耐疲労鋼による鋼床版デッキプレート･Uリブの疲労強度向上技術の研究

高田機工(株) 正会員　○鷹羽新二　安田修　森下泰光　田中常夫
住友金属工業(株)　有持和茂　大西一志　誉田登

１．緒　言

既存の鋼床版橋梁において交通量の著しい増加や過積載車の影響と考えられる疲労損傷が散見されている.問題解決としては,溶接余盛り止端形状の仕上げやデッキプレートの厚板化が考えられるが,これらの手段は,製造工数の増大や構造物の重量増加を招き,鋼床版構造が持つ軽量という優れた特性が失われる.本研究では母材部における疲労き裂進展抵抗性に優れ [1],かつ,低応力・長寿命域における溶接部の疲労き裂発生特性に優れる耐疲労鋼(FCA 鋼)を鋼床版に適用し疲労強度を高めることを検討した.本研究で使用した耐疲労鋼は,フェライト(軟相)とベイナイト(硬相)を最適に配置した二相鋼で,強度,靭性,溶接性,加工性は従来鋼と同等あるいはそれ以上に維持しつつ,溶接部の疲労き裂の発生特性と母材部の疲労き裂進展抵抗性を向上させた鋼材である.

２．鋼床版の疲労き裂

鋼床版の疲労損傷は大別して**図-1** に示す４つに分けられる.

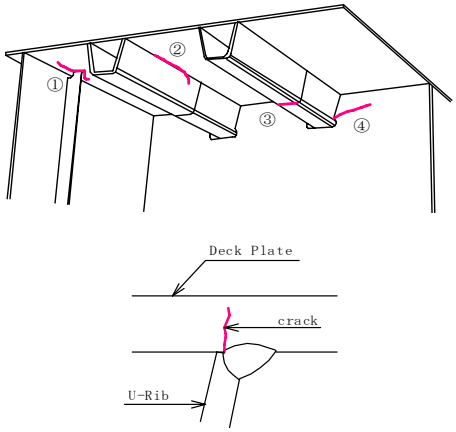

図-1 鋼床版の疲労損傷パターン

これらの損傷のうち②U リブとデッキプレートの溶接部の疲労き裂のうち**図-1** 下に示す溶接ルート部からデッキプレートへ発生するき裂については,U リブ内側であることと,デッキプレート上の舗装に妨げられてき裂の発見が難しく,また道路陥没など直接道路交通への影響が懸念されるき裂であり,重要度が非常に高い．本稿では,このＵリブ溶接部のルート部から発生するき裂に着目することとする.

３．ルート部き裂に対する力学的検討

実験に先立ち,FEM 解析により,U リブ溶接部の応力集中の程度について検討を行った.解析モデルの形状,載荷条件については,**図-3** に示す実験と同一とした.

解析対象とするビード形状および解析結果を**図-2** に示す.図は道路橋示方書に規定されているＵリブ板厚の 75%溶け込みを再現しているビード形状である.

部分溶け込み溶接モデルでは,U リブ外面側の溶接止端部と U リブ内面側のルート部に大きな応力集中があり,これがき裂の発生原因となっていると考えられる.

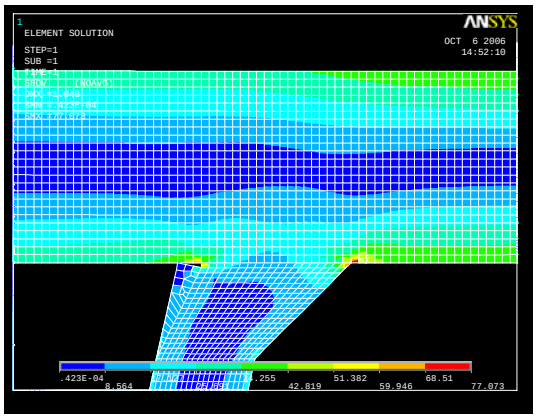

図-2 75%溶け込み溶接部の応力集中

４．小型疲労試験方法

本試験では,鋼床版構造の疲労特性に及ぼす鋼材の影響を定量的に評価するため,小型試験による疲労試験を行った．デッキプレートは従来鋼および耐疲労鋼の 2 種類,U リブ溶込み深さは道路橋示方書の最小規定値 75%を目標とした.

各試験体の鋼材組合せを**表-1** に示す．溶接施工方法は炭酸ガスアーク溶接法（1 パス目）および 80%Ar+20%CO_2 シールドガスによる MAG 溶接法（2 パス目）である.実橋における疲労損傷の影響度からは,溶接ルート部から発生しデッキプレートに進展する疲労き裂が問題となるので,(図-1 下)U リブ外側の溶接止

キーワード；耐疲労鋼，鋼床版，疲労き裂，ルート部き裂，小型疲労試験
連絡先；　〒649-0111　和歌山県海南市下津方 1375-1　高田機工（株）技術研究所　ＴＥＬ073-492-4971

端部をグラインダー仕上げおよびピーニング処理とすることにより，疲労き裂を溶接ルート部から発生させることにした．

また，疲労試験体形状と載荷方法を図-3 に示す．ダブルタイヤが U リブの立板をまたぐことを想定した載荷とし，4 点曲げ負荷における内スパンの負荷位置を図示のように設定した．

疲労試験体にはデッキプレートの上面，下面あるいは両面にひずみゲージを貼付し，予め静的載荷時でのひずみを計測し，U リブとデッキプレートの溶接部におけるホットスポット応力を導出し，疲労試験結果の整理に用いた．

表-1 疲労試験体組み合わせ

No. of test piece	Symbol	Material		Welding process	Penetration rate of U-rib		Weld detail
		Deck plate (SM490YA)	U-rib (SM400A)		Target	Actual (average)	
FG-1	▲	FCA	Conventional	GMAW	75%	75.0%	Welded toe by grinding and peening
FG-2						63.3%	
CG-1	△	Conventional				71.7%	
CG-2						71.7%	

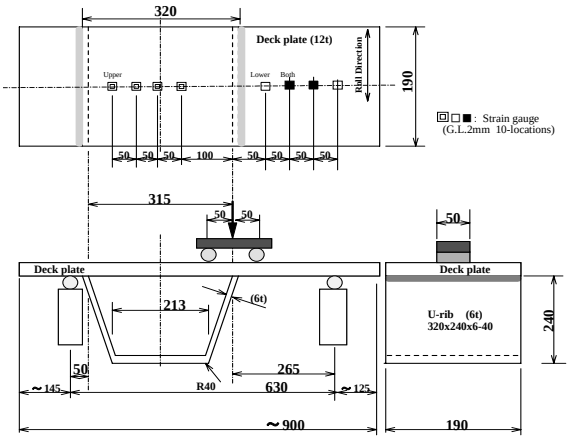

図-3 疲労試験体形状および載荷方法

５．小型疲労試験結果および考察

前項の疲労試験方法にて，ルート部を起点とする疲労き裂の発生が再現できた．疲労き裂の発生・進展状況（溶接部断面）の一例を図-4 に示す．また，溶接線方向について疲労き裂を観察すると，溶接線に沿って多数の位置で発生し,初期段階で合体を繰返し,アスペクト比の極めて大きなき裂が形成されている．（破面写真省略）

ルート部からの疲労き裂に関する疲労試験結果を図-5 に示す．約 200MPa 程度の応力範囲について 2 鋼種を比較すると,耐疲労側鋼が従来鋼の 5 倍程度疲労寿命が長い結果となった．約 300MPa では若干，耐疲労鋼の疲労寿命が長いが，差異はほとんど無いことが観察された．

デッキプレートを従来鋼から耐疲労鋼に置換えることにより，低応力・長寿命域における疲労寿命が著しく向上していることが判る．なお，このような鋼材による疲労寿命の向上効果は，止端形状の改善や溶接方法の改善など他の改善方法と共に活用できる点でも有意義である．

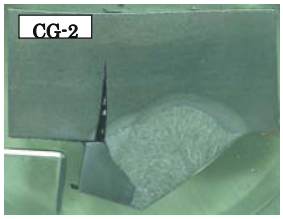

図-4 ルート部よりの疲労き裂

６．結　言

耐疲労鋼を鋼床版構造に適用した場合の疲労強度特性について実験を行った．載荷装置を考案し，コンパクトな疲労試験体に対して，想定どおり，応力集中度の高い箇所である，ルート部からデッキプレートへ伸展する疲労き裂を再現することができた．

実験結果により鋼材を従来鋼から耐疲労鋼に置き換えることにより，低応力，長寿命域での疲労寿命が向上することがわかった．

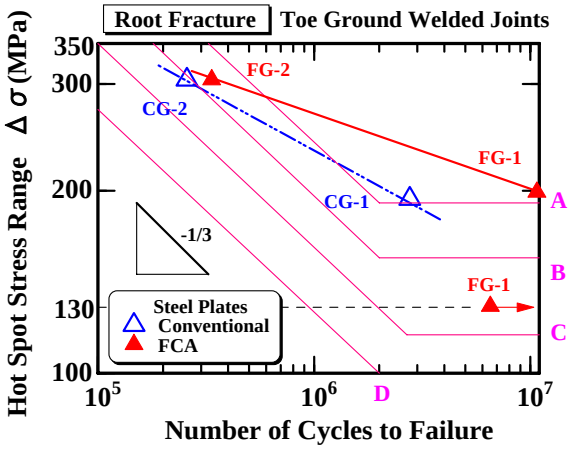

図-5 耐疲労鋼と従来鋼の疲労試験結果

参考文献

1) N.Konda, et al.: Development of Ship Steel Plates with Superior Resistance to Fatigue Crack Propagation –Research on Extension of Fatigue Life of Ship Structure Part 1-, 日本造船学会論文集, No.190, (2001), 507-515, (in Japanese)