

鋼床板現場溶接継手の疲労強度

京都大学工学部	正員	小西一郎
大阪市土木局	正員	近藤和夫
大阪市土木局	正員	加藤隆夫
京都大学工学部	正員	○ 山川純雄
京都大学工学部	正員	本田博良

1. まえがき.

新十三大橋は3径間連続鋼床板2主桁型式で、その鋼床板部(SM50A,板厚12mm)の継手はすべて溶接によるものであり、わが国では最初の試みとして各方面より注目を浴びている。鋼床板の現場溶接を行なう場合、(1)施工上どうしても開先間隙が大となり一定に保持することも困難である。(2)開先間隙が大きくなれば溶接金属を多量に必要とし、溶接金属の落下防止対策が必要となる。(3)裏溶接は行ない難い。などの問題がある。したがって本橋においては、溶接金属の落下防止のため裏あて板を用い、ユニオンメルトにカットワイヤーを併用する溶接法をとることとし、裏溶接は行なわれないで溶接後も裏あて板はそのまま放置することとした。溶接条件は、各種溶接開先条件で溶接した継手に対して種々の試験を行ない、比較検討して決定した。また溶接部の機械的性質を調べた結果、開先間隙の多少の変動、裏あて板の肌すきなどは静的な機械的性質にはほとんど影響しないことが判明した。

以上のようにして決定された現場溶接諸条件のもとで行なわれた溶接継手の耐疲労性については、曲げおよび引張疲労試験を行ない検討しているもので、ここではその1部として引張疲労試験結果を若干の考察を加えて報告する。

2. 試験供試体

本疲労試験は(1)裏あて板の影響、(2)ビート面の仕上効果、(3)溶接金属のたれ下りによる肌すきの影響、などを明らかにするとともに(4)本橋鋼床板現場溶接継手の耐疲労性を検討するための基礎資料を求めるために行なったものである。

試験に用いた供試体の形状寸法は図-1に示すとおりで、溶接部の詳細図から明らか

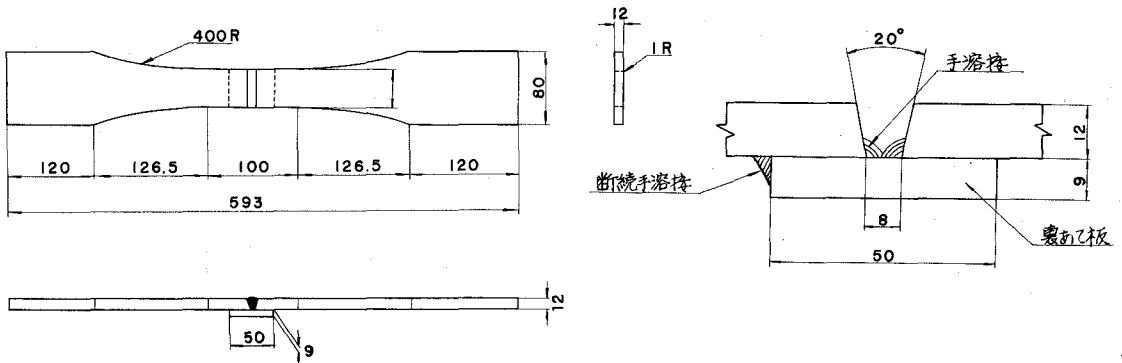


図-1 試験供試体

おり、まず開先ルート部を手溶接し、その後をユニオンメルト溶接にカットワイヤーを併用した自動溶接を行なっている。試験供試体の種類と本数は表-1のとおりである。

表-1 供試体の種類と本数

記号	本数	説 明
T1	7本	母材(SM50A)でロールのまま
T2	7	標準溶接開先ものをユニオンメルトとカットワイヤーを併用して自動溶接したもので、ヒドおよび裏あて板は付いたまま。
T3	7	上記T2の溶接部を機械仕上し、さらに裏あて板を取除き、その後も機械仕上したもの(両面機械仕上)
T4	7	溶接法、開先ともT2、T3と同一であるが、裏あて板と母材間に肌付き2mmを与えたもの(両面とも非仕上)
T5	7	開先は前3者(T2、T3、T4)と同じだが、手溶接(LB-52)したもので、ヒド面のメグラインダー仕上したもの(裏あて板は付いたまま)
計	35本	(注) 溶接部の概略図は表-2の区分欄に示したので参照されたい。

なお使用した試験機はローゼンハウゼン疲労試験機UHS型(静的±35t、動的±20t)であり、荷重繰返し速度は800%/minとした。

3. 疲労試験結果

表-2 引張疲労試験結果の総括

区 分	試験片記号	断面積 (mm ²)	荷 重 (t)		応力 (kg/mm ²)		繰返 数 (×10 ⁴)	破断の有無および 箇 所
			上 限	下 限	上 限	下 限		
母 材 (SM50A)	T1-1	466.54	5.61	0	12.02	0	269.4	破断せず
	2	459.69	16.09	0	35.00	0	55.2	R部破断
	3	472.43	14.17	0	30.00	0	216.3	破断せず
	X 4	453.42	18.14	0	40.00	0	25.8	R部破断
	5	471.41	15.56	0	33.00	0	96.4	"
	6	470.23	17.40	0	37.00	0	83.6	"
	7	474.00	14.69	0	31.00	0	212.9	破断せず
標準溶接開先 ユニオンメルト+カットワイヤー 	T2-1	474.00	17.46	0	36.84	0	5.7	溶接部破断(B)
	2	476.40	5.73	0	12.02	0	232.4	破断せず
	3	475.41	9.51	0	20.00	0	49.0	溶接部破断(B)
	● 4	477.00	7.16	0	15.00	0	189.2	" (B)
	5	471.41	11.79	0	25.00	0	35.8	" (B)
	6	476.00	14.28	0	30.00	0	12.2	" (B)
	7	471.20	8.48	0	18.00	0	244.9	" (B)
同上、両面機械仕上 	T3-1	474.22	5.70	0	12.02	0	232.7	破断せず
	2	473.62	18.94	0	40.00	0	9.1	溶接部破断(B)
	3	477.19	16.70	0	35.00	0	38.3	R部キレツ
	A 4	478.00	14.34	0	30.00	0	45.2	溶接部破断(B)
	5	475.70	11.89	0	25.00	0	231.4	" (B)
	6	477.40	13.13	0	27.50	0	180.9	" (B)
	7	480.00	13.20	0	27.50	0	33.3	" (B)
裏あて板取スキ2mm ユニオンメルト+カットワイヤー 	T4-1	466.00	5.60	0	12.02	0	233.1	破断せず
	2	471.41	7.16	0	15.19	0	205.6	溶接部破断(B)
	3	476.61	9.53	0	20.00	0	54.9	" (B)
	○ 4	473.41	11.84	0	25.00	0	22.1	" (B)
	5	473.41	14.20	0	30.00	0	9.8	" (B)
	6	476.60	19.06	0	40.00	0	2.1	溶接部キレツ(B)
	7	475.19	8.55	0	18.00	0	147.5	溶接部破断(B)
標準溶接開先 手溶接(LB-52) ヒド面メグラインダー仕上 	T5-1	472.59	5.68	0	12.02	0	216.9	溶接部破断(B)
	2	474.00	7.11	0	15.00	0	248.7	" (B)
	3	472.82	9.46	0	20.00	0	210.0	破断せず
	□ 4	476.00	11.90	0	25.00	0	61.7	溶接部破断(S)
	5	474.00	14.22	0	30.00	0	22.7	" (B)
	6	476.00	10.95	0	23.00	0	190.0	" (B)
	7	474.00	18.96	0	40.00	0	13.6	" (B)

表-2 は片振引張

疲労試験結果をとり

まとめたもので、図

-2 は破断に至るま

での繰返し数(N)と

公称上限応力(S)を

両対数方眼紙上にプ

ロットして得られた

S-N線である。この

S-N線より60万回な

らびに200万回疲労

強度を求めるとおよそ表-3のよう

な値が得られる。

表-3における β は疲労に関する形状係数と称され

るもので、

$$\beta = \frac{\text{無欠陥材の疲労強度}}{\text{欠陥材の疲労強度}}$$

で定義される。表-3では無欠陥材の疲労強度とし

て一応圧延のままの母材(T1)疲労強度をとった。

4. 考 察

(1) S-N線：—— T2とT4シリーズを比較すると、

高応力領域ではT2の方がT4のS-N線よりもやや高いが、200万回付近まではほとんど

一致している。このことは2mm程度の肌すきの場合、高応力の場合には疲労強度をやや低

下させる傾向があるが、200万回以上の高サイクル疲労ではその影響はほとんどないこと

を示すものである。つぎにT3およびT5シリーズをみると、バラツキがかなり大となっ

ている。とくにT5シリーズは全5シリーズ中最もバラツキが大きい。このバラツキの原

因としては、裏溶接を行なわなかったことによる顕微鏡的ヘアークラックがルート部に存

在し、その大小によって仕上効果が変化するためと考えられる。T5シリーズは手溶接に

よるもので自動溶接の場合より溶接部が非均一になりやすいため、一層バラツキが大とな

ったものと思われる。また母材(T1)と両面機械仕上を施したT3を比較すると、T3のS-N

線は全体的にかなり低く出ている。この原因としては、1・2の削外を除いて疲労クラック

がすべて裏あて極側より発生進行していたことから考えて、裏面の仕上によってほぐい

えれない微視的なルート割れのようなものが存在していたものと考えられる。

(2) 疲労強度：—— 表-3に60万回および200万回疲労強度を示したが、母材(T1)の疲労強度

は普通(28~30kg/mm²)よりやや高目に出ているがほぼこの程度であろう。T2, T4では200

万回疲労強度が15kg/mm²、T5では16kg/mm²と著るしく低下している。すなわちT2, T4お

よびT5では形状係数が $\beta = 2.0 \sim 2.13$ と大きく、疲労に対して大きな切欠きを示している。

T5が意外に低いのは手溶接のためであろうが、ビード面の仕上は耐疲労性の向上にはあ

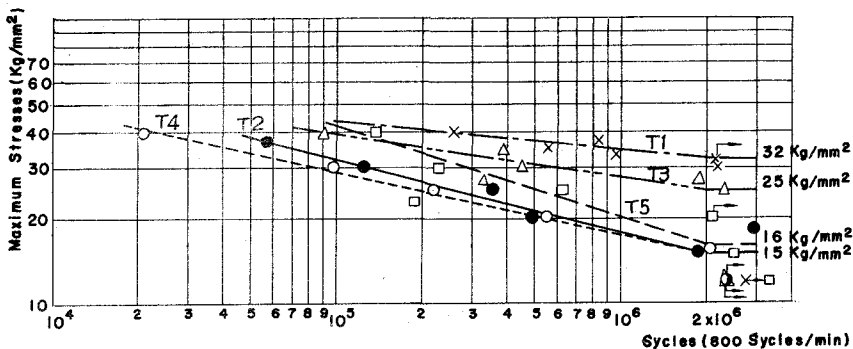


図-2 S-N線 ($\sigma_{min} = 0$)

表-3 疲労強度

区 分	疲労強度 (kg/mm ²)		β	
	60万	200万	60万	200万
T 1	36.2	32.0	1.00	1.00
T 2	20.2	15.0	1.79	2.13
T 3	30.0	25.0	1.21	1.28
T 4	19.7	15.0	1.84	2.13
T 5	24.0	16.0	1.51	2.00

まり効果がないことを意味している。また両面仕上したT3でも $\beta = 1.28$ とかなり大きく、母材T1より約22%も低下していることをみても、裏あて板側に大きな切欠が存在することなどがえる。

(3)実橋における鋼床板現場溶接継手の耐疲労性：——本節までに述べてきた疲労試験は純片振疲労試験であって、その結果得られた疲労強度をそのまま実橋にあてはめるわけにはゆかない。実際には死荷重応力やその他の二次的静応力(溶接による残留応力など)が作用していることを考慮に入れたいうえで検討しなければならない。任意の応力振幅に対する耐疲労性を検討するには、図-3に示したGoodman diagramが便利である。この図を利用すれば、実橋における現場溶接継手の耐疲労安全性をある程度推定できよう。実際の残留応力を定量的に評価するのは非常にむづかしい問題で、これについては現在検討中である。しかしより重要と思われるクロス方向(橋軸直交方向)の現場溶接継手箇所の主析作用による応力および床板作用による応力を計算し、その最大応力振幅を求め、耐疲労性を図-3を用いて検討した結果、安全側であることを確認している。その詳細については講演当日にゆずる。

5. ま す び

以上を要約するとつぎのようである。(1)現場溶接継手に期待できる200万回純片振疲労強度は約15 kg/mm^2 である。(2)ビード面のみ仕上げても200万回疲労強度はほとんど向上しない。(3)疲労フラックはすべて裏あて板側より発生する。以上のとおりであるが、実橋における現場溶接継手の耐疲労安全性については、溶接による残留応力の影響を更に詳しく調査研究したうえで結論を下したい。なお本研究に種々御協力いただいた三菱重工、高田機工、駒井鉄工の関係者各位に感謝の意を表する。

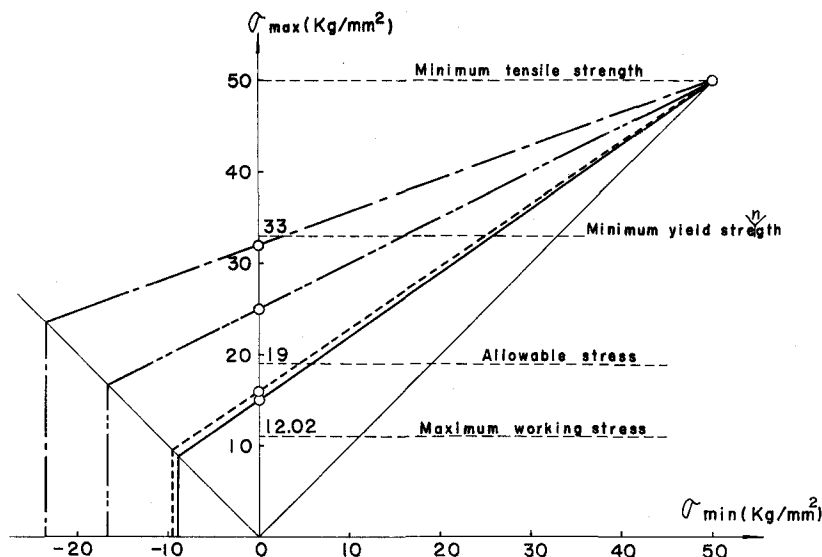


図 3 2×10^6 回時間強度に対する Goodman diagram