

調査・研究報告書の要約

書名	平成 2 2 年度圧縮コイルばねの疲労限度線図の改訂（設計基準となるデータ収集と共有化）報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本ばね工業会				
発行年月	平成 2 3 年 3 月	頁数	1 3 0 頁	判型	A 4

[目次]

序（会長 伊藤 源嗣）

はしがき（日本ばね工業会会長 天木 武彦）

委員会名簿

目次

1	事業の概要-----	1
1.1	背景と目的-----	1
1.2	委員会の経過-----	1
2.	供試材および疲労試験方法-----	3
2.1	試験ばねの仕様-----	3
2.2	試験ばねの製作と疲労試験における各社分担-----	6
2.3	疲労試験方法の概要-----	7
3.	線径 4mm 材の疲労試験結果-----	10
4.	線径 1mm 材の疲労試験結果-----	14
5.	考察およびまとめ-----	17
6.	今回の試験結果の効果-----	18
7.	今後の進め方-----	19
添付資料 1	委員会の議事録ほか-----	21
添付資料 2	日本発条(株)の報告書-----	42
添付資料 3	(株)東郷製作所の報告書-----	71
添付資料 4	中央発条工業(株)の報告書-----	97
添付資料 5	(株)パイオラックスの報告書-----	105

[要 約]

本事業の目的は、圧縮コイルばねの疲労試験データを蓄積し、ばね製造者および使用者にとって、設計基準となりうる疲労限度線図の改訂を行うことである。今回の事業で得られるデータは、ばね業界全体をみても新しい領域も含まれ、その結果を共有することによって、ばね業界全体の設計レベルを上げることが可能となる。

今回はばね用オイルテンパ線(SWOSC-V)及びピアノ線(SWP-A)の2鋼種とし、線径は1mmと4mmの2条件とする。ばねの疲労強度においてショットピーニング(以下SP)は大きな影響を持つが、本年度は基本となるデータとしてSP無のばねの評価にとどめた。

限られた時間の中で、会員会社各社の協力を得て、2鋼種、2線径の4本の 10^7 回の疲労限度線図を得ることができた。

図1および図2にSWOSC-V材 およびSWP-A材の疲労試験データに基づいた疲労試験結果を示す。図1および図2において は一試験条件、8本において、8本すべてが 10^7 回で折損しなかった場合であり、×は8本のうち1本以上のばねが 10^7 回未満で折損した場合を示している。

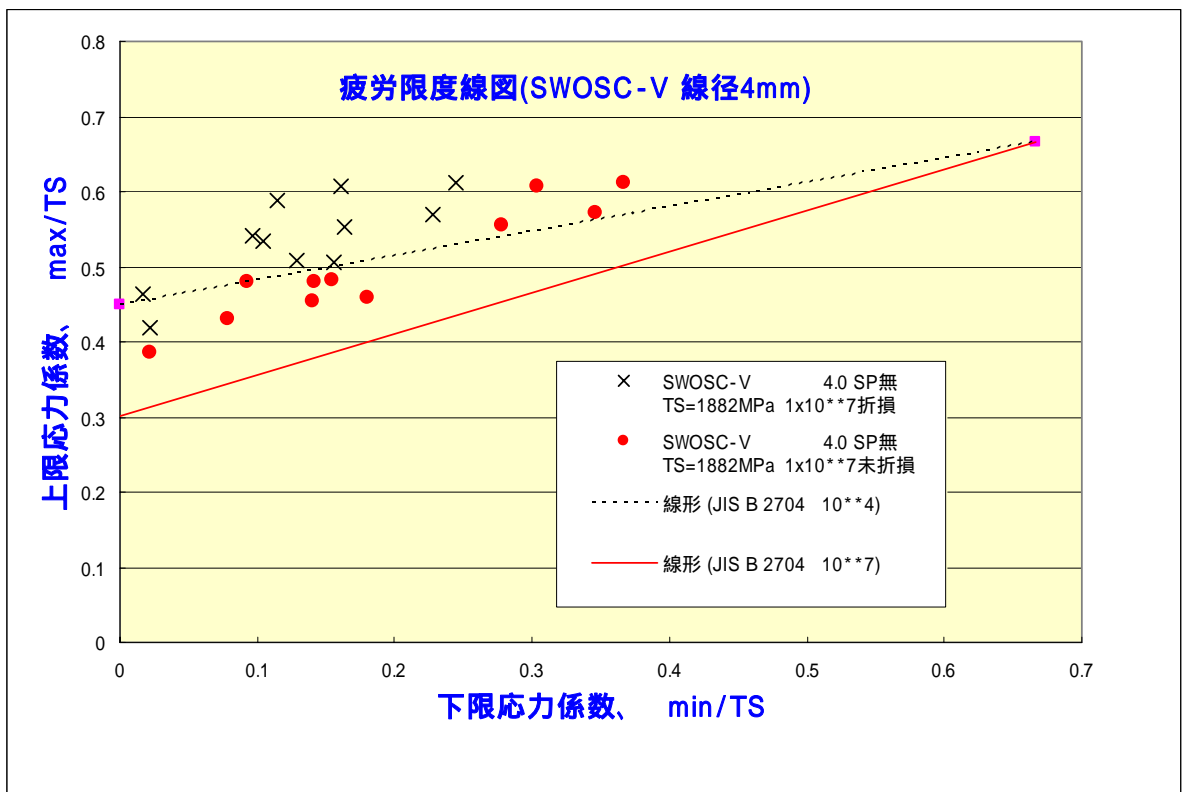


図1 SWOSC-V 4mm 材の疲労限度線図

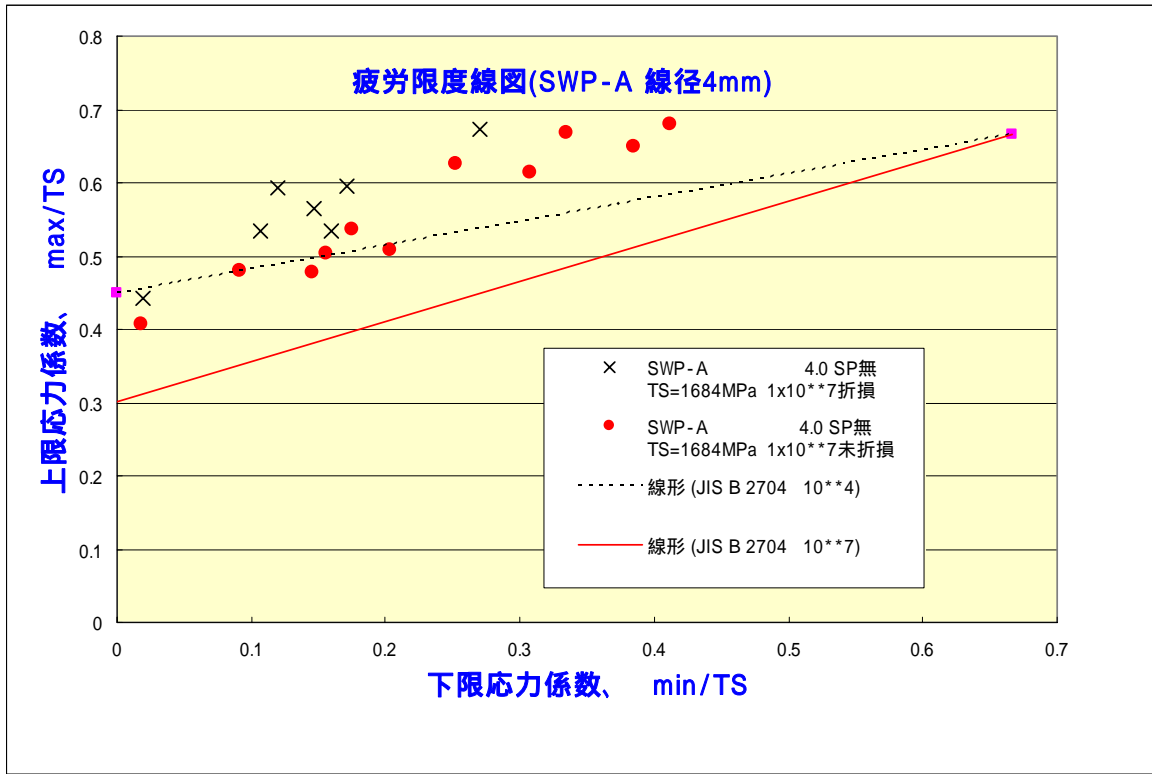


図2 SWP-A 4mm 材の疲労限度線図

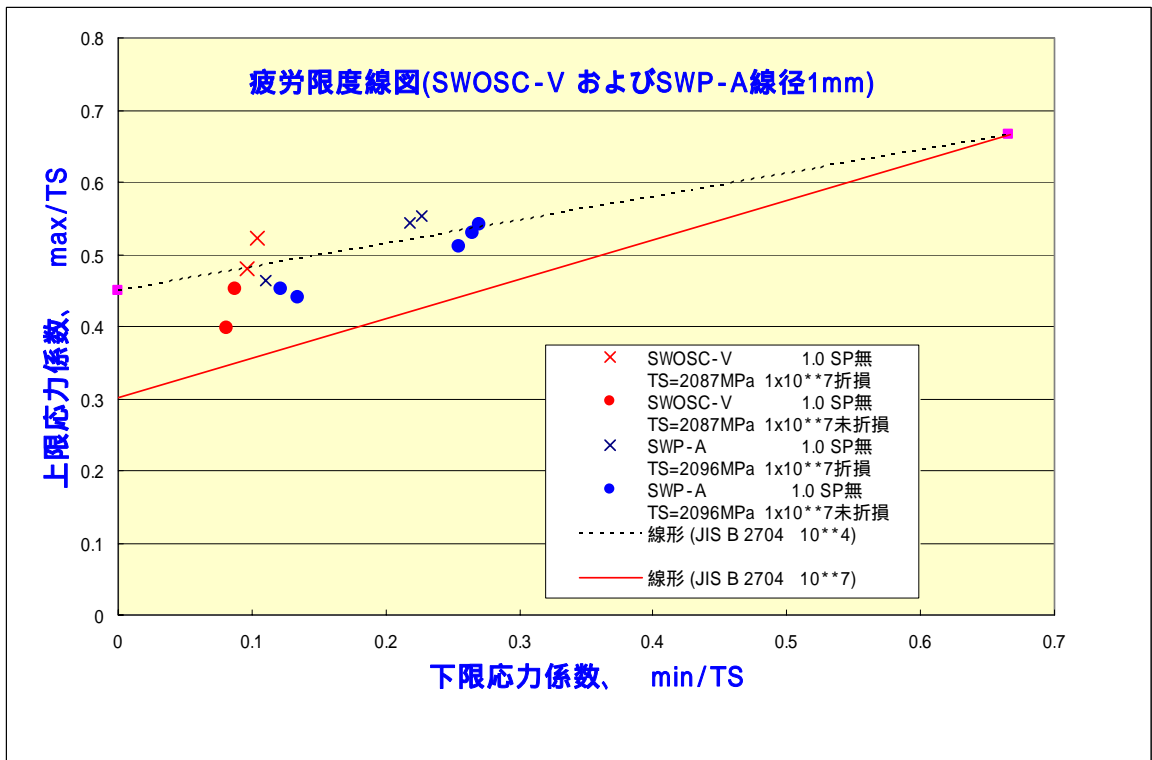


図3 1mm 材 (SWOSC-V および SWP-A) の疲労限度線図

線径 1mm 材のばねについては、試験速度が 180-550rpm と 4mm 材に比べて低速であったため、得られたデータも 4mm ほど多くはなかった。結果を SWOSC-V 及び SWP-A を併記して、図 3 にまとめた。

今回疲労試験をおこなったばねの折損品は全数、走査型電子顕微鏡で破面観察をおこなった。その結果、有害なキズや非金属介在物を起点とした折損は認められず、すべて外表面の数 10 マイクロメートルの凹凸からの折損であった。折損の位置は特に一定の巻数部分に集中しているわけではなく、ばらついていた。金属組織、脱炭などの調査も行ったが、特に異常は認められなかった。これより、今回得られた疲労試験結果はすべて有効として取り扱うこととした。

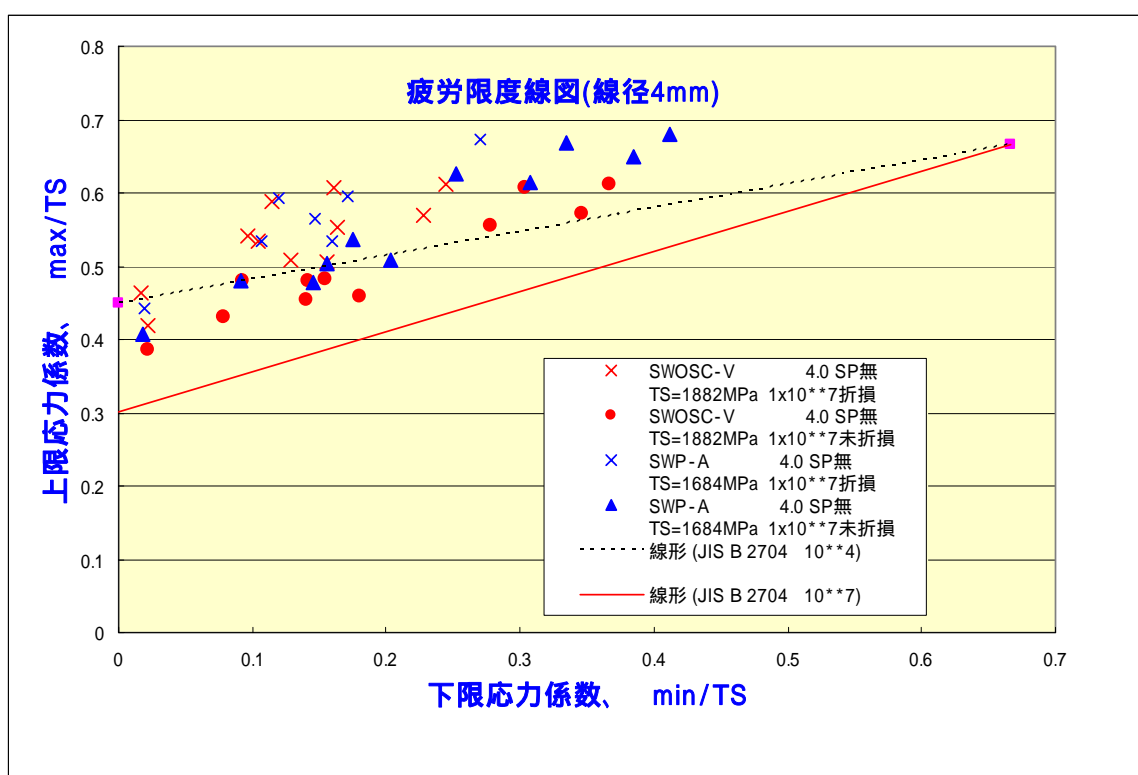


図 4 4mm 材の疲労限度線図

図 4 は 4mm 材について SWOSC-V と SWP-A を併記した線図である。図 1 - 4 の疲労試験結果から以下のことが言える。

- (1) JIS B 2704 に掲載されている 10⁷回疲労限度線図と比較して、今回得られた限度線図は大幅に高い応力レベルにあることが確認された。これは、ここ 30 年間のば

ね材料の製鋼・圧延・二次加工技術およびばね製造技術の進歩に拠るところが大きいと考える。

- (2) 今回の得られた結果は、 10^7 回疲労限度線図のみであるが、引き続き 10^6 回や 10^5 回などの時間強度についても、引き続き疲労試験を実施して、統計処理を活用して明確にすることを試みる。
- (3) 今回の疲労試験の折損起点は必ずしも応力の高い部位からではなく、ばらついており、また折損回数も 10^7 回付近では折損と未折損が混在している結果が多く認められたが、これはSPを行わないばねに関しては必然的な結果と考えることができる。引き続きSPを行ったばねについての疲労試験を継続していくこととする。
- (4) 図 5-1 の 4mm 材の結果をみるとより高強度な SWOSC-V 材(、引張強さ、TS=1882MPa)よりも SWP-A 材(、TS=1684MPa)のほうが疲労強度は高めの傾向を示しているのが認められる。同様に図 4-1 の 1mm 材の結果でも、SWOSC 材(、TS=2087MPa)、および SWP-A(、TS=2096MPa)ともに高強度であるにもかかわらず、高い疲労強度は認められていない。この点も、SP を行わないばねの特徴と考えて良いと思われ、疲労強度は引張強さ、1600～1700MPa でピークを示すという従来から言われていることと符合すると考えられる。最終的な結論としてはショットピーニングを行ったばねでの疲労試験結果を待つ必要がある。

図 5 は今回得られた疲労限度線図の代表例として、SWOSC-V 4mm材の 10^7 回疲労限度について結果の近似曲線(青実線、指数関数近似)を JIS B 2704 の 10^7 回疲労限度(赤実線、直線近似)と比較したものである。表 1 は図 5 の線図に基づいた圧縮コイルばねの設計例を示すものである。

表 1 の設計 1(図 5 の)のばねはばね工業会のある会員会社で現在量産されているものであるが JIS B 2704 の限度線図に基づいて、設計されたものと推定できる。設計 2 および設計 3 (図 5 の)のばねは今回得られた限度線図に基づいて、設計したばねの一例である。ともにばねの作動長さは 15mm 一定で設計されている。

設計 2 の場合は、コイル外径で 3mm、取付高さで 16mm のスペースが確保され、質量では約 20gram、軽量化率で 47%の軽量、省スペースのばねとなっている。設計 3 の場合はコイル外径は一定として、取付高さで 15mm、質量で約 12gram、軽量化率で 28%の軽量、省スペースのばねとなっている。

ばねの使用される機械部品の構造や環境などによって左右はされるが、今回得られた限度線図の結果によって、ばねの設計自由度が増すことは明確であり、ばねメーカーおよびばね

ユーザにとっては貴重なデータとなると考える。

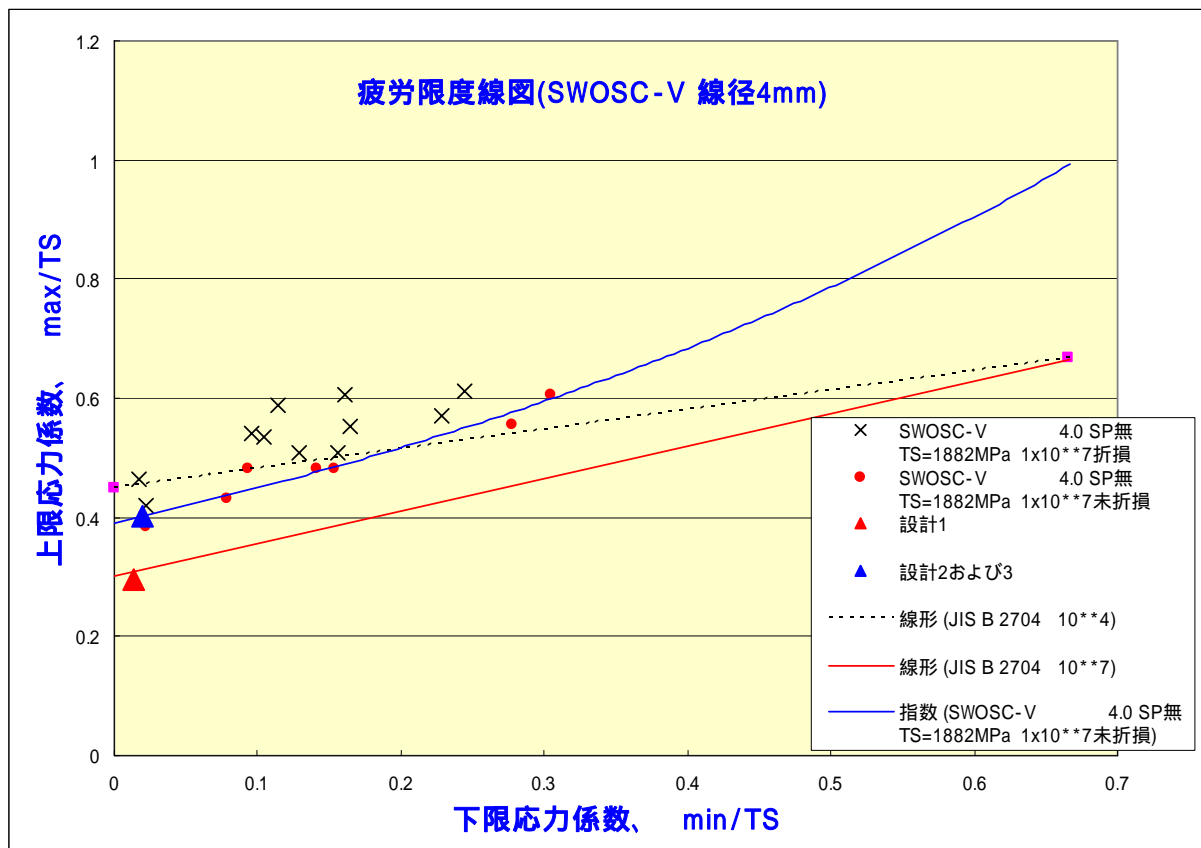



図 5 SWOSC-V 4mm材 10⁷回疲労限度の近似曲線

本事業は3年で計画されており、1年目としては一定の成果が得られたものと考えられる。来年度以降も、継続して委員各社の協力を得て、疲労試験を進めていく計画である。特に、ばねの疲労強度の改善に大きな効力のあるSPをおこなったばねについて集中的にデータを集積し、本年度の結果との整合性の確認も行う予定となっている。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

表 1 図 5 の疲労限度線図に基づいたばねの設計例

項目	単位	設計 1	設計 2	設計 3
線径 d	mm	3.50	3.00	3.50
内径 Di	mm	14.00	12.00	14.00
外径 Do	mm	21.00	18.00	21.00
応力修正係数	-	1.311	1.311	1.311
ばね定数 R	N/mm	26.54	26.60	36.20
有効巻数 Ne	-	10.34	8.84	7.58
座巻数	-	2.00	2.00	2.00
総巻数 Nt	-	12.34	10.84	9.58
試験作動長さ	mm	15.0	15.0	15.0
取付高さ	mm	67.0	51.0	52.0
取付時荷重	N	19.8	20.9	28.4
自由高さ	mm	67.75	51.79	52.78
作動高さ	mm	52.0	36.0	37.0
作動時荷重	N	417.9	419.9	571.4
平均応力 m	MPa	298.1	408.6	408.5
応力振幅 a	MPa	271.1	369.9	369.8
min/TS	-	0.0139	0.0200	0.0200
max/TS	-	0.2942	0.4023	0.4022
ピッチ角	deg	7.76	8.34	8.81
研磨後質量	g	42.02	22.47	30.32
軽量化率		100	47	28
備考			線径およびコイル径減。ピッチ角から自由高さ減	設計 1 と線径、コイル径同一

材料:SWOSC-V、引張り強さ 1935MPa、横弾性係数 78400MPa

- 1 事業の概要
 - 1.1 背景と目的
本事業を進めるにあたって、ばね製造者およびばね使用者における背景および目的について概説した。
 - 1.2 委員会の経過
平成 22 年 7 月から平成 23 年 2 月まで 7 回開催された委員会の概要をまとめた。
 2. 供試材および疲労試験方法
 - 2.1 試験ばねの仕様
疲労試験を行ったばねの材料特性および仕様について概説した。
 - 2.2 試験ばねの製作と疲労試験における各社分担
疲労試験用ばねの製造工程および各社で担当する内容について記述した。
 - 2.3 疲労試験方法の概要
実際の疲労試験をおこなう手順の説明を行った。
 - 3 線径 4mm 材の疲労試験結果
線径 4mm 材の疲労試験の結果を概説。結果の考察の一部として折損破面の観察結果や応力解析結果についても記述した。
 - 4 線径 1mm 材の疲労試験結果
線径 1mm 材の疲労試験の結果を概説。
 - 5 考察およびまとめ
試験結果の考察を行い、結果の正当性について論じた。
 - 6 今回の試験結果の効果
今回得られた疲労限度線図を用いて、現在 JIS に記載されている疲労限度線図と比較して、実用上期待できる効果について論じた。
 - 7 今後の進め方
本事業は 3 年計画で検討されており、来年度以降の展望について述べた。
- 添付資料 1 委員会の議事録ほか
- 添付資料 2 日本発条(株)の報告書
- 添付資料 3 (株)東郷製作所の報告書
- 添付資料 4 中央発条工業(株)の報告書
- 添付資料 5 (株)パイオラックスの報告書