

構造用高強度鋼材を用いたリベット継手の 疲れ強さについて

小 西 一 郎*

要 旨 本報告は、一般構造用高強度鋼および溶接用高強度鋼を、リベット結合の構造物に使用する場合、これらの材料の切欠の疲労強度への影響を調べるために、SS 50 および WEL-TEN 50 材の母材、穴あき材、リベット継手について行なった。下限応力 0 の片振り引張り疲労試験の結果について報告するものである。

1. 緒 論

最近の溶接用高強度鋼と旧来の一般構造用高強度鋼とは、いずれも静的強度において高強度である条件は満足している。しかしながら、これら高強度鋼をリベット結合の構造物に使用する場合に、これら材料の切欠に対する感受性、すなわち切欠感度がどのように相違するかについては直接比較した資料が少ない。旧来の一般構造用高強度鋼を、リベット結合構造物の製作に使用するためには、当然これらの点を明らかにする必要がある。

筆者は、この高強度鋼の切欠感度を調べるために、切欠に対して鋭敏である疲労について実験的に解明を試みた。

本文では橋梁部門に広く使用されている高強度鋼のうち一般高強度鋼として、SS 50、溶接性高強度鋼として、WEL-TEN 50 を採用し、それぞれの疲労に対する切欠の影響をはあくするとともに、リベット継手として用いた場合の疲労性状、および 2×10^6 回時間強度を求めることを目的として、母材、加工過程を異にした有孔板および基本リベット継手など、4 種類の試験片を準備して疲労試験を行ない検討を加えた。

2. 試験片および製作

試験片として表-1 に示す 5 種類を用いたが、その形状、寸法は 図-1~4 に示すとおりである。板厚はすべて $t=12$ mm とした。図-1 は母材静的試験片で、図-2 は母材疲労試験片を示す。穴あき試験片は 図-3 に示すとおりで、穴あけ方法としてドリルおよびパンチの 2 種を用いた。また 図-4 は基本リベット継手試験片を示すが、添接板としては厚さ $t=9$ mm 板を用いた。

以上の各試験片の製作は 図-5 に示す鋼板よりガス切断により採取し、熱影響部を取りのぞくために機械仕上

表-1

	試 験 片	図
(a)	素材静引張試験片	図-1
(b)	素材疲労試験片	図-2
(c)	ドリル穴あき疲労試験片	図-3
(d)	パンチ穴あき疲労試験片	図-3
(e)	リベット継手疲労試験片	図-4

図-1 静引張試験片

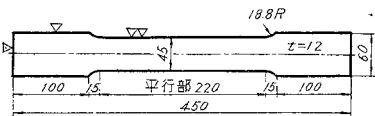


図-2 母材疲労試験片

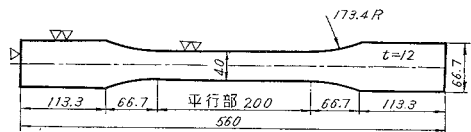


図-3 穴あき材疲労試験片

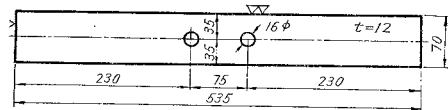
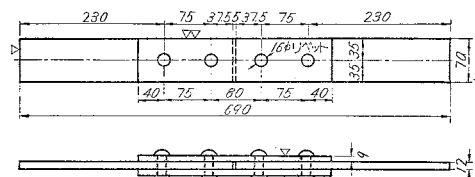


図-4 リベット継手疲労試験片



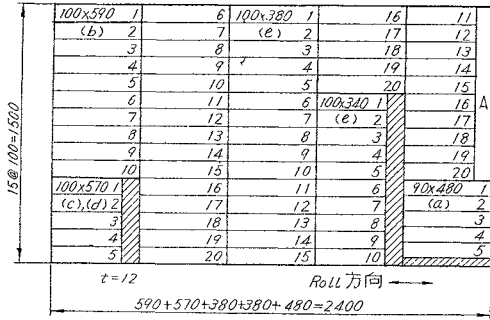
げにより約 10 mm 切削した。リベット継手試験片の穴あけは、母材、添接板を互いに数枚ずつ重ねてドリルにより $\phi 17$ mm の穴をあけた。したがって継手として組合わせた際のリベット穴のくいちがいは、ほとんど認められなかった。組み立てに際しては、リベットはコークス焔により均一に加熱し jaw riveter によってリベット締めを行なった。

試験片の製作は、KK横河橋梁製作所において行なった。

なお、試験片に用いた鋼材は SS 50、WEL-TEN 50 で、その化学成分および 図-1 に示す試験片について行なった実験より得られた機械的性質は 表-2 (a), (b) に

* 工博 土木学会理事、京都大学教授 工学部土木工学教室

図-5 試験片の採取



1. 影線部は廃棄部分
2. A部分からシャルピー（Rollおよび直角方向）を採る

表-2 (a) 化学成分

成分	C	Mn	Si	P	S
材料					
SS 50	0.24	0.80	0.07	0.023	0.043
WEL-TEN 50	0.13	1.40	0.42	0.017	0.024

表-2 (b) 機械的性質

材料	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
SS 50	30.2	50.8	28.5
WEL-TEN 50	32.9	50.7	28.5

示すとおりである。

3. 疲れ試験

疲労試験は、母材、穴あき材、リベット継手いずれも下限応力 $\sigma_{min}=0$ の片振り引張りくり返し荷重に対して行なった。

(1) 使用試験機

本疲労試験には、京都大学工学研究所に設置されている Losenhausen Fatigue Testing Machine UHS 型（静的容量 30 t、動的容量 20 t、くり返し速度 400~1200 回/min 4 段可変）を用いた。

実験に当たっては、荷重くり返し速度は 800 回/min を用いたが、荷重調整までに平均して 500 回を要した。

(2) 実験結果およびその考察

以上に述べた要領で、母材、穴あき材、リベット継手試験片について行なった疲労試験結果を一括して表示すれば、表-3 (a), (b) のとおりである。表-3 (a) は SS 50 について、(b) は WEL-TEN 50 についての結果を示す。なお、備考欄に破断位置を示した。

(a) 母材 最大応力 σ_{max} とこの応力に対し破断に至るくり返し数 N を両対数座標軸にとると、表-3 より図-6 が得られる。実験結果は図よりわかるように多少のばらつきが認められるが、疲労曲線より 2×10^6 回時間強度は大体表-4 と推定され、それぞれ SS 50 は 26.5 kg/mm²、WEL-TEN 50 は 28.5 kg/mm² が得ら

表-3 (a) 疲れ試験結果 (SS 50)

	断面積 (mm ²)	応力振幅 (kg/mm ²)	破断くり返し数 (回)	備考
母材 1	514	0~29.5	732 000	平行部下方破断
2	511	0~28	1 225 000	平行部中央破断
3	513	0~26	2 064 000	破断せず
穴あき材 1 (ドリル穴)	690	0~27	139 000	
2	697	0~24	301 000	
3	691	0~21	517 000	
4	690	0~20	740 000	
5	689	0~19	803 000	
6	690	0~16	2 214 000	破断せず
穴あき材 1 (パンチ穴)	692	0~24	226 000	
2	691	0~22	281 000	
3	685	0~20	528 000	
4	690	0~18	666 000	
5	690	0~16	1 638 000	
6	690	0~15	971 000	
7	686	0~14	1 091 000	
8	689	0~13.5	2 431 000	破断せず
リベット継手 1	678	0~27	66 000	
2	675	0~23.1	281 000	
3	671	0~21.2	476 000	
4	684	0~19.3	1 078 000	
5	673	0~18	2 106 000	破断せず

表-3 (b) 疲れ試験結果 (WEL-TEN 50)

	断面積 (mm ²)	応力振幅 (kg/mm ²)	破断くり返し数 (回)	備考
母材 1	482	0~29.5	1 492 000	平行部上部破断
2	462	0~32.0	648 000	平行部中央破断
3	476	0~31.0	580 000	平行部下端切欠隠む
4	469	0~31.0	413 000	平行部中央破断
5	469	0~28.5	2 110 000	破断せず
6	463	0~32.0	243 000	平行部上部破断
穴あき材 1 (ドリル穴)	635	0~27.0	175 000	
2	648	0~24.0	360 000	
3	647	0~21.0	768 000	
4	637	0~19.0	1 110 000	
5	642	0~18.0	1 265 000	
穴あき材 1 (パンチ穴)	637	0~26.0	122 000	
2	644	0~24.0	165 000	
3	646	0~21.0	249 000	
4	644	0~19.0	359 000	
5	659	0~16.0	834 000	
6	647	0~15.0	1 830 000	
7	642	0~14.0	2 051 000	破断せず
リベット継手 1	665	0~24.1	114 000	
2	638	0~21.0	431 000	
3	640	0~19.2	442 000	
4	638	0~19.3	519 000	
5	634	0~17.4	1 391 000	
6	637	0~17.0	1 371 000	
7	634	0~16.5	987 000	
8	633	0~16.0	1 681 000	
9	643	0~15.0	2 400 000	破断せず

れる。表-2 (b) をみてもわかるように、この値はそれぞれ降伏点の 88%、87% に相当した値となっているが、疲労に対しては WEL-TEN 50 の方が疲労曲線の傾斜はゆるやかである。すなわち、くり返し数が約 5×10^6 回までは WEL-TEN 50 にくらべ SS 50 がすぐれ

図-6 S-N 線図 (母材)

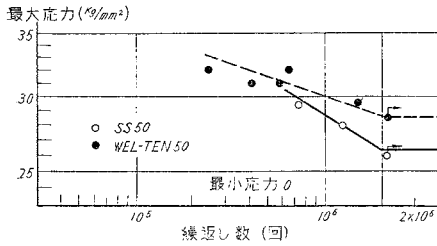


図-7 S-N 線図 (穴あき材)

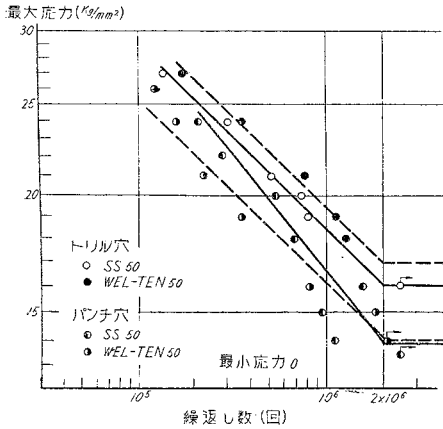


表-4 2×10⁶ 回時間強度 (kg/mm²)

材料		SS 50	WEL-TEN 50
試験片	母材	26.5	28.5
	穴あき材		
	ドリル穴	16.0	17.0
	パンチ穴	13.8	14.0
リベット継手		18.0	15.2

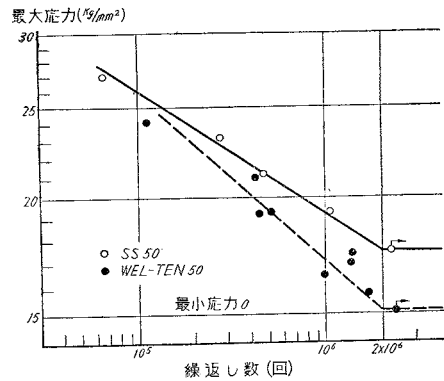
ているがそれ以上のくり返し数に対しては WEL-TEN 50 の方が常に高い時間強度を有している。

(b) 穴あき材 ドリル穴あきおよびパンチ穴あき試験片についての疲労曲線を図-7に示す。この図より 2×10^6 回時間強度を求めると表-4 のとおりである。すなわち、穴あけの方法としてパンチを用いるとドリルを用いた場合よりも 2×10^6 回時間強度はいちじるしく低下し、SS 50、WEL-TEN 50 のいずれも母材の 2×10^6 回強度の約 50% の値となっている。これは、パンチにより穴の周辺部に塑性変形を生じ、このために疲労強度はいちじるしく低下するものと考えられる。すなわち、穴あけに際してはドリル穴とした方が疲労強度上有利である。また SS 50、WEL-TEN 50 とともに穴あけによる疲労強度の低下率はほとんど同一と考えられ、ともに WEL-TEN 50 の方が高い疲労強度を有している。

(c) リベット継手 リベット継手の場合、応力の計算に当たっては $\phi 16$ mm のリベットに対し、元径として 17 mm に相当する断面積を総断面積から控除した純断

面積を用いた。このようにして求めた最大応力 σ_{max} と、この応力に対して破断に至るくり返し数を両対数座標にとると、図-8 に示す S-N 線図が得られる。これ

図-8 S-N 線図 (リベット継手)



より $N=2 \times 10^6$ 回に対する時間強度を求めると表-4 に示すとおりである。すなわち、SS 50 について 18.0 kg/mm²、WEL-TEN 50 について 15.2 kg/mm² が得られた。この値は、ドリル穴あき材の 2×10^6 回時間強度にくらべ SS 50 が約 2 kg/mm² 高くなっているが、WEL-TEN 50 は約 2 kg/mm² 低い値である。また静的試験により得られた母材の降伏点、引張り強さおよび母材、穴あき材の 2×10^6 回時間強度はいずれも WEL-TEN 50 の方が高い値を示しているにもかかわらず、リベット継手ではくり返し数が約 10^6 回以上においては逆に WEL-TEN 50 の方が常に低い時間強度を示している。このことは、リベット締め加工による影響を SS 50 にくらべて WEL-TEN 50 の方が大きくうけているものと考えられる。

また、リベット継手の疲労による破断は表-3 の備考欄に示したように、いずれもリベット穴の純断面で生じた。

4. 結 言

本研究は、高強度鋼材 SS 50、WEL-TEN 50 をリベット継手として用いる場合の $N=2 \times 10^6$ 回に対する時間強度を、実験的に求めるために行なったものであるが、このほか母材、穴あき材についても同様の実験を行なった。本研究の結果、高強度鋼材 SS 50 および WEL-TEN 50 について次の結果を得た。

(1) 図-6, 7, 8 にみられるように疲労曲線は、一般構造用圧延鋼材についての疲労曲線と同じように両対数座標軸上では直線となる。またその傾斜は母材が最も緩慢で、ドリル穴、パンチ穴の順で大きくなっている。

(2) SS 50、WEL-TEN 50 の母材、穴あき材、リベット継手の 2×10^6 回時間強度は、本試験より表-4 に示す値が得られた。

(3) 穴あけによる 2×10^6 回時間強度の低下は、SS 50, WEL-TEN 50 とともにほとんど同一であるが、パンチ穴の場合はドリル穴の場合にくらべて母材の持つ強度の約 10% 低下する。すなわち、高強度鋼材の使用に当たっては、とくに疲労に関してはパンチ穴はドリル穴にくらべて好ましくないと考えられる。

(4) リベット継手として用いた場合、リベット締めの影響により 2×10^6 回時間強度は、母材の静的強度、時間強度と逆の傾向を示したが、いずれもドリル穴あき材と同等の強度を有しているものと考えてさしつかえないものと思われる。

本実験は、その試験数が少ないことのため、その試験結果に不備な点を多く有しているが、これによって高強度鋼材 SS 50, WEL-TEN 50 をリベット継手として用いる場合の資料が得られたものと考えられる。

本研究は土木学会 長大橋梁および高張力鋼鉄道橋研究委員会、ならびに鉄道技術研究所より研究委託をうけたものであって、試験片形状の設計は国鉄で行なったものである。なお本実験には木村信彦(前京都大学助手)、松崎 寛(前京都大学助手)、岡 英寿(京都大助手)、田口二朗(京都大学大学院学生)の諸氏の手をわずらわしたことを付記する。(原稿受付:1960.5.17)

書 評

防 災 工 学

— 台風に対する海岸と港湾の防災 —

黒田 静 夫 共 著 山 海 堂 刊
石 綿 知 治

「国土を荒らす災害、それは私たち人間の宿命的な自然との戦いである。地震、水害、高潮、つなみ、火災……と、かぞみればきりが無い。」と著者等が巻頭に述べているように、毎年のように襲いかかる、自然の脅威にいかに対処するかは、われわれ土木技術者に課せられた重大な使命であることはいかにおよばない。適切な対策を樹立するためには、自然の姿をより良く理解すること、従って過去の資料の集積、検討が重要になってくる。古くから防災工学の確立が痛感されてはいたが、これを体系づけるには容易ならざる努力を要するがために、実現されるには至らなかった。ここに本書を得たのは、誠に時宜をえたものといわねばならない。

本書は副題にも示すように防災工学の一分野である台風災害のみを取り扱ったものである。第1編台風およびこれによって生ずる海岸と港湾の水理現象においては既往の研究成果を数多く参照して要領よく取りまとめている。第2編海岸と港湾の災害状況においては、主要な台風を選んで詳細な資料を表示している。第3編海岸と港湾にある構造物災害の特性とその対策においては、防波堤、船舶に分けてその被害を生じた原因について検討を加え、それにもとづいた対策につき詳細に説明している。さらに資料として関連事項が集められている。

通覧するに、処々に散乱している数多くの資料が一冊の本に要領よくまとめられていることがわかる。ほとんどが図や

表で示されているので、初学者にはあるいは取りつきにくく、かつは記述が簡略にすぎず理解するのが困難なところがあるかも知れない。しかしながら実務家、研究者にとって誠に便利であり、データ・ブックとしての価値は高い。

防災工学にふくまれる他分野においても、本書と同等の力作が公にされ、防災工学確立への礎石が築かれることを念願してやまない。

著者：黒田・国際港湾協会中央事務局次長、石綿・富士製鉄KK施設部

A 5判 453 ページ、定価 980 円、昭 35. 3. 15 発行。

山海堂：東京都新宿区細工町 15
Tel (331)9019・9058・9068・振替東京194982番

豆 知 識

ガソリン税の収入状況

わが国道路の整備事業は進展する交通情勢から、世論に押されて、ここ数年の間かなりの伸びを示しているが、その本格的な整備段階は昭和 29 年に「道路整備費の財源に関する臨時措置法」が制定され、ガソリン税収入相当額が国の道路整備財源にあてられることになって始めて本格的な道路整備の長期計画が立案できるようになってからである。昭和 33 年度の実績によればわが国におけるガソリン総消費量 4 074 000 kL のうち自動車関係に使われているものは 3 894 000 kL で、全体の 96% に相当しており、ガソリン税を道路整備の目的税とすることの妥当性がうなづける。それならわれわれがガソリンに払う金のうち一体どのくらいが道路整備の資金に投入されているかということとおよそ半分といってよく、大蔵省の資料からその税率を諸外国と比較すると表-1 のようにあまり高いとは必ずしもいえない。

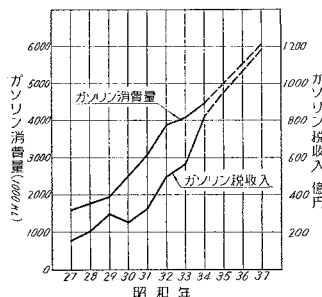
表-1 ガソリン税の国際比率

	日 本	アメリカ	イギリス	フランス	西ドイツ	イタリア
小売価格	42.00 円	28.53	46.20	81.48	52.40	73.73
税 額	22.70 円	8.56	27.70	62.81	28.71	52.24
割 合	54.0 %	30.0	60.0	77.1	54.8	70.9

表-2 ガソリン税収入額
(単位:1,000 円)

年 度	予 算 (A)	決 算 (B)	B/A
24	3 687 000	4 354 462	1.18
25	6 417 000	7 371 804	1.15
26	7 909 000	9 215 895	1.17
27	13 592 000	15 119 899	1.11
28	18 684 000	20 478 896	1.10
29	23 767 000	29 271 337	1.23
30	25 953 000	25 451 163	0.98
31	30 720 000	32 583 692	1.06
32	50 394 000	49 776 643	0.99
33	55 618 000	56 703 584	1.02
34	80 604 000	82 218 333	1.02
35	95 194 000		

ガソリン消費量, ガソリン税収入



ところでこのガソリン税収入の伸びは表-2 に示すとおりの実績で、年々予想を上まわる伸びを示している。さらにまたガソリン税がそれだけ多く入るということは交通量それだけ激増していることであり、その交通情勢のひっばくは、とうていガソリン税だけの道路整備では解決できないところから、今日では、現道路整備 5 年計画の大巾な拡大の必要が強く叫ばれている情勢である。

【建設省 浅井】