

垂直補剛材上端のデッキプレート貫通き裂に対する当て板接着補修

京都大学 正会員 ○石川 敏之, 学生員 松本 理佐, 正会員 河野 広隆
 阪神高速道路(株) 正会員 青木 康素

1. 目的

鋼床版では、**図-1**に示すような、垂直補剛材直上の鋼床版のデッキプレートに多数疲労き裂が発生している。本研究では、**図-1**の疲労き裂がデッキプレートを貫通した場合に、デッキプレート上面へ鋼板あるいは炭素繊維ストランドシート(以後、ストランドシートと呼ぶ)を接着して、疲労進展を遅延させることができるかどうかを、面外ガセット試験体を用いて板曲げ疲労試験を行い検討した。さらに、デッキプレート上面から当て板接着を行い、デッキプレート下面の疲労き裂の閉口処理(ICR 処理)を併用する工法に対しても効果を確認した。

2. 試験体

本研究では、鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材の接合部を模擬した面外ガセット試験体(SM490Y 材を使用)を用いた。板曲げ疲労試験は、**図-2**に示す板曲げ振動疲労試験を用い、実橋を想定してき裂発生位置の応力比を $R=-\infty$ (バネを押上げた状態)として実施した。全ての試験体で、溶接止端から疲労き裂が発生し、母材に進展してから裏面にき裂が生じた。試験体の一覧を表-1に示す。試験体 P, C では、母材の裏面に疲労き裂が生じた段階で、試験体の裏面に 220mm×220mm の鋼板およびストランドシートを、それぞれの当て板専用のエポキシ樹脂(2液混合型)を用いて接着している。接着する鋼板の厚さは 4.5mm とした。ストランドシートは、鋼板と同じ伸び剛性となるように、高弾性のシート($E_f=640\text{kN/mm}^2$)を3層、ガセット軸方向に接着した。試験体 P+ICR, C+ICR では、表面の母材に進展したき裂を叩いて閉口した後、試験体の裏面に鋼板あるいはストランドシートを接着した。比較のため、溶接ままの試験体(AW)、表面のみ ICR 処理した試験体(ICR)も準備した。試験体裏面への鋼板あるいはストランドシートの状況の一例を**図-3**に示す。また、試験体 C において、試験初期でストランドシートが接着端からはく離したので、試験体 C+ICR では、ストランドシートを重ねて接着する際、25mm の段差を設けた。

3. 疲労試験結果

全ての試験体に対して、溶接止端の位置の公称応力範囲を 100N/mm^2 として繰返し応力を与え、試験体裏面から疲労き裂が生じた段階(N_f)で、裏面の当て板接着や表面の ICR 処理を行った。その後、同じ応力範囲で疲労試験を再開し、疲労き裂が溶接から離れて母材に 50mm 進んだ段階(N_{50})で疲労試験を終了した。表-1 には、当て板接着や ICR 処理してからき裂が 50mm に達するまでの繰返し回数($N_f \rightarrow N_{50}$)を示している。試験体 AW の $N_f \rightarrow N_{50}$ は、裏面にき裂が生じてから表面のき裂が

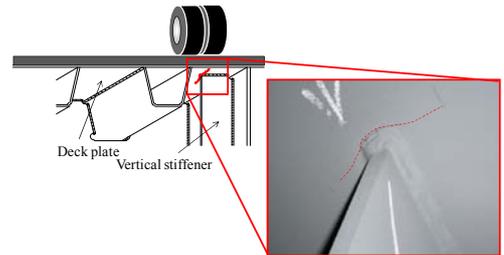


図-1 垂直補剛材直上のデッキプレートのき裂

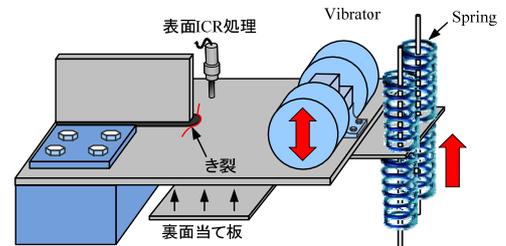


図-2 面外ガセット試験体の板曲げ振動疲労試験

表-1 試験体一覧

試験体	No	$N_f \rightarrow N_{50} (\times 10^4)$
AW	1	11.5
	2	11.5
P (鋼板)	1	76.3
	2	47.1
C (ストランドシート)	1	6.4
	2	4.7
ICR	1	29.8
	2	70.0
P+ICR	1	101.4
	2	118.9
C+ICR	1	run-out(1,045)
	2	run-out(1,058)



図-3 試験体裏面への当て板の接着状況

キーワード 面外ガセット, 疲労き裂, 当て板接着補修, 疲労寿命
 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-220 TEL 075-383-3321 FAX 075-383-3324

50mm に達するまでの繰返し回数になる。図-4 に各試験体の $N_f \rightarrow N_{50}$ の比較を棒グラフで示す。また、疲労破面の一例を図-5 に示す。表-1 と図-4 から、試験体 C は、試験初期にストランドシートが端部からはく離したので当て板の効果が無い結果となった。一方、鋼板を接着した試験体 P は、試験体 AW の 4、5 倍進展寿命が延びている。したがって、面外ガセット試験体でき裂が貫通している場合でも、裏面へ鋼板接着することにより、表面のき裂進展を遅延させることができると考えられる。ただし、試験体 P でも、 N_{50} に達する直前で鋼板のはく離が生じ、き裂の進展が変化した(図-5 (b))。表面のみ ICR 処理でき裂を閉口した試験体 ICR の $N_f \rightarrow N_{50}$ の繰返し回数は、試験体 AW と比べて平均で 4 倍程度増加しているが、図-5 (c) に示すように試験体裏面の疲労き裂が大きく進展した。ICR 処理とストランドシート接着(端部 25mm 段差)を併用した試験体 C+ICR は、1,000 万回繰返し载荷しても疲労き裂が進展しなかったので run-out とした。したがって、応力範囲 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の場合、ICR 処理とストランドシート接着を併用し、ストランドシートがはく離しなければ、き裂の進展抑制効果が大きいと考えられる。一方、ICR 処理と鋼板接着を併用した試験体 P+ICR では、それぞれの工法の単独の効果と比べて、き裂進展の遅延効果は高かったが、試験体 C+ICR ほどの効果がなかった。これは、き裂位置で鋼板がはく離したためである。

図-5 (a) の溶接したままの試験体 AW のき裂の破面からわかるように、補修を行わない場合、表面と裏面でそれぞれき裂が進展し、表面の半楕円き裂と裏面の半楕円き裂が重なった状態となる。裏面に鋼板接着を行った試験体 P(図-5 (b))では、鋼板接着によって板厚が増した状態になり、裏面のき裂の開閉口が当て板により抑制されるので、表面の半楕円き裂が板幅方向と板厚方向に成長するように進展した。表面に ICR 処理を施し、裏面に鋼板接着した試験体 P+ICR の疲労破面(図-5 (d))は、試験体 ICR の破面(図-5 (c))と同様であった。これは当て板がはく離した後、ICR 処理を行った試験体と同様な疲労進展となるからである。

4. まとめ

本研究では、垂直補剛材上端のデッキプレートを貫通した疲労き裂への当て板接着補修の効果を板曲げ疲労試験を実施して検討した。主な結論を以下に示す。

- 1) 試験体裏面に当て板を接着した場合、繰返し応力の作用で当て板がはく離する場合がある。ただし、当て板がはく離しなければ、疲労き裂の進展を抑制する効果がある。
- 2) ICR 処理によって、溶接止端側のき裂を閉口させた場合、疲労き裂が溶接止端から離れて母材を 50mm 進展するまでの寿命は増加するが、裏面のき裂が表面よりも進展する。
- 3) 溶接止端側の疲労き裂を ICR 処理し、裏面へ当て板を接着した場合、応力範囲が $100\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であれば、当て板がはく離しない限り、疲労き裂の進展を大幅に抑制できる。

謝辞：日鉄住金マテリアルズ(株)の秀熊氏，コニシ(株)の堀井氏ならびに研究当時京都大学大学院生の清水氏，坂野氏にご協力頂いたことに謝意を示します。

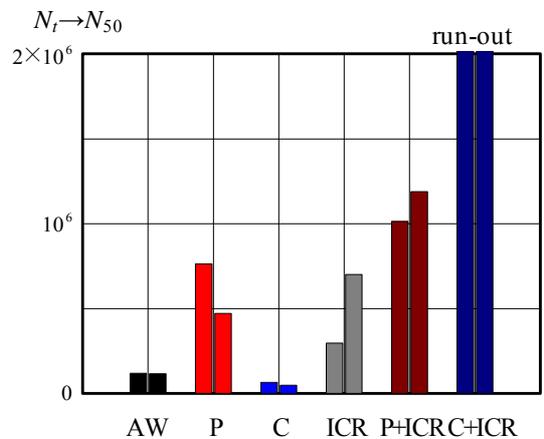


図-4 各試験体の $N_f \rightarrow N_{50}$ の結果

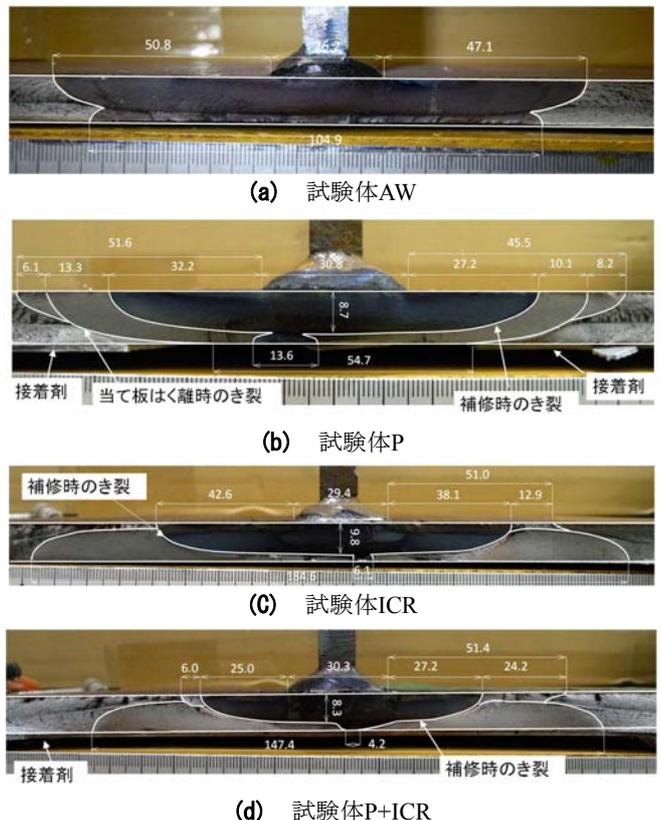


図-5 各試験体の疲労破面(単位:mm)