

大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩南
 大阪大学大学院 学生員 〇李 東郁
 阪神高速道路公団 正員 石崎 浩

1. まえがき 鋼床版トラフリブの溶接における疲労き裂の発生点はトラフリブの隅角部であり、トラフリブの内側の裏当材のルート部より発生し、貫通き裂となって左右に広がっていくことが実験によって知られている。本研究では目違い、溶接棒と種々変化した溶接継手とを製作し、溶接棒、ルート止端形状、疲労寿命との関係と調べ、また鋼床版実物大模型と有限要素法による3次元弾性解で解析したものである。

2. 試験片の製作

2-1 試験片形状 試験片形状は図1の如く、溶接部はグラインダーをかけた後バフにて錆を除去して溶接した。

2-2 溶接要領 裏当金材の溶接の仮付けは全て下向姿勢であり、鋼床(A)(B)は全て上向姿勢で溶接を行った。

2-3 溶接法と試験片製作回数 表1でHシリーズは手溶接、CシリーズはCO₂半自動溶接、MシリーズはMAG溶接で、H-B14はB-14(40^o級イルミナイト)、H-L47はLB-47(40^o級低水素系)、H-L52はLB-52(50^o級低水素系)、C-DW(R)はDW-100(50^o級複合心線、逆極性)C-DW(S)はDW-100(50^o級複合心線、正極性)、M-M50はMIX-50S(50^o級MAG用心線、逆極性)である。溶接棒は神戸製鋼所製、MAG溶接用シールドガスはAr+20% CO₂である。また試験片の歪防止のため歪防止治具を取付て歪防止を行った。なお溶接完了後余高さは3mmまでとし、3mmを越える箇所はグラインダーにて仕上げた。

3. ルート形状

3-1 断面MACRO 図2-3のように同じ条件で溶接してもルート部の形は様々であった。

3-2 ルート角度 表2のように目違いを有する全体ルート角度(θ_1)と局所ルート(P)の角度(θ_2)と半径 P を調べた。

4. 疲労実験

4-1 負荷応力 鋼床版のトラフリブの下面に効く応力 $\sigma_{max} = 16.58 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{min} = 1.84 \text{ kg/mm}^2$, $\Delta\sigma = 14.74 \text{ kg/mm}^2$ とした。

4-2 疲労寿命 目違い、溶接法、溶接棒にかける疲労寿命との関係は表2 ルート角度(θ_1 , θ_2)と半径(P)とルート形状

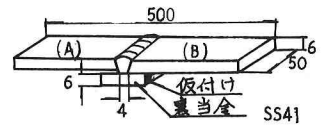


図1 試験片形状

表1 試験片製作回数

δ mm	0	2	3	4	Total
H-B14		2			2
H-L47	2	4	2	2	10
H-L52		2			2
C-DW(R)	2	2	2	2	10
C-DW(S)		2			2
M-M50(R)		2			2
Total	4	16	4	4	28

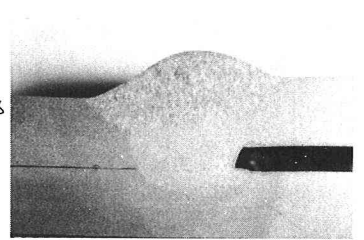


図2 ルート形状($\delta=2\text{mm}$, H-L47)

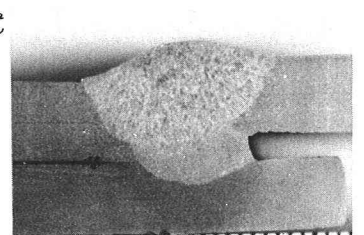


図3 ルート形状($\delta=2\text{mm}$, H-L47)

	H-B14	H-L47				H-L52	C-DW(R)				C-DW(S) M-M50	
δ mm	2	2	2	3	4	2	2	2	3	4	2	2
全体ルート θ_1	135	116.6	73.3	88.7	71.8	90	44	65	58	68.2	87	55.2
局所ルート θ_2	158	151	142	149	123	131	150	158	137	150	147	143.5
P mm	0.107	0.188	0.286	0.391	0.084	0.086	0.078	0.676	0.583	0.275	0.567	0.229
形状												

図4の通りであり、H-L47の場合目違いと疲労

寿命は $\delta=2\text{mm}$ と 3mm ではバラつきが多いが $\delta=3\text{mm}$ と 4mm では 4mm の疲労寿命が非常に下がる。 $\delta=2\text{mm}$ と 3mm の場合溶接法と疲労寿命は半溶接(H-L47)が CO_2 半自動溶接(C-DW(R))より疲労寿命を高くしており、 $\delta=4\text{mm}$ の場合は CO_2 半自動(C-DW(R))がより高い。溶接棒と疲労寿命については $\delta=2\text{mm}$ 半溶接では LB-52(50 級低水素系が一歩高いし、また $\delta=2\text{mm}$ CO_2 半自動溶接では正極性が逆極性より疲労寿命を高くしており、MAG溶接と CO_2 半自動溶接(逆極性)ではほとんど差がない。

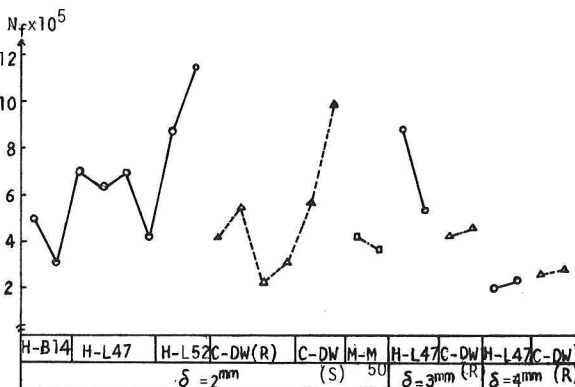


図4 目違い、溶接法、溶接棒と疲労寿命

4-3 き裂の発生点調査 試験片28本の中で22本が目違いを有する裏当材のルートからき裂が発生しており、破断面に BLOW HOLE、銀点が各々1本ずつ有ってもき裂の発生点にならなかった(図5参照)なお4本は BEAD の表側の止端からもき裂が発生しているのでこれは UNDER CUT が原因になったと思われる。また残りの2本は破断しなかった。

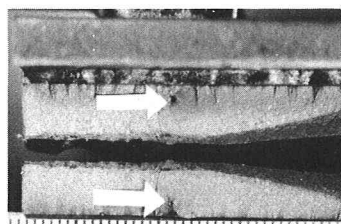


図5 BLOW HOLE

4. 有限要素法による実物大模型解析及び厚さ断面解析

4-1 実物大模型解析 鋼床版トラフリブ実物大模型を有限要素法による3次元弾性解のリブ軸方向応力(応)を図6に示す。解析結果トラフリブの隅角部にはせん断変形による SHEAR LAG²⁾が効いてリブの下面よりも大きな応力分布を表わしている。

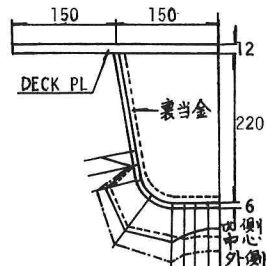


図6 リブの溶接部応力($\delta=2\text{mm}$)

4-2 厚さ断面解析 切断面縦リブと有する鋼床版疲労実験で疲労き裂の発生点は目違いを有する裏当金のルートから発生しており、3次元実物大模型解析でも隅角部の応力が一番大きいので3次元実物大模型解析の厚さ方向の変位を有限要素法による2次元平面弾性解に入れて主応力を求めてみた。 $\delta=0\text{mm}$, $\delta=2\text{mm}$ とも主応力が一番大きいのはルートと母材の境界で母材側にもかって起こった(図7~8参照)

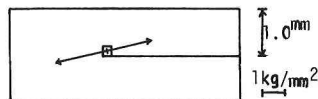


図7 リブのルート部応力($\delta=0\text{mm}$)

5. まとめ

1. 断面 MACRO によると溶接条件が同じにも拘らず目違いを有するルート部の形状が様々なのでルート部の形状によっても疲労寿命に影響を及ぼすと思われる。

2. 疲労寿命と溶接法については非常にバラつきが多い。疲労寿命と溶接棒の関係は $\delta=2\text{mm}$ 半溶接では LB-52 棒が優れている。 CO_2 半自動溶接では DW-100 正極性が疲労寿命を高める。 $\delta=3\text{mm}$ の場合は半溶接 LB-47 棒が疲労寿命を上げるが信頼性の問題はさらに研究しなければならない。

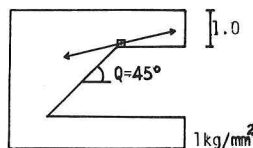


図8 ルート部主応力($\delta=2\text{mm}$)

3. 破断試験片28本の中4本が BEAD 表側からき裂が発生しているので溶接施工上注意を要する。

4. 実物大模型解析で隅角部に SHEAR LAG が効いていることが分かった。

5. $\delta=0$, $\delta=2\text{mm}$ ($\theta=45^\circ$) の厚さ断面解析でルートと母材の境界で母材側の上の主応力が一番大きかった。

6. 参考文献 1) 堀川, 孝, 石崎: 土木学会年次講演概要, I-73(1982), 2) J.T. ODEN MECHANICS OF ELASTIC ST.