B 10等の場合にもき裂起点は1個であるから、繰返し数の少いことおよび段付すみ肉部破断のいずれもき裂起点が2個できる原因とはならないようである。

また第11図に示す破面には1ないし数個の貝がら模様が見られるが、これは主電動機を低速電動機に切替える際に荷重をいったん低下させる操作によりできるものである。第11図(f)は貝がら模様を多数作ってこれらの模様より、き裂の進行過程における破面の形状を明らかにするため、き裂発生後故意に荷重を反復増減したものである。き裂発生直後はその破面はき裂を中心とする半円形であるが、き裂が進行するに従って破面は弓形に近くなり、破面の先端が原断面の中心を通るところで完全な半円形になり、その後は前記半円形の直径に関してこれまでの破面とほぼ対称な逆向き弓形状にき裂は進み、中心部のき裂進行が遅れる傾向を示す。回転曲げ疲れの破面に表われる貝がら模様については実物軸の破面に多くの実例が見られ、経験的な考察⁽³⁾もなされているが、疲れ試験において荷重条件、繰返し数等を明らかにしながら人為的に貝がら模様を作った例は全くなく、今後これらの実験結果を更に詳しく検討して、き裂の進行状態と応力の関係を検討するつもりである。

4.4 き裂の進行速度 試験片に発生したき裂が進行する状況を第14図に示す。これはA 5のき裂進行の様相であり、(a)は繰返し数13 751 200、(b)(c)は(a)より7 100および11 800回転後のき裂先端を試験中に撮影したもので、これによりき裂の

(a) A 5 破 面

(b) A 7 破 面

(c) B 1 破 面

(d) B 3 破 面

(e) B 6 破 面

(f) B 9 破 面

第 11 図

第12図 疑白点きず

第13図 き裂の進行状況

(a) A 5 13751200

(b) (a)より7100回転後

(c) (a)より11800回転後

第14図

進行状況を明らかにすることができる。このようにして求めたき裂の長さ、き裂発見後の繰返し数の関係を第13図に図示し、 y 軸にはき裂起点より円周上で測ったき裂の長さを x 軸に繰返し数を取り、図中の数字はみかけの繰返し応力値である。実際にき裂部に作用する応力値は第11図(f)の貝がら模様の形状から求められ、一方き裂の進行速度は貝がら模様の幅と繰返し数より正確に求められる。一般に行ってき裂発生後も荷重を試験中と同じに保った場合には $1.0 \sim 1.5 \mu/c$ であり、き裂が大となってき裂部の応力が増すに従ってその進行速度が速くなり、破断寸前では $10 \mu/c$ 程度になるようである。またき裂発生より最終破断に至るまでの繰返し数は $3.0 \sim 5.0 \times 10^4$ 程度である。

4・5 S-N 曲線および寸法効果 第3表の試験

第4表 疲れ強さおよび寸法効果

試験材種	大形試験の疲れ強さ kg/mm ²		小形試験の疲れ強さ kg/mm ²		寸法効果	
	10 ⁶ ～	疲れ限度	10 ⁶ ～	疲れ限度	10 ⁶ ～	疲れ限度
A 821	21.15	20.0	24.5	21.7	15.7	8.5
B 1009	23.4	23.0	29.3	27.2	25.0	18.2
B 1151	24.3	23.4	28.7	27.6	18.0	18.0

結果および小形試験片についての結果は第15図のS-N曲線にて示され、これより疲れ強さと寸法効果を求めれば第4表のごときものとなる。なお小形試験の結果は第15図でも明らかなようにA 821材については点のばらつきは少ないが、B 1009材、B 1151材ともに非常にばらつきが多くなっている。これはいうまでもなくB材内部の材料きずによるものと考えら

れ、著しく時間強度の低い B4b2, B7b1 等の破面にはきずが認められる。寸法効果について最も注目すべき点は A 材と B 材とに非常に差があることである。これは酸性平炉鋼と電気炉鋼の組成が根本的に異なるためと推定される。すなわち、酸性平炉鋼中には硫化物系の不純物が素材全体に均一にひろがるのに対し、電気炉鋼は素材中心部には疑白点きずが存在するが、疲れき裂の発生する試験片外周部には酸化物系の不純物がわずかに存在するのみでこれが寸法効果を大ならしめる一因と考えられる。

5. 結 論

我々は片持はり式大形疲れ試験機を設計製作し、これによって平滑試験片の大形疲れ試験を行い、良好な結果をうることができた。これらの結果を要約すれば次のような結論をうる。

i 125 mm 試験片の疲れ限度は 10 mm のものに比し、酸性平炉鋼で 8.5%, 電気炉鋼で 18% 低くなっている。

ii 酸性平炉鋼の破面は全面的なめらかな疲れ破面であるが、電気炉鋼は中心部に疑白点きずによるあばたが見られる。しかしこれらのきずは疲れ限度には影響を及ぼさない。

iii 疲れ試験片の温度上昇は、疲れ限度の 90% 以上の繰返し応力で起り、試験開始後 2~3 時間で定常状態に達し、以後破断するまではほとんど変化しない。

iv 疲れき裂の進行速度は応力とともに増し、荷重一定の場合き裂発生の初期において $1.0 \sim 1.5 \mu/c$ 、破

がら寸法効果のみが著しく異なっている原因についてである。すなわち、酸性平炉鋼には学振の分類法によるA系不純物(A-821材ではMnSが主体)が多く、試験片中ほぼ一様に分布しておるのに対し、電気炉鋼ではA系は非常に少く、B系不純物が主体であるが、その数は酸性平炉鋼材に比し著しく少い。それゆえこれら不純物が疲れ限度を低下させるものと考え、酸性平炉鋼では小形試験片も大形と同程度に、疲れ限度に影響を及ぼす不純物を含有しておるため、寸法効果は小さく現われ、これに反し電気炉鋼では、不純物が非常に少いので、小形試験片では疲れを起す試験片表層に不純物が現われない場合があるが、大形では疲れを起す表面層が非常に大であるので、この中には必ず不純物が含まれることになり、したがって寸法効果も大となるものと推察される。

なお不純物以外の原因として、化学成分中のMnの含有量が電気炉鋼に多いこともあげられるかもしれないが、Mnの含有量が疲れに及ぼす影響についてはいまだ明らかでないようである。

【質問】 面倒な割合に地味な実験をやられたことに対してはまず謝意を表します。寸法効果に対してはまだ資料が十分でいませんので理由をつけるにはまだ時期が早い段階ですが、この実験は今後この方面の実験をされる方により参考となると思います。しいて注文をつければ結論のiiiにでている疲れ限度の90%以上の繰返し応力で温度上昇が生ずるとありますが、これは測定精度に依存するのではないのでしょうか。筆者が以前に行った実験^(問1)では疲れ限度の70%くらいから温度が上り始めたことがあります。また本実験の開始の動機は、推進器のボスめ込部の折損防止と

(問1) 中村, 鉄道業務研究資料, 13, 1 (昭31-1)。

(問2) 中村, 機械学会論文集, 18, 75 (昭27-11), 64。

(問3) 中村, 機械学会誌, 61, 476 (昭33-9), 1018。

附表 1

直径 mm	10	50	寸法の増大による低下率	備 考
平滑試験片の疲れ限度(焼ならし) kg/mm ²	29.5	27.0	8.5%	本論文の酸性平炉鋼と同一
圧入試験片の疲れ限度(焼ならし) kg/mm ²	18.0	10.5	41.7%	
“(高周波焼入れ)		33		

用いた材料は C=0.41%, Si=0.18, Mn=0.64, Cu=0.32, Cr=0.15, $\sigma_e=36.3$, $\sigma_B=67.0$, $\epsilon=27.0$, $\phi=44.8$

いうことらしいですが、筆者が前に行った実験^(問2)では附表1のような結果を得ております。御参考にしていただければ幸いです。

用いておられるのは C=0.2% くらいの低炭素鋼ですが圧入部に高周波焼入れすれば疲れ限度は上がらないでしょうか^(問3)。(中村 宏)

【回答】 試験片の温度計測は試験片に銅-コンスタンタン熱電対を取りつけ、これをスリッピングにて取出して計測したもので、零点の補正が困難なことおよびスリッピングの抵抗変化等により、測定は $\pm 5^\circ\text{C}$ くらいの誤差が考えられる。そのため、きわめてわずかな試験片温度の変化は測定が困難であり、特に、軸受部の発熱および気温変化等によって温度上昇が始まる繰返し応力の値を求めることは困難である。本論文にてのべた90%という値は、このような計測法によって検出され得る繰返し応力の限界値の意味である。

なおその後の試験において、試験片表面に潤滑油を塗布し、接触形表面温度計により測定した結果では、疲れ限界の83%の繰返し応力において、わずかの温度上昇を認めた例もある。

押ばめ部の疲れ強さについては、150 mm 直径の試験片について実験を終っており、近く発表する予定である。

文部省科学試験研究費および科学研究費各個研究金属関係交付先決定

科学試験研究費関係 (29 件, 1447 万円)

▽炉頂ガス圧を高くした高炉操業—東大生研, 金森九郎 (60),
▽微粉鉄鉱石の焼結法—東北大選研, 三本木貢治 (45),
▽溶鉄の被脱硫性を調整することによる脱硫—名大工, 佐野幸吉 (57),
▽真空溶解真空鑄造—東北大選研, 斎藤恒三 (50),
▽エール炉による砂鉄磁気選別鉄より強じん鑄鉄の製造—東北大金研, 本間正雄 (35),
▽耐熱性強じん鑄鉄鑄物の製造—京大工, 森田志郎 (50),
▽真空溶解した工具鋼の性能研究—東工大, 横山均次 (30),
▽耐熱および耐硫化性高アルミ鋼—山形大工, 西野知良 (35),
▽鋼の表

面超硬化処理—大阪府立大工, 吉岡正三 (64),
▽鋼材の延性ぜい性遷移現象—阪大工, 美馬源次郎 (65),
▽高圧還元による高純度金属製錬法—東北大工, 森岡進 (55),
▽酵素加圧抽出を利用した複雑硫化鉄の処理法—秋田大鉄山, 梅津良之 (50),
▽製錬廃物中の有価金属—製鉄熔鉄炉ダスト中の亜鉛収法—九工大, 岡本敬蔵 (35),
▽亜鉛製錬残さいよりインジウムおよびガリウムの採取—九工大, 伊藤尚 (65),
▽原子炉材料金属ベリウムの製造方法—名大工, 沢本八衛 (60),
(560 ページへつづく)