新大形疲労試験機による鋼材の疲労強度に及ぼす寸法効果の研究

A Study of Size Effect on the Fatigue Strength of Steels

大 内 田 久*
Hisashi Ōuchida

内 容 梗 概

最近諸機械の大容量化に伴い、その機械部品の寸法もますます大きくなり、疲労強度に及ぼす寸法の影響の研究も重要な課題となってきている。本文は試作した世界的 7.8 t·m の大形回転曲げ疲労試験機 および一般の小形疲労試験機により、直径 5~100 mm の種々の大きさの低炭素鋼、中炭素鋼および特殊 鋼製の平滑および切欠試験片につき、寸法と疲労強度の関係を求め、寸法効果に及ぼす材料や切欠の影響を明らかにした。一方標準小形試験片の疲労限度を用い、大形切欠試験片の疲労強度を求める算式を 実験結果と比較し設計の便に供した。

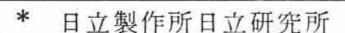
1. 緒 言

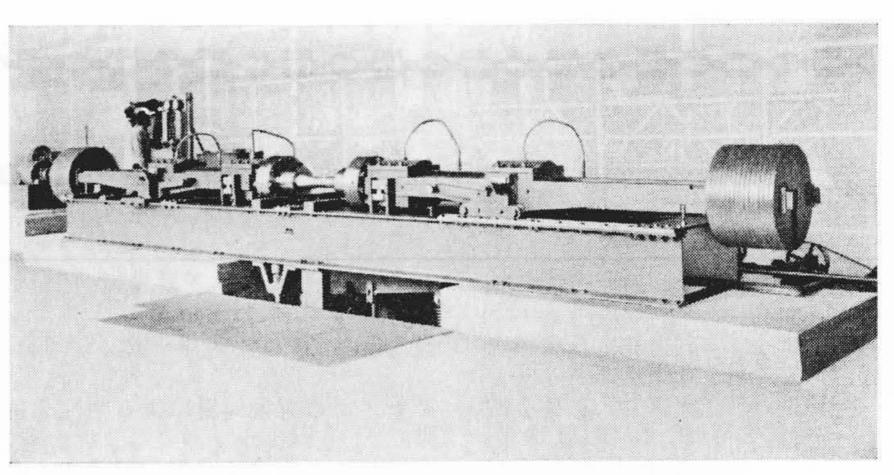
最近発電用機器、車輌および産業諸機械の大容量化ならびに高性能化に伴い、それらに用いられる機械部品の寸法もますます大形化してきている。一般に材料試験に用いられる試験片に比し、機械部品の寸法は大きい。部材の寸法が大きくなれば小さいものに比し、引張り強さもある程度低下することが考えられるが、破壊の原因の多くは繰返し荷重による場合であるので、寸法によって疲労強度が低下することは特に設

計では考慮すべき重要問題である。今日では機械部品の 設計に寸法効果を考慮して疲労強度を見積ることはすで に常識化してきている。しかし疲労強度に及ぼす寸法効 果についての研究が, 従来多くの研究者によってなされ てきている(1)~(8)にもかかわらず、なお実際の機械部品の 設計にあたっては, 寸法の大きな場合の疲労強度の資料 が不足し、設計者は推定によって強度の見積りをしてい るのが現状のように思われる。機械部品が回転曲げを受 ける軸類については、車軸(9)やクランク軸(10)のような特 殊な試験片を除き,割合に小さなせいぜい 50~60 mm 程 度までの試験しか行われていない。日立製作所では寸法 効果の研究の領域をさらに拡大するため,均一曲げモー メント形としては世界的容量の 7.8 t·m の大形回転曲げ 疲労試験機を昭和29年に日立製作所日立研究所に設置し た(11)。 その後一般に軸材として用いられているC 0.18 %鍋, C 0.35~0.40%鍋およびNi-Cr-Mo鍋の5~100 mm 直径の試験片につき疲労試験を行い、一応平滑および切 欠試験片における寸法効果を求めたので, 大形疲労試験 機の紹介とあわせてここに報告するものである。

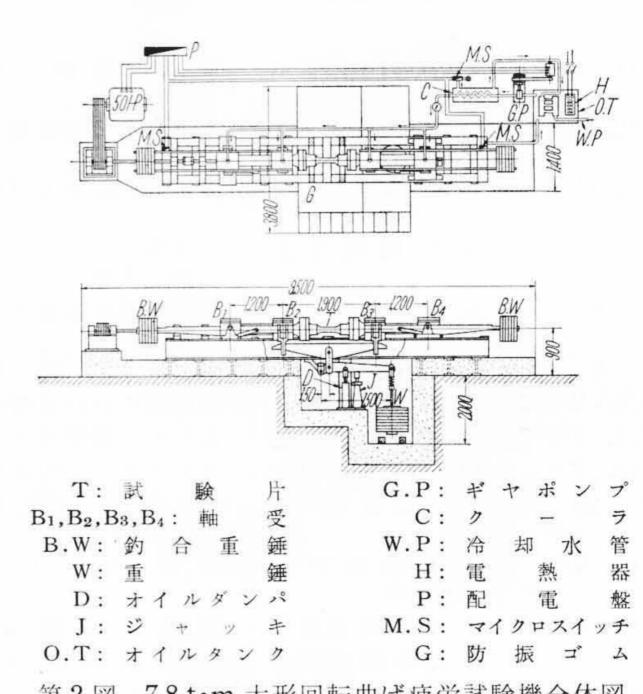
2. 新大形回転曲げ疲労試験機

試作設置された新大形疲労試験機は, 原理的には均一





第1図 7.8 t·m 大形回転曲げ疲労試験機



第2図 7.8 t·m 大形回転曲げ疲労試験機全体図

曲げ形で小形小野式と同様な機構のものであり,八幡製鉄所に設置された容量 1.6 t·m の大形疲労試験機⁽⁵⁾を参考として製作された。本機は特に試験片取付け方法,主軸受金および緩衝装置に改良を加えたものである。

本機の概観は第1図の写真のように、その全体図は第 2図のようなものである。

2.1 機能構造の概要

試験機の大きさ.....長さ 9.5m, 幅 1.4m, 高さ 2.9m

試験機の重量.....15,000 kg

最大荷重(重錘).....13,000 kg

最大曲げモーメント......780,000 kg·cm

試 験 片 直 径.....標準平滑試験片100 mm,

長さ1,000 mm

回 転 数.....650, 1,000 rpm

試験片の振れ.....試験片平行部中央上下 5/100 mm以

負 荷 機 構......槓桿重錘式:槓桿比 1:10

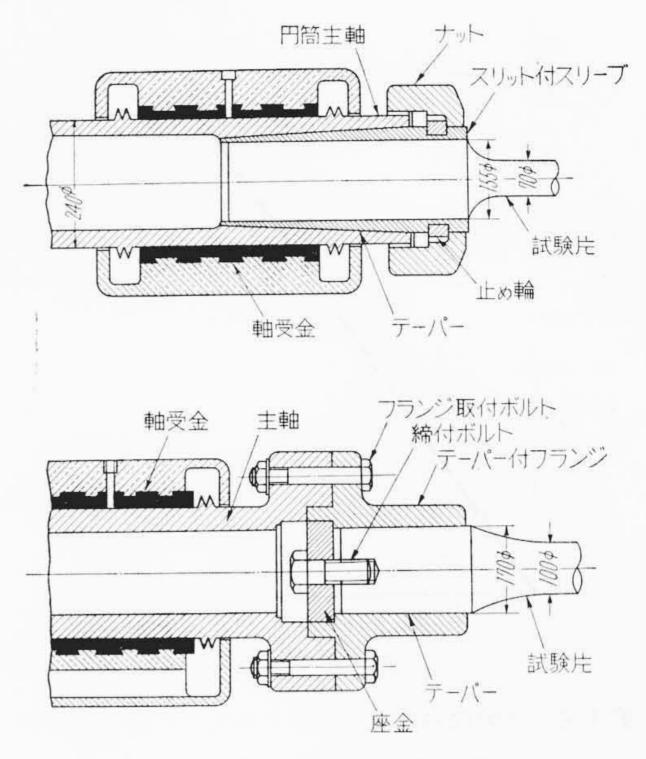
主 軸 受.....高鉛軸受青銅を軸受金とした。軸受 温度66~70°C, 現在まで4年間連続 運転中なるも異常を認めない。

潤 滑 装 置……油冷却器を通し歯車ポンプによる強 制循環による潤滑,四季の気温の変 化には、油槽内に設置した冷却器, 電熱器により油の温度を調節する。

自動停止装置……釣合重錘側に設けたマイクロスイッチにより試験片破断と同時に試験機 駆動電動機および歯車ポンプ駆動電 動機の電流を遮断停止させる。断水 時には、油冷却器への冷却水の断水 によっても自動遮断装置により同様 試験機は停止する。

2.2 試験片取付け方法

本機の試作において最も力を注いだ点である。従来の この種の大形試験機では,小野式回転曲げ疲労試験機に 採用されている方法をそのまま大きくしたもので、第3 図(上)に示すように試験片の掴部を、スリットのあるテ ーパースリーブにはめた後,試験機の主軸のテーパーの ついた穴にナットでねぢ込んで締め付ける方法である。 しかしこの方法は小野式の小形試験機においても筆者の 経験によれば,試験片の締付けと心出しに苦労があり,し ばしば試験片とスリーブ間に焼付きが生じ, スリーブを 取り替えねばならぬという欠点がある。まして大容量の 大形試験機になると人力による締付けが困難になり, 試 験中にスリーブと試験片掴部の間のすべりによる発熱が 著しく,一方この掴部が試験機主軸の軸受内に挿入され ているため, 主軸受金の温度上昇を高めることになる。 このため試験片掴部, スリーブの焼付きのみならず, 大 切な主軸の軸受の焼損をきたすことにもなる。前記のこ の形式の大形疲労試験機でもこれが経験されているよう であり,米国の某金属研究所における大形疲労試験機も 主軸受の焼付きにより試験不能をきたしたと聞いてい る。また試験片の掴部の異常な温度上昇は、試験片の温 度上昇にも影響し,疲労強度に温度の影響がはいり寸法



(上) スリット付きスリーブ式掴方法 (下) テーパーフランジ式掴方法

第3図 試験片取付法

効果の研究にとっては具合のわるいことになる。

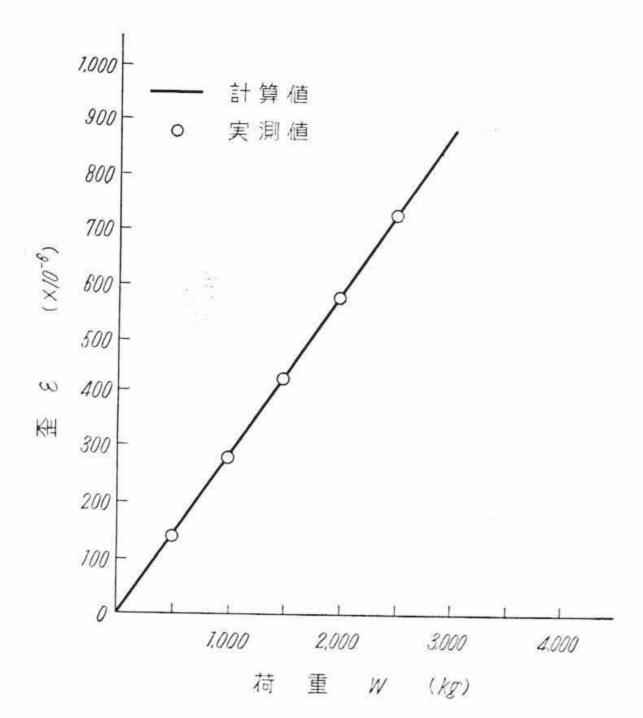
本機では以上の点を考慮し, 試験機の最も大切な主軸 受を傷つけず,一方試験片の取付けが容易でしかも十分 な締付けが得られる第3図(下)に示すようなテーパー フランジ式を採用した。すなわち試験片の掴部にテーパ ーを持たせ、これに合うテーパー穴を持ったフランジに 掴部を挿入し, 試験片をボルトで座金を介して締め付け て引張りフランジに嵌合させる。このようにして試験片 の両端をそれぞれフランジに取り付けた後, 主軸のフラ ンジにインローとボルトによって取り付ける。この方法 では試験片の掴部と主軸受部が隔離されているため、試 験片ならびに主軸受の温度上昇を押えることができる。 本文に報告する試験では試験片は応力 40 kg/mm² の場 合を除き,いずれも常温かわずかに常温より高い程度で あった。また試験片掴部とフランジのテーパー穴の間に はほとんど焼付きらしいものを認めず, フランジ入口端 でわずかに fretting corrosion を認める程度であった。

2.3 荷重と試験片応力との関係

直径 100 mm の平滑試験片の平行部の中央に抵抗線ひずみ計を軸対象に 2 枚貼り,各荷重段階で静かに試験機の主軸を回転しつつ,これら二つのひずみ計によって得れたひずみの平均値を求めた。第 4 図はこのようにして求められた試験機の荷重とひずみの関係を示し、計算値とよく一致し、本機の精度が良いことがわかる。

2.4 小形回転曲げ疲労試験機

20mm以下の小さな直径の試験片は、一般に用いられ



第4図 試験機の荷重と試験片に生じた応力の関係

ている容量 8 kg·m および 45 kg·m の小野式回転曲げ疲 労試験機 (1,500~2,000 rpm), 自家製の 5 kg・m および 20 kg·m の片持梁式回転曲げ疲労試験機 (1,500~2,000 rpm) によって試験された。これら小形試験機の均一曲 げ式と片持梁式の種類の相異による疲労限度の補正は, 両式の試験機で 10 mm 直径の試験片で各鋼種につき疲 労試験を行って求められた疲労限度の比によって行うこ ととした。

3. 疲 労 試 験 片

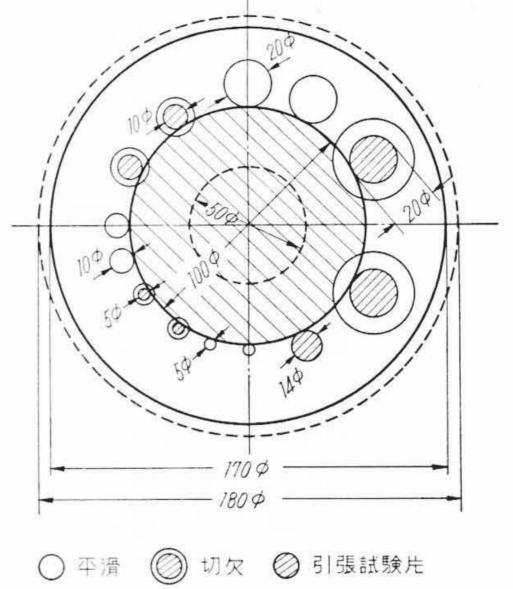
3.1 採取位置

各鋼種の素材は同一鋼塊より鍛造された直径180~200 mmのもので、直径 100, 50 mm の試験片はこの素材と 同心に採取された。そのほかの小形試験片は、第5図に 示すように, 試験片の危険断面の表面の繊維で素材の中 心側のものが、100 mm 試験片の表面に相当する素材中 心からの距離にくるように採取された。このようにして 大小試験片の最も弱く破壊の始まる位置を,素材の同一 箇所に選ぶことができるわけである。この点からは, 50mmの試験片の表面の位置は、素材断面で100mmの 試験片の表面の位置とかなりへだたっているので,疲労 強度も異なると考えられる。したがってC 0.18%鋼につ いてのみ50mmについては試験しその値は参考として記 載するにとどめた。

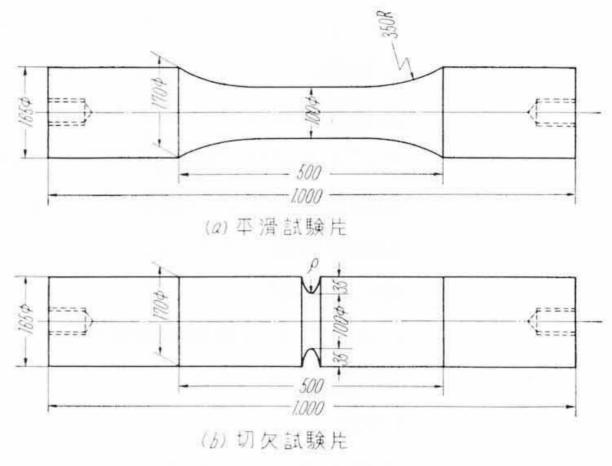
3.2 疲労試験片の形状, 寸法

疲労試験片は平滑および切欠両種の形状のもので、そ の直径は5,10,20,50 および100 mm とした。 これらの試験片の形状寸法を第6,7図および第8図に

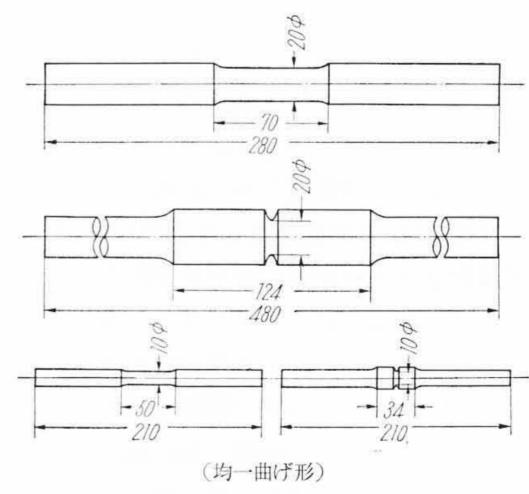
示す。また第9図に直径100mmの大形疲労試験片と直



第5図 試験片採取位置



第6図 大形疲労試験片



第7図 小形疲労試験片

径10 mmの標準小形疲労試験片を対比して示す。

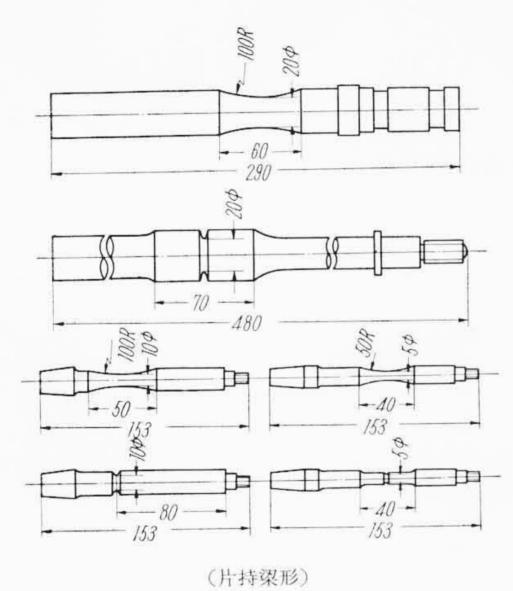
切欠試験片は幾何学的に相似で大きさを異にした双曲 線状の溝を有している。第10図はこの溝の形状を示す。 ノイバーの線図を用いてこの切欠試験片の溝底における 応力集中係数 (形状係数) α を求めると $\alpha=3.3$ である ことがわかった。

3.3 試験片の表面粗さ

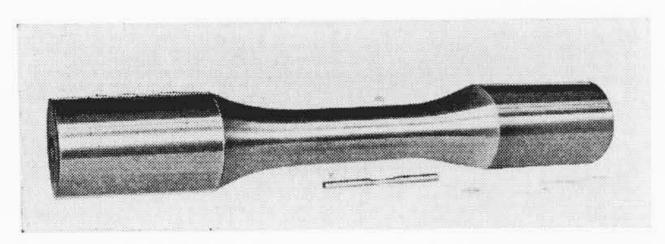
大小の平滑および切欠試験片は旋削仕上げ後 0000 番のエメリー紙で研磨仕上げされた。各試験片について表面粗さを小坂式表面粗さ測定機で求めた結果は第1表のごとくなり、この程度の粗さの範囲では、疲労強度に及ぼす粗さの相異は無視して差しつかえない。

4. 供試材料

材料の寸法と疲労強度の関係を求める場合、試験片の素材が同一鋼塊から製造されたものでなければならぬことはもちろんであるが、工学上の要求から同一鋼塊から圧延された各種寸法の素材を用いることもある。この場合は各素材の大きさの相異のために、圧延、熱処理の製造過程の影響が疲労強度にもきいてくることになる。この研究ではこれらの製造過程の相異の影響を除くため、同一素材の断面から前項に述べたごとく、各直径の試験片



第8図 小形疲労試験片

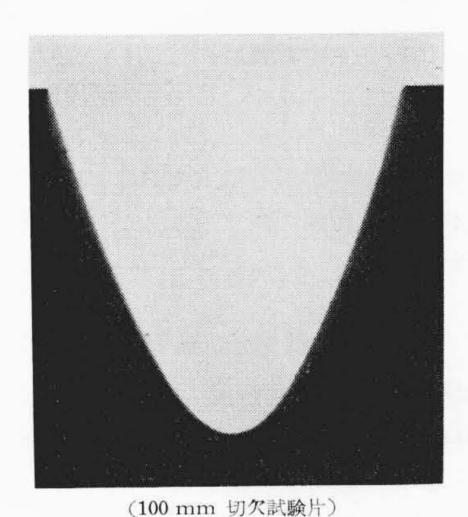


第9図 直径100mm および10mmの大小疲労試験片

を採取した。鍛造素材の外径は 180~200 mm とした。

試験に供した材料は 0.18% C鋼(SF 45), 0.35~0.40% C鋼 (SF 60) および Ni-Cr-Mo 鋼(SNCM)で, それらの化学的成分および機械的性質を第 2 表に示す。 SF 60では 2 本の鍛造素材から試験片を採取し, それらの機械的性質が若干異なっているが,後述 (第 14 図)のごとくA, Bの両素材より採取した直径 10 mm の平滑試験片の疲労限度が 29.5 kg/mm² および 29.6 kg/mm² と同一であったことから試験材料として用いることにした。

第11 図にこれら供試材料の顕微鏡組織を示す。SNCMでは試験片 100 mm の表面部分にまで十分焼きがはいっていないのは素材の外径が大きいためでやむを得ない。各材料の素材断面の硫黄偏析状況は 第12 図に示すとおりで特に著しい硫黄の偏析を認めない。また断面の硬さ分布を 第13 図に示す。 SNCM 鋼は焼入鋼であるため素材の表面と中心部とはほかの材料に比し硬度差が大きいが、試験部分径 100 mm の付近で特に著しい硬さの変化を認めない。これらの点から試験に供した材料の素材



第10図 ノイバー双曲線切欠の形状

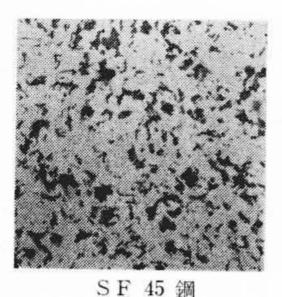
第1表 試験片表面の粗さ(μ)

1.1	ale d	試 験 片 直 径 (mm)						
M	科	5	10	20	50	100		
SF	45	0.30~0.50	0.25~0.45	$50.40 \sim 0.50$	$0.30 \sim 0.50$	0.30~0.40		
SI	60	$0.20 \sim 0.37$	0.25~0.45	$50.15 \sim 0.25$		$0.25 \sim 0.54$		
SN	CM	0.20	0.20	0.22		$0.37 \sim 0.47$		

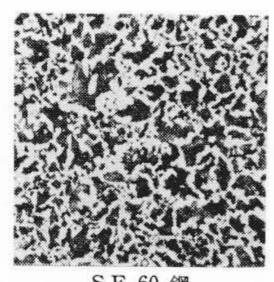
第2表 供試材料の諸性質

材 料	Arm ere		化	学	的 成	分	(%	Ω		機材	战 的 性	E 質(k	g/mm²	, %)	硬さ
材 料 _{No.} 鋼 租	鋼種	TC	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	σ_{S}	σ_{B}	$\sigma_{\rm T}$	8	φ	(Hv)
I	S F-45	0.18	0.20	0.64	0.012	0.018				28.4	46.5	106.8	38.3	67.5	130
1	S F-60(A)	0.40 0.35	0.27 0.27	0.56 0.60	0.018 0.025	0.015 0.021				39.6 40.8	67.1 64.2	98.6 103.3	$\begin{array}{c} 23.5 \\ 28.2 \end{array}$	41.7 47.9	170~190
Ш	SNCM	0.35	0.25	0.49	0.015	0.024	0.92	0.99	0.21	49.8	70.3	131.2	27.4	66.4	210

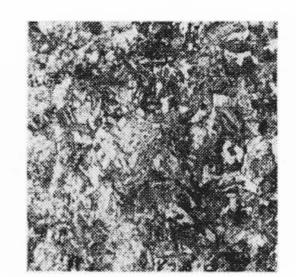
 σ_S : 降伏点 σ_B : 引張強さ σ_T : 真破断応力 ϵ : 伸び率 φ : 絞り率



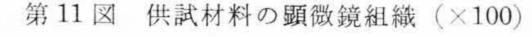
SF 45 鋼



SF 60 鋼

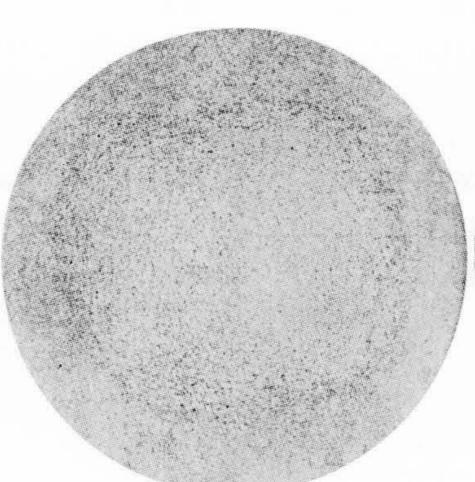


SNCM 鋼





(a) SF 45 鋼



(b) SF 60 鋼



(c) SNCM鋼

第12図 供試材料素材断面の硫黄偏析状態

はまず寸法効果の研究用として適当なものであったとい える。これらの材料は試験片に加工される前にいずれも 焼鈍が行われた。

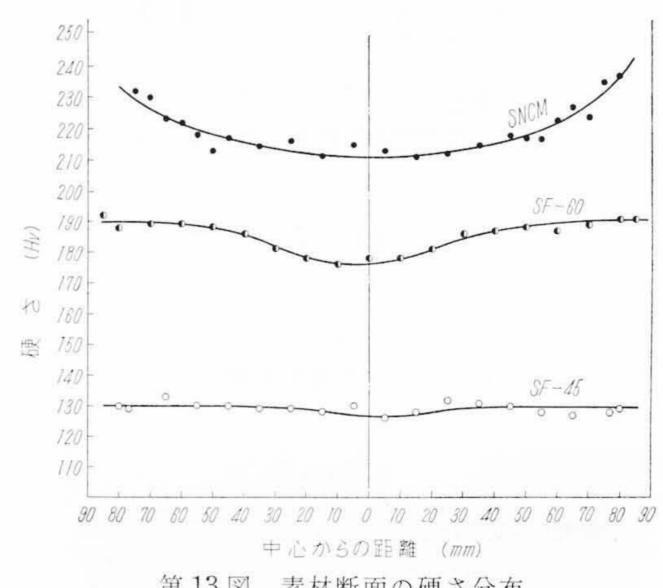
5. 疲労試験結果

5.1 試験片直径と疲労限度

3種の材料からつくられた種々の大きさの直径をもつ 試験片についての疲労試験結果得られた S-N 曲線を 第 14 図および 第15 図 に示す。第16 図 に100 mm 平滑試 験片の破断状況,第17図に試験片の破断面を示す。

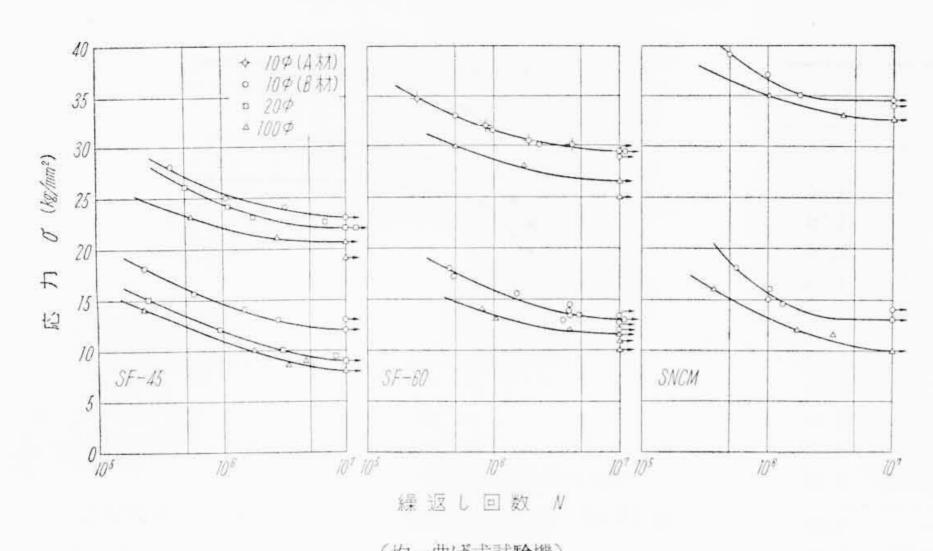
疲労試験結果から得られた疲労限度の値 ow および試 験機の種類の相異による修正をした疲労限度の値を σw' であらわし、これらの値を第3表に示した。試験片直径 dと疲労限度 $\sigma_{w'}$ を図示すると 第 18 図 のごとくなり、 次のことがわかった。なおSF 45 鋼の 50 mm径の結果 も点線で参考までに図示した。

- (1) 試験片の直径が大きくなるにしたがい、疲労限 度はしだいに低下するがその低下の割合は直径20mmま でにおいて著しく, 20 mm 以上では緩慢に低下する傾向 にある。
- (2) 平滑試験片で直径 100 mm のものは直径 10mm の直径のものに比し、SF 45 鋼で11%, SF 60 鋼で 10%, および SNCM 鋼で6% 低下する。このことから SNCM 鋼の平滑試験片では炭素鋼に比し、疲労強度が高 く, 寸法効果も若干小さく強いことがわかる。

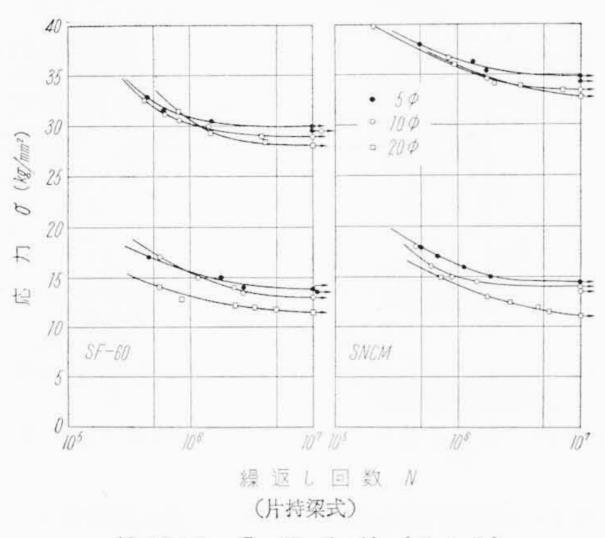


第13図 素材断面の硬さ分布

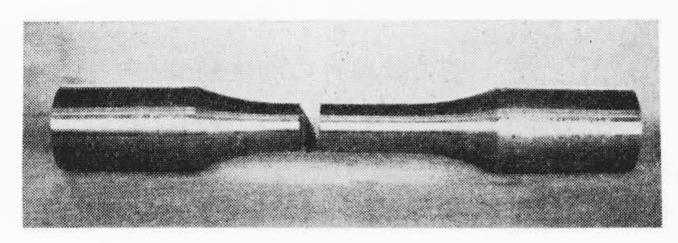
- (3) 切欠試験片においては、直径が大きくなるにし たがい疲労限度が低下する割合は平滑試験片の場合より 20 mm 以下において著しいが、100 mm における低下は 平滑の場合より小さい。このことは第14図および第15 図の S-N 曲線からもわかる。
- (4) 切欠試験片の直径 100 mm のものは直径 10mm のものに比し、SF 45 鋼で33%, SF 60 鋼で15%, SNCM 鋼で29% 疲労限度が低下し、低下の割合が平滑 試験片の場合より大きい。
 - (5) SNCM 鋼は第18図からわかるように, 各種直



(均一曲げ式試験機) 第 14 図 S-N 曲 線 (その1)



第15図 S-N 曲線(その2)



第16図 100mm 平滑試験片の破断状況

径の平滑試験片において、SF 60 鋼よりもはるかに強疲労限度が大きいにもかかわらず、切欠試験片においては直径 20 mm 以上ではかえってSF 60 鋼よりも疲労限度が低下している。すなわち直径 100 mm の試験片ではSNCM 鋼は平滑試験片の場合、SF 60 鋼よりも疲労限度において 3.8% 大きいが、切欠試験片の場合かえって13%小さくなっている。このことは SNCM 鋼のごとき焼入された特殊合金鋼では、SF 60 鋼のごとき焼鈍された中炭素鋼に比し切欠に対する感度が大きく、鋭い切欠のある場合には寸法効果も大きくなり、中炭素鋼と同じ程度の疲労限度に低下することを示す。

5.2 試験片の直径と切欠係数

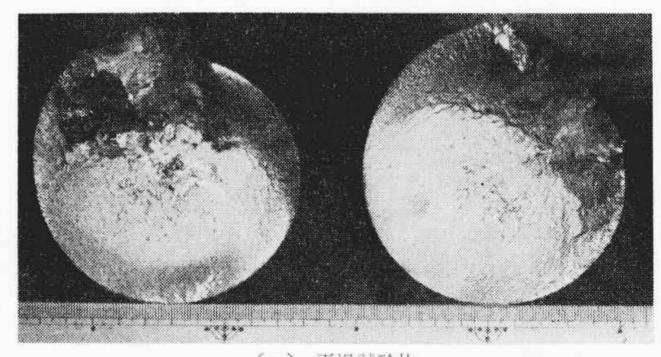
(1) 直径 $10 \, \mathrm{mm}$ の平滑試験片の疲労限度に対する各種直径の切欠試験片の疲労限度の比を切欠係数 β で表わし,各種大きさの平滑試験片の疲労限度とそれらの直径に等しい谷底径を持った切欠試験片の疲労限度との比を β 'で表わす。試験結果から求められたこれらの β , β 'の値を第3表に示し,直径dとの関係を図示すると第19回および第20回のごとくなる。

これらの結果から切欠係数に及ぼす試験片の寸法効果も直径 20 mm 以下において大きく, 20 mm 以上 100 mm に至る

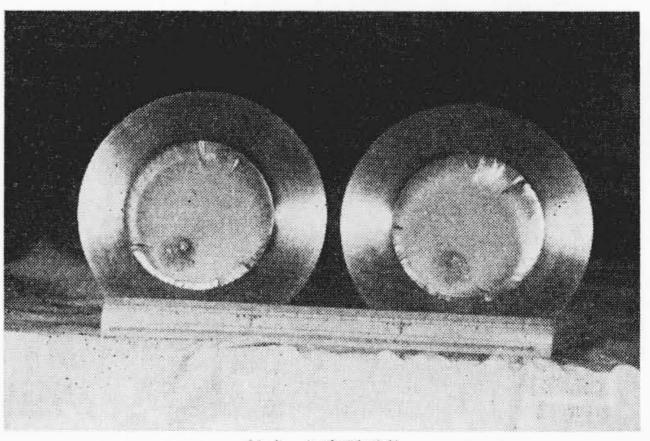
範囲では割に小さいことがわかる。また切欠係数における寸法効果は $C0.35\sim0.40\%$ の中炭素鋼では、SF 45 鋼や SNCM 鋼よりも小さいことが注目される。

(2) 切欠試験片の応力集中係数 α は 第 19 図 および 第 20 図 中の点線で示す。 図から S F 45 鋼や S F 60 鋼 では,試験片の直径が大きくなるに従い切欠係数 β , β' の値もしだいに大きくなるが,直径 20 mm 以上ではも はやそれほど大きくならず常に α の値よりも小さいことがわかる。

一方 SNCM 鋼では直径が大きくなるに従い β , β' は 大きくなり, 直径 100 mm の試験片では $\beta > \alpha$ となり,



(a) 平滑試験片



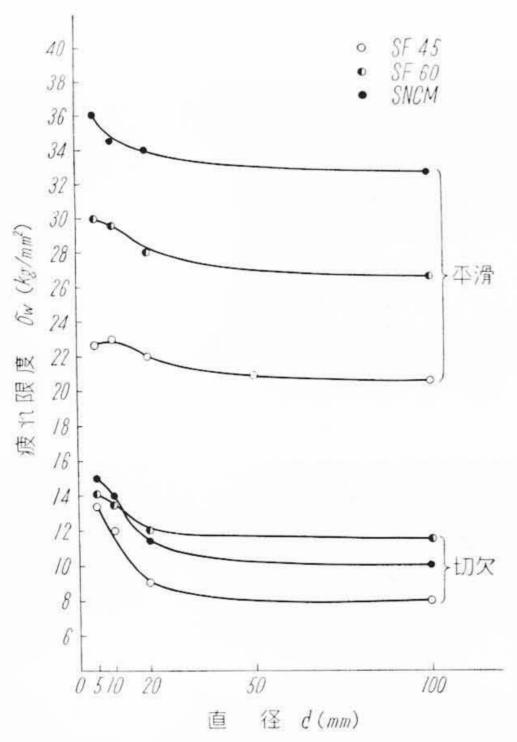
(b) 切欠試験片

第17図 100 mm径の平滑および切欠試験片の破面

第3表	各種材料の	計除 世。	上注: レ	使光阻电
宏 3 衣	合性材料の	武 映力	小伝と	波力 以及

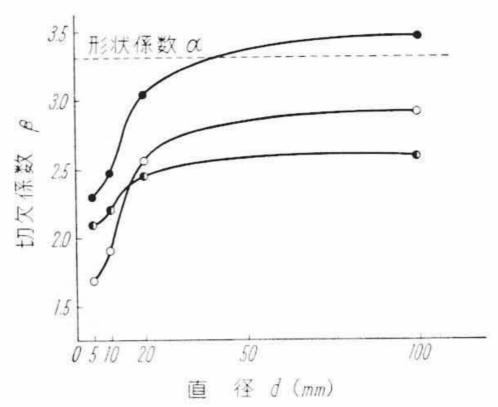
材料	引張強さ のB	試験片	直径 D	疲 労 限 度 (kg/mm²)		$\sigma_{\rm w}'$	切欠係数		
	(kg/ mm²	形状	(mm)	$\sigma_{\rm w}$	$\sigma_{\rm w}{}'$	σ _{w′10}	З	β'	
S F-45			5	22.0	22.6	1.02		1.00	
		平滑	10	23.0	23.0	1.00	1.00	1.00	
			20	22.0	22.0	1.05		1.00	
		1.13	50	(20.5)	(20.5)	(1.12)		1.00	
	46.5		100	20.5	20.5	1.12		1.00	
Training Trans			5	13.0	13.4	0.90	1.70	1.69	
		切欠	10	12.0	12.0	1.00	1.92	1.92	
			20	9.0	9.0	1.33	2.56	2.44	
			50	(6.0)	(6.0)	(2.00)	(3.83)	(3.42)	
			100	8.0	8.0	1.50	2.88	2.56	
	64.0		5	30.0	30.0	0.98		1.00	
		平	10	29.5	29.5	1.00	1.00	1.00	
	67.0	滑	20	28.0	28.0	1.05		1.00	
			100	26.5	26.5	1.11		1.00	
S F-60			5	13.7	14.1	0.95	2.09	2.13	
	64.0	0 切欠	10	13.4	13.4	1.00	2.20	2.20	
			20	11.6	12.0	1.12	2.46	2.33	
			100	11.5	11.5	1.17	2.57	2.31	
	70.5		5	35.0	36.0	0.96		1.00	
		平	10	34.5	34.5	1.00	1.00	1.00	
		滑	20	33.0	34.0	1.02	-	1.00	
CNICNE			100	32.5	32.5	1.06	-	1.00	
SNCM		-	5	14.5	15.0	0.93	2.30	2.40	
		切	10	14.0	14.0	1.00	2.46	2.46	
		欠	20	11.0	11.4	1.23	3.03	2.98	
			100	10.0	10.0	1.40	3.45	3.25	

注: σw'10=直径 10 mm の試験片の疲労限度を表わす



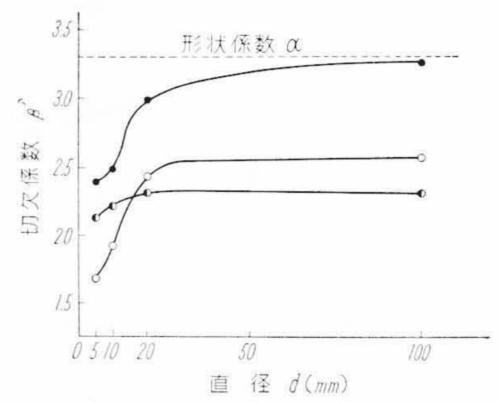
第18図 試験片直径と疲労限度の関係

β'の値もほとんどαの値に近い値となる。このことは特殊鋼のように切欠感度の大きい材料に鋭い切欠があり、 しかも部材の寸法が大きい場合には、設計にあたって比



β: 直径 10 mm の平滑試験片の疲労限度と各種大きさの切欠試 験片の疲労限度の比

第19図 試験片直径と切欠係数の関係 (その1)



β': 各種大きさの平滑試験片の疲労限度と谷底径が等しい切欠 試験片の疲労限度の比

第20図 試験片直径と切欠係数との関係 (その2)

較的容易に弾性計算,光弾性実験,ひずみ測定などによって得られる応力集中係数を切欠係数にとって,その疲労強度の見積りをして大過ないことを示す。

6. 切欠試験片の寸法効果

従来から切欠試験片の疲労限度を求める方法についてはいるいろと提案されているが、寸法効果に関連したものとしては H. F. Moore氏(1) や石橋正氏(12) の方法がある。ここでは後者の方法について紹介する。

切欠試験片の疲労限度を求める近似式として次式が提 案されている。

$$\sigma_{\mathrm{W}} \cong \frac{\sigma_{\mathrm{W}0}}{\alpha} \cdot \frac{1}{1 - a_{1}\left(\frac{\varepsilon_{0}}{a}\right)}$$

ここに

σw0: 平滑試験片の回転曲げ疲労限度

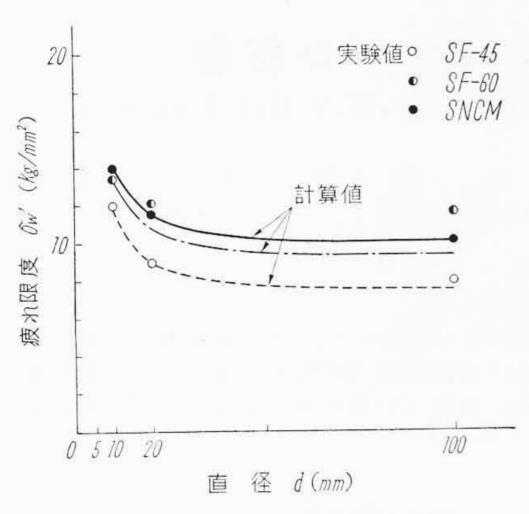
σw: 切欠試験片の回転曲げ疲労限度

α: 応力集中係数(形状係数)

ρ: 切欠底の曲率半径

 ε_0 : 材料固有の量で試験片の寸法に関係しない。炭素鋼について $0.055\,\mathrm{mm}$ ととる。

a1: 切欠底の応力勾配に関係する常数



第21図 寸法効果の計算式と実験値

理論的にはσwoの値は切欠試験片の切欠底の直径と等 しい外径をもつ平滑試験片の疲労限度をとるべきである が,一般に大形試験片についての疲労限度σwoの値のき わめて少ない今日においては,近似的に標準小形試験片 の疲労限度を用いれば、これは今日ではすでに多くの材 料につき豊富に求められているので便利である。このよ うにしてこの実験結果得られた3種の鋼の直径10mmの 平滑試験片の疲労限度を用いて, 20 mm および 100 mm の直径の切欠試験片の疲労限度を算出してみた。その計 算値と実験値との比較を第21図に示す。SF 60鋼の 場合を除き計算値は実験値とかなり一致している。SF 60鍋の場合については今後の検討を要するが、実験値に 比べれば計算値の方が低く設計としては上式を用いるこ とは安全側の設計となる。したがって近似的には上式に より,標準試験片の疲労限度を用いて切欠のある大形機 械部品の設計ができることになる。

H. F. Moore 氏の式についても検討したが実験結果とかなり食違いを生じ、この式が実験式として直径 50mm までの適用に提案されていることから、ここには省略した。

7. 結 言

寸法効果の研究のために新設された 7.8 t・m の容量の大形回転曲げ疲労試験機により、3種の鋼からつくられた直径 5~100 mm の種々の大きさの平滑および切欠試験片の疲労強度を求めた結果次のことがわかった。

- (1) 平滑および応力集中係数 3.3 の切欠試験片の疲労強度に及ぼす寸法効果は,直径 20 mm 以下において大きく,20 mm以上 100 mmになっても疲労限度の低下は割に緩慢である。
 - (2) 平滑試験片では直径が 10 mm から 100 mm に

なると疲労限度が約10%低下し、低下の割合は鋼種によって大差ない。切欠試験片ではC0.18鋼およびNi-Cr-Mo 鋼においては、100mmの直径になると10mmの場合に 比し、約30%、C0.35~0.40%鋼で約15%疲労限度が低 下した。このことから切欠試験片における寸法効果は平 滑試験片の場合よりも大きく、また鋼種によって異なる ことがわかった。

- (3) 切欠試験片の切欠係数は、直径が大きくなるに従いしだいに大きくなるが、C 0.18%鋼および C 0.35~0.40% 鋼では直径が 100 mm になっても、切欠係数は応力集中係数よりもかなり小さい。しかし Ni-Cr-Mo 鋼では直径が 100 mm になると、切欠係数が応力集中係数にほとんど等しくなる。このことから鋭い応力集中部のある焼入された特殊鋼の大きな機械部品の設計には、切欠係数の代りに簡易に求められる応力集中係数を用いて疲労強度の見積りをしても大過ないと思われる。
- (4) 種々の大きさの切欠試験片の疲労限度を,比較的容易に求められる標準小形平滑試験片の疲労限度を用いて石橋式により近似的に算出した結果,計算値は実験値とかなりよく一致した。

終りに本研究に対し御指導と有益な御助言をいただいた九州大学教授石橋正博士,ならびに本研究の遂行を許可され御激励をいただいた日立製作所松野武一重役,日立研究所三浦倫義所長,薮野亥石副所長,山崎卓爾部長ならびに前所長兼先覚二郎の諸氏に対し深く感謝の意を表する。なお大形疲労試験機の製作については島津製作所の各位の熱心な御協力を得た。ここに衷心より感謝する。

参考文献

- (1) H. F. Moore: Proc. ASTM, 45, 507 (1945)
- (2) H. F. Moore & D. Morkovin: Proc. ASTM, 42, 145 (1942); 43, 109 (1943); 44, 137 (1944)
- (3) R. E. Peterson & A. M. Wahl: J. App. Mech., 3, 146 (1936)
- (4) C. E. Phillips & R. B. Heywood: Proc. Inst. Mech. Engr., 165, 113 (1951)
- (5) 小野, 田川: 日本機械学会論文集 12, 42, 36(昭 21)
- (6) 小田,西岡: 日本機械学会誌 58,441,718 (昭30)
- (7) M. Hempel: Arch. Eisenhüt., 22, 425 (1951)
- (8) 河本,春木: 材料試験 3,6(1954)
- (9) O. J. Horger & H. R. Neifert: Proc. ASTM, 39, 723 (1939)
- (10) C. W. Gadd & N. A. Ochiltree: Proc. Exp. Sfr. Analy., II, 150 (1944)
- (11) 大内田: 日本機械学会東京講演大会前刷 13, (昭 30-10)
- (12) 石橋: 金属の疲労と破壊の防止(養賢堂)71 (1954)