

鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接ルート部における疲労き裂の発生要因と進展性状に関する研究

(株)奥村組 (前九州大学)	正会員	○三浦 健一	九州大学	正会員	貝沼 重信
九州大学	学生会員	尾上 聡史	(社)日本橋梁建設協会	正会員	川畑 篤敬
(社)日本橋梁建設協会	正会員	内田 大介	(社)日本橋梁建設協会	正会員	井口 進

1. はじめに 鋼床版において、デッキプレートとUリブの溶接ルート部から疲労き裂が発生し、デッキプレートの車両走行面に向かって進展する疲労損傷が報告されている。このルートから発生するき裂（以下、ルートき裂と呼ぶ）がデッキプレートを貫通すると路面が陥没し、車両の走行安全性を確保できなくなる。本研究では独自に構築した試験システム¹⁾を用いて、鋼床版モデルの疲労試験を行うことで、ルートき裂の発生要因と進展性状について検討した。また、Uリブ厚や溶接溶込み深さがルートき裂の発生・進展性状に及ぼす影響についても検討した。

2. 試験方法 試験体はFEM応力解析の結果に基づき、図-1に示す2本のUリブを有する鋼床版モデルとし、Uリブ厚、溶接溶込み深さおよび溶接方法を変化させた3種類、計5体を製作した。以下では、これらの試験体を表-1に示すように、それぞれD12U6SP0-FS1、D12U6SP0-FS2、D12U8SP50-FS、D12U8SP50-F、D12U8MP50-FSと呼ぶ。

鋼床版上を走行する交通車両の輪荷重は、アスファルト舗装により分散され、デッキプレートに伝達される。そこで、本試験システムでは静的荷重試験およびFEM応力解析の結果に基づき、図-1に示すように疲労荷重を厚さ80mmの載荷ゴム（G12、公称せん断弾性係数: 1.2N/mm^2 ）を介させることで十分に分散させることに配慮した。また、図-2に示すデッキプレートとUリブの溶接止端近傍の実働応力波形は、輪荷重の移動により図-2(a)に示すように引張応力と圧縮応力が交番している。この交番応力はデッキプレートとUリブの交差部の溶接ルート部においても発生することをFEM解析により確認している。本研究では、この応力交番により交差部のルート部が開閉口することでルートき裂が発生するものと推測した。そこで、本試験システムでは図-1に示すように疲労荷重と静的荷重を組み合わせることで、図-2(a)の実働応力波形を模擬して、図-2(b)に示す波形で応力の交番をシミュレートした。また、ダブルタイヤを想定した疲労荷重は、着目部の発生応力の大きさが最大となるUリブ支間中央のUリブウェブ直上の位置に載荷することとした。

3. 試験結果 疲労試験時の試験条件および試験結果を表-1に示す。D12U6SP0-FS1、D12U6SP0-FS2およびD12U8SP50-FSの3体の試験体では、いずれもルートき裂が発生した。そのルートき裂の発生領域は、疲労荷重の載荷点直下から橋軸方向に50～150mmの範囲であった。D12U8SP50-Fについては、交差部のルート近傍に引張応力を導入しない条件下でルートき裂の発生の有無を検討するため、応力範囲をD12U8SP50-FSと同様とした疲労荷重のみを載荷することで、圧縮繰返し応力下の疲労試験を実施した。

ルートき裂が発生した3体の試験体の内、300万回の繰返し応力を載荷したD12U6SP0-FS1とD12U6SP0-FS2のルートき裂の進展長さは、最大で3.2mmと5.7mmであった。一方、繰返し回数を1000万回としたD12U8SP50-FSのき裂の進展長さは、最大で3.8mmであり、300万回の繰返し応力を載荷した前述の2体の試験体と同程度であった。したがって、本試験で想定した車両の走行条件では、ルートき裂はデッキプレートを貫通せずに停留するものと考えられ

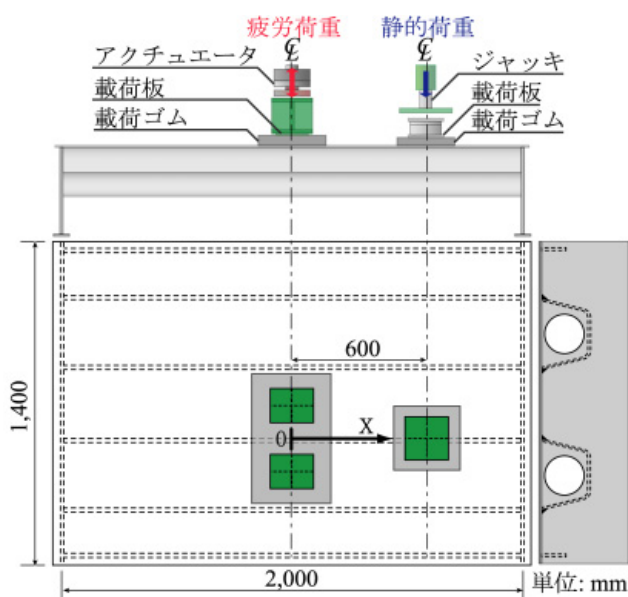


図-1 試験体の形状・寸法および疲労試験システム

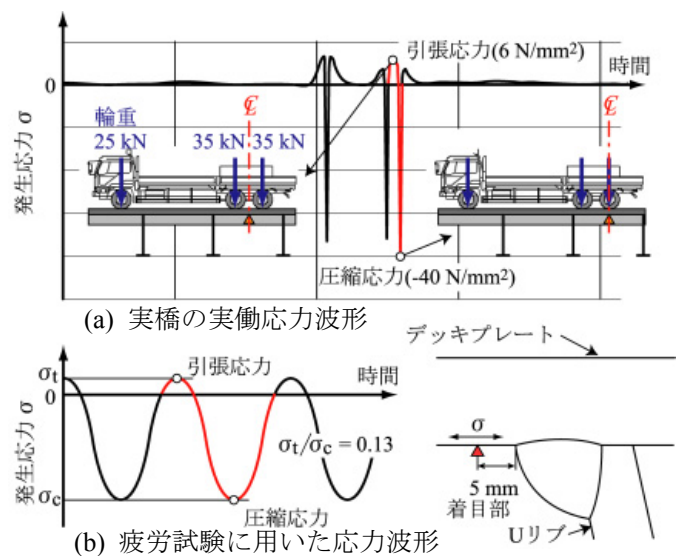
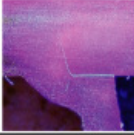
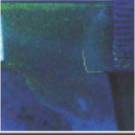
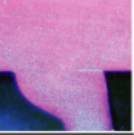


図-2 応力波形

キーワード 鋼床版, 疲労試験, ルートき裂, Uリブ, 溶接部

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学研究院建設デザイン部門 TEL 092-802-3394

表-1 試験条件および試験結果

試験体*	D12U6SP0-FS1	D12U6SP0-FS2	D12U8SP50-FS		D12U8SP50-F	D12U8MP50-FS
発生き裂の発生起点と進展状況	 ルートき裂 6 mm 6 mm	 6 mm 6 mm	 4 mm 8 mm	 止端き裂 4 mm 8 mm	 き裂未発生 4 mm 8 mm	 デッキプレート 止端き裂 貫通き裂 4 mm 溶接ビード 8 mm 手溶接 方向
き裂長さ** a (mm)	3.2	5.7	3.8	止端 : 2.5 ルート : 0.8	なし	止端 : 4.4 デッキプレート : 12 ビード : 0.8
断面の位置 x(mm)	150	-100	150	-50	0	-50
応力						
引張応力 σ_t (N/mm ²)	20	40	20		0	23
圧縮応力 σ_c (N/mm ²)	160	140	160		180	185
繰返し回数 N ($\times 10^4$ 回)	300	300	1000		300	190

* D:デッキプレート厚(mm), U:Uリブ厚(mm), S:半自動CO₂溶接, M:手溶接, P:Uリブ厚に対する溶接溶込み深さ(%),

F:疲労荷重, S:静的荷重

** a:デッキプレート厚方向への投影長さ(mm)

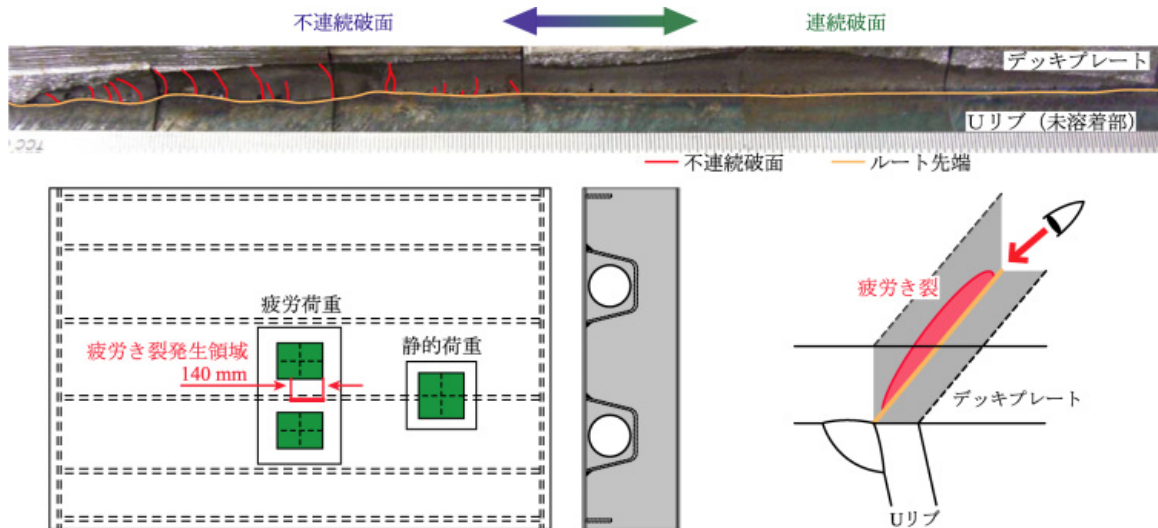


図-3 疲労破面 (D12U6SP0-FS2)

る。D12U8SP50-FS については、ルートき裂に加え、止端部からも疲労き裂が発生した。止端き裂の発生領域におけるルートき裂の進展長さは、0.5～0.8mm であり、止端き裂が発生していない領域のルートき裂長さに比べ小さくなっている。したがって、止端き裂が発生した場合、ルートき裂は進展しにくくなるものと考えられる。

D12U6SP0-FS2 のルートき裂の疲労破面を図-3 に示す。疲労破面には破面が連続している領域と不連続な領域が観察された。破面が不連続となった領域の未溶着長さのばらつきは、最大で 1.5mm であった。このように、未溶着長さのばらつきが大きい場合、橋軸直角方向の複数箇所からルートき裂が発生し、これらのき裂はある程度進展した段階で合体している。一方、未溶着長さのばらつきが最大で 0.5mm の領域においては、複数箇所から発生したルートき裂は、進展の初期段階で合体している。

D12U8MP50-FS では、静的荷重および疲労荷重をともに増加させ、正負交番応力の応力範囲を約 15% 増した条件下で疲労試験を実施した。この試験体ではルートき裂は発生しなかったが、表-1 に示す 3 種類のき裂が発生した。デッキプレートの表面から板厚方向に進展したき裂は、繰返し回数が 190 万回の時点でデッキプレートを貫通した。このき裂の発生要因として、疲労荷重の増加により、U リブウェブ直上のデッキプレートの表面が降伏応力に達したことが考えられる。

4. まとめ 本研究では独自に構築した疲労試験システムにより、載荷荷重の分散効果と車両走行に伴う動的応力波形の正負交番に着目した疲労試験を行った。本試験条件で得られた主な結果を以下に示す。1) ルートき裂の発生要因の 1 つは、輪荷重の移動により発生する溶接ルート部の引張応力である。2) ルートき裂はデッキプレートを貫通せずに停留する傾向にある。3) U リブ厚や溶接溶込み深さの大きさによらず、ルートき裂は発生・進展する。

参考文献 1) 尾上聡史, 貝沼重信, 三浦健一, 川畑篤敬, 内田大介, 井口進: 鋼床版のデッキプレートと U リブの溶接ルート部の疲労き裂に対する試験システムの構築, 土木学会第 62 回年次学術講演会, 2007。