

○ 名古屋大学大学院 学生員 田垣 徳幸
 静 岡 県 正会員 田中 宏昌
 名古屋大学工学部 正会員 山田健太郎

1. まえがき 橋梁の長大化に伴い、鋼橋の床版に軽量の鋼床版が用いられるようになってきた。鋼床版の縦リブとしては、ねじり剛性が大きく、大きな縦リブスパンが可能な閉断面縦リブ(図1)を使用することが多い。鋼床版では、活荷重を直接受けるため、死荷重応力より活荷重応力の影響が大きく、疲労を考慮する必要がある。本研究は、鋼床版閉断面縦リブと横リブの交差部の疲労に対する安全性を、リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果を用いて検討するとともに、初期欠陥を有する場合の解析法についても合わせて検討した。

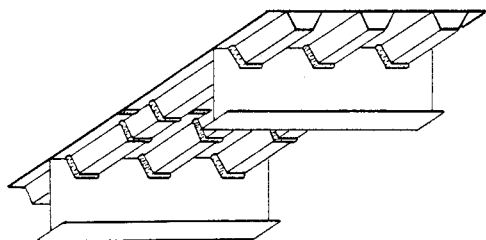


図1 鋼床版閉断面縦リブの概略図

2. リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験 供試鋼材に、SM50とSMA50を用いて、合計47本のリブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験を行なった。図2に、疲労試験結果の $S-N_f$ 線図、および95%信頼区間を示す。この図に、JSSC(SM50)およびA588の同様な試験結果をあわせて示す。また、疲労試験中のき裂の挙動を明確にするために、疲労試験の途中のある時期に、浸透性の良い塗料を溶接止端部に塗り、き裂の大きさや形状をマークした。この結果、あるき裂の大きさから、破断に至る繰り返し数が明らかとなった。

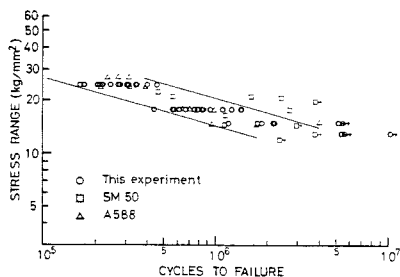


図2 疲労試験結果

3. $S-N_f$ 線図による鋼床版閉断面縦リブの疲労に対する検討

ここでは、リブ十字すみ肉溶接継手の $S-N_f$ 線図を用いて、実測された輪荷重による応力を基本に、鋼床版の疲労に対する安全性を検討した。その手法および仮定を次に示す。

- ① 縦リブの長手方向の実働応力振幅は、本四公団が実施した長浦試験橋梁の載荷試験データをもとにした。この橋梁は、図3に示すように、板厚12mmのデッキプレートと板厚6mmの閉断面縦リブで補剛したものである。トラウフの後輪(ダブルタイヤ、7.25t)を、図4の位置に静的載荷したとき、縦リブ下面のコーナー付近に、約6.5 kg/mm²の応力が発生した。
- ② 上記①のデータから、建設省輪荷重実測値統計(図5)を用いて作用応力を推定し、等価応力振幅 $\sigma_{r,eq} = (\sum \alpha_i \sigma_{ri}^3)^{1/3}$ を求める。ただし、 α_i は応力振幅 σ_{ri} の頻度で、この式は、傾き3の $S-N_f$ 線図を用いた Miner 則と同じである。
- ③ 日交通量は、20,000台を想定し、車はすべて2軸車で、後輪

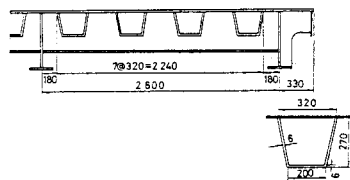


図3 長浦試験橋梁の概略図

が縦リブ上を通過すると仮定した。

④ 部材の疲労寿命を、図2の試験の95%信頼区間の下限值とする。

⑤ 破壊までの繰り返し数 N_f から、耐用年数を推定する。

以上の方法で、耐用年数を計算した結果を、表1に示す。ここでは、すべての輪荷重が疲労被害を与えると考えた場合と、ある荷重以上のものだけが疲労被害を与えるとした場合の両方について計算した。その結果縦リブと横リブの交差部のすみ肉溶接部に欠陥がないとすれば、橋梁の設計寿命を50年としたとき、その供用中に、疲労破壊は生じない。

4. 初期き裂が存在する場合の疲労寿命の検討 次に、すみ肉溶接止端部に、初期欠陥が存在する時の鋼床版の疲労に対する検討を行なう。ここではマーキングにより得られたき裂深さ a を初期欠陥とみなし、マーキングから破断に至る繰り返し数も、初期欠陥 a の存在する部材の疲労寿命とする。例えば、マーキングにより得たき裂深さのうち、 $a_0 = 0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ の場合を分類し、そのS-Np線図を図6に示す。図6に、初期欠陥のない部材(図2)の95%信頼区間を細線で示す。データは、この信頼区間以下の疲労寿命を示し、初期欠陥の存在により、疲労寿命が低下することがわかる。また、初期欠陥が 1.0 mm の時の破壊に至る繰り返し数を、破壊力学の手法を用いて計算し、その結果を図6に破線で示す。これは、初期欠陥 $a_0 = 0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ の実験値の下限值とほぼ一致する。したがって、 1.0 mm の初期欠陥を有する部材の疲労寿命として、このS-Np線図を用い、前述の縦リブと横リブの交差部の疲労寿命の検討を行なった。その計算結果を表1に示す。この結果、耐用年数は、 1.0 mm の初期欠陥があることにより、 $1/10 \sim 1/4$ になることがわかった。橋梁の設計寿命を50年とすれば、供用中に、疲労破壊が起こる可能性があることになる。

5. あとがき ここでは、初期欠陥を有する鋼床版縦リブと横リブの交差部の疲労寿命の検討の手法を示した。この手法は、上向き溶接を必要とする鋼床版縦リブの現場突合せ溶接継手(図1)等の疲労に対する安全性の検討にも、応用できると思われる。なお、ここでは、解析の単純化のため静的載荷時の導入応力を用いて計算したが、実際には、走行載荷による影響や通過交通の幅員方向のばらつき等の影響についても、検討する必要がある。

参考文献

- 1) 福井・沢井：鋼床版の変形特性に関する調査，橋梁と基礎，1978年6月
- 2) 小堀・吉田：鋼構造設計理論，森北出版，1977年12月
- 3) 山田・牧野・馬場・菊池：破壊力学を用いた鋼構造物の疲労強度解析，第25回構造工学シンポジウム論文集

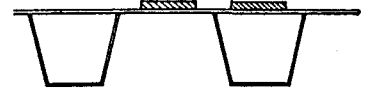


図4 静的載荷試験の載荷位置

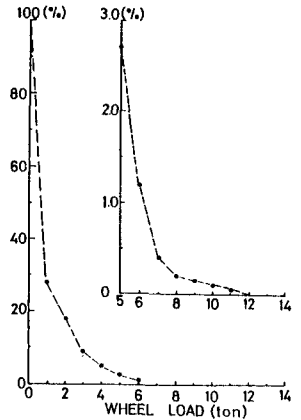


図5 輪荷重実測値統計

Wheel Load (ton)	%	σ_{req} (kg/mm^2)	vehicles / day	Fatigue Life (years)	
				with no defect	with a defect
all	100	2.2	20000	53	6
over 5	2.75	5.9	500	64	11
over 8	0.25	9.1	40	184	38
over 10	0.10	9.9	20	273	65

表1 疲労寿命の計算値

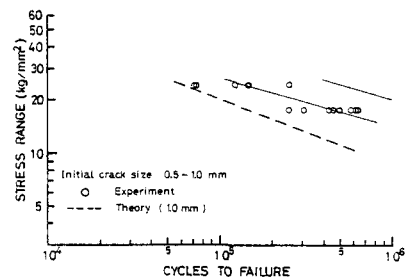


図6 初期欠陥 ($a_0 = 0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$) を有する部材のS-Np線図