

I - 223 鉄道橋におけるソールプレート取付溶接部の疲労亀裂に関する発生原因の検討

東海旅客鉄道(株) 正員 坂上 晃
 東海旅客鉄道(株) 正員 内藤 繁
 (財)鉄道総合技術研究所 正員 阿部 允

1. はじめに

東海道新幹線における箱断面上路プレートガーダーでソールプレート溶接部に疲労亀裂が確認されている。道路橋でも同様な変状発生 の報告があるが、道路橋では亀裂の発生箇所が溶接ビード止端であるとされているのに対し、鉄道橋では発見された亀裂のほとんどすべてがルート部からのものという違いがある。このような亀裂に対しより合理的な対策を行うため、模型により発生原因を究明するための試験を実施したのでその概要を報告する。

2. 試験方法

2.1 静的荷重試験

試験体形状を図1に示す。また、ソールプレートに残留する肌スキ量と製作方法との関係も調べるため、製作方法として、①下フランジのひずみ取り後、溶接、②下フランジのひずみ取り無しで万力で固定、溶接終了後室温まで低下後に万力除去、③高力ボルトで固定後、溶接実施、④高力ボルトで固定し溶接、その後高力ボルト撤去、の4種類を用いた。試験は表1に示すような、製作方法と支点支持条件の組み合わせで行った。荷重方法は4点曲げ試験法により $2P=5$ tfピッチで最大で $2P=80$ tfとした。

2.2 疲労試験

前述の4種類のソールプレート製作条件のうち、④の方法を用いて試験体を6体製作し、疲労試験を行った。また、各試験体において肌スキ量は意図的に若干の差をつけた。試験体形状とゲージ貼付位置および荷重方法を図2に示す。荷重条件は荷重制御、波形=サイン波、周波数 $4.5\sim 8\text{Hz}$ で、200万回を目標とした。荷重荷重の大きさはビード部において実橋で発生している応力と同程度の応力が発生するよう考慮して、 $0.2\sim 40$ tfとした。

3. 試験結果

静的荷重試験体についてソールプレートの製作工程における肌スキ量の変化を製作方法別に表したものを図3に示す。①のように溶接時にソールプレートと下フランジをボルト等により締め付け ない場合には、大きな肌スキが残留することがわかる。また、疲労試験における亀裂の発生状況の概略図を図4に示す。肌スキ量が 0.4mm を超えているものについては実橋と同様にルート部から亀裂の発生が確認された。

表1 試験の実施組み合わせ

ソールプレート 製作 条件	支持条件							
	イ		ロ		ハ		ニ	
	回転	移動	回転	移動	回転	移動	回転	移動
①	○	×	×	×	×	×	○	○
②	○	○	×	○	×	×	○	×
③	○	×	×	×	×	×	○	○
④	○	○	×	○	×	×	○	×

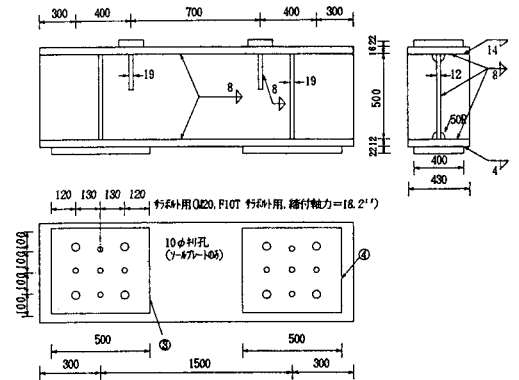


図1 静的荷重試験体形状

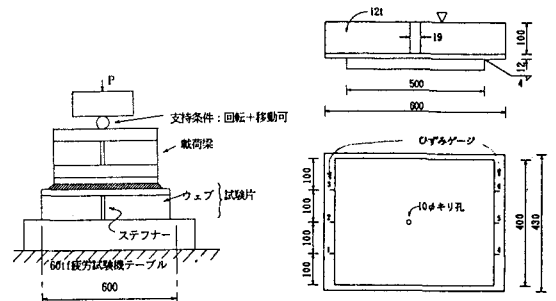


図2 疲労試験体形状および荷重方法

これらの試験を補足するため、FEMによる構造解析を行った。ウェブ直下における溶接ビード近傍の応力分布（溶接脚長4.2mm, 支点支持条件は回転+移動）を図5に示す。また、静的載荷試験結果と構造解析結果を比較したものを表2に示す。肌スキが大きくなると溶接ビード部における作用応力が大きくなり、特に肌スキがある場合はない場合に比べ、ルート部の応力状態が厳しくなっている。

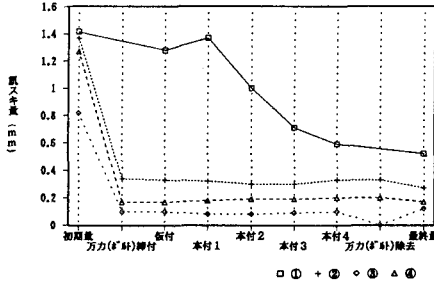
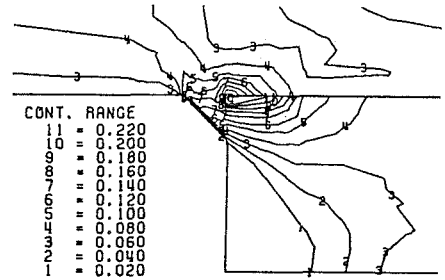
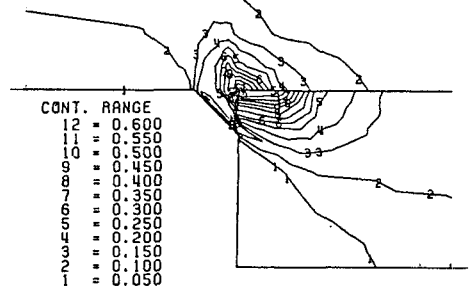


図3 製作工程における肌スキ量の変化



肌スキなし



肌スキあり (0.5mm)

図5 溶接ビード近傍応力分布

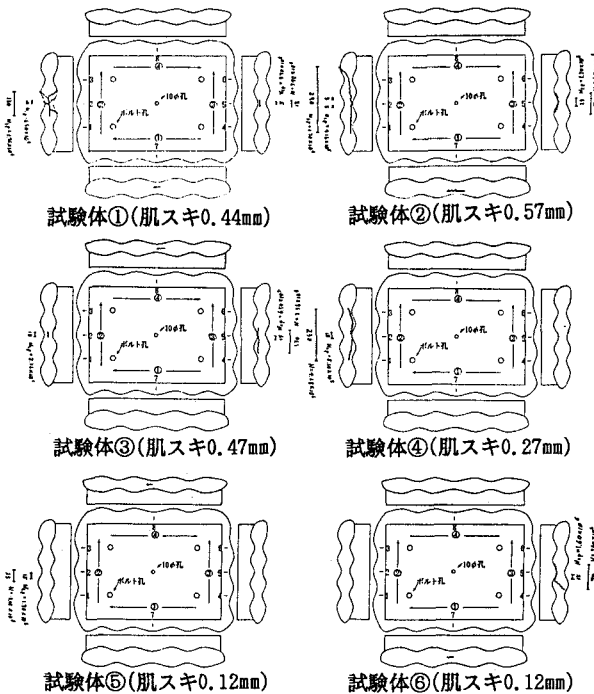


図4 疲労亀裂発生状況

4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

- (1) 製作方法の違いによる肌スキ量は、ひずみ取り加工を行ったものが大きくなる傾向にある。
- (2) 溶接ビード止端部とルート部の発生応力は、肌スキがある時はルート部の方が大きくなる傾向がある。
- (3) 0.4mmを越える肌スキのある場合には実橋と同じ形状の亀裂が発生した。
- (4) 肌スキが大きくなると、溶接ビードのど部の応力（圧縮）が増大する傾向がある。

最後に、本研究を行うにあたり貴重な御助言を頂いた宇都宮大学阿部英彦教授（現 足利工業大学教授）および東京工業大学三木千寿教授、また試験の実施にあたり御協力頂いたコベルコ科研(株)藤野眞之氏他関係各位に感謝の意を表します。

表2 実験値と解析値の比較(P=40 tf)

製作条件	7-67-1 製作条件 (mm)	肌厚量 (mm)	支点支持条件 回 転 移 動	実験値	解析値	
				ビード表面応力 (kgf/mm ²)	ビード表面 (kgf/mm ²)	ルート部 (kgf/mm ²)
①	0.57		○ ○	-18.1	-7.11	-11.87
			× ○	—	—	—
			× ×	-32.5	—	—
②	0.27		○ ○	-1.47	-3.15	-8.58
			× ○	-2.52	—	—
			× ×	-12.4	—	—
③	0.12		○ ○	-2.10	-1.17	-6.93
			× ○	—	—	—
			× ×	-26.2	—	—
④	0.17		○ ○	-3.05	-1.83	-7.48
			× ○	-1.57	—	—
			× ×	-12.7	—	—