

I-405

電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用に関する研究（その2）

溶接継手と桁モデルの疲労試験

日本鉄道建設公団 名古屋支社 正員 稲葉 紀昭
日本鉄道建設公団 設計室 正員 井口 光雄
トビー工業（株）スチール事業部 根本 弘
トビー工業（株）第一技術研究所 正員 田村 勝巳

1 はじめに

最近、電気炉鋼の品質向上にともない^{1,2)}、切断加工が少なく材料コストが安い電気炉平鋼を駅ホームのSRC梁などに採用している。しかしながら鋼鉄道橋のような、厳しい荷重環境におかれた活荷重をうける溶接部材への電気炉平鋼の適用においては、①圧延時に形成されるコバ形状の丸みや、②圧延中に発生するミルスケールが高炉材と比べ若干多いことなど、電気炉平鋼溶接継手の疲労強度に関して確認すべき課題がある。また、このような、電気炉平鋼の疲労強度に関する研究事例はあまりみられない。

そこで前報³⁾の電気炉平鋼の溶接性に関する品質確性試験に引続き、溶接継手と実部材サイズに近い桁モデルの疲労試験を実施し、電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用性を検討したので報告する。

2 試験方法

2-1 溶接継手疲労試験

電気炉平鋼（ $t = 16, 28 \text{ mm} \cdot \text{SM50A}$ ）を溶製・圧延し試験材とした。試験片形状は、電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用を想定し、国鉄建造物設計標準解説のなかから6タイプ7系列の継手を選定した（表1に試験片の種別を示す）。このうち、十字横すみ肉継手は、コバ面に丸みをもつ電気炉平鋼とガス切断面をもつ高炉鋼材（SM50A）の2系列の疲労試験を行い、疲労強度におよぼす、すみ肉の溶け込み状態の影響⁴⁾を検討することとした（図1に試験片の一例として十字横すみ肉継手を示す）。疲労試験は電気油圧式サーボ100ton 疲労試験機を使用し、応力比 $R = 0.1$ の軸引張りでを行った。なお、試験中適時ピーチマークを導入し、疲労き裂発生後の進展を確認している。

2-2 桁疲労試験

一般に鋼構造物の溶接継手の疲労強度は、溶接残留応力や構造物特有の拘束力によって、同じディテールの小型試験片の疲労強度よりも低い傾向にある。そこで、継手疲労試験結果の確認と電気炉鋼材の実用上の疲労強度の検証を目的として、桁モデルの疲労試験を行うこととした。試験体は電気炉平鋼を上下フランジおよびウェブに使用したI桁とし、試験対象継手はウェブと下フランジを構成する縦ビードのほかに腹板ガセット（ $100 \times 12 \times 200$ ）とソールプレート（ $130 \times 28 \times 150$ ）を加えた（図2に試験体構造図を示す）。疲労試験荷重範囲は現行の設計S-N線より縦ビードA等級、腹板ガセットD等級の応力が作用するように $\Delta P = 76 \text{ ton}$ に設定した。また比較試験として、高炉鋼材を用いた同断面の試験体を製作、疲労試験を実施した。

表1 溶接継手試験片

継手名	等級	開先	パス	溶接棒規格
縦突合せ	A*	レ形	3	JIS Z3313
フラッグガセット	B*	K開先	3	D5016(L-55)
リブ十字	C	すみ肉	1	D5003(EX-50G)
腹板ガセット	D	すみ肉	1	D5003(EX-50G)
十字横グループ	C	K開先	8	D5016(L-55)
十字横すみ肉	C*	すみ肉	3	D5016(L-55)
十字横すみ肉	C	すみ肉	3	D5016(L-55)

*は開先面にコバ丸みをもつことを指す。

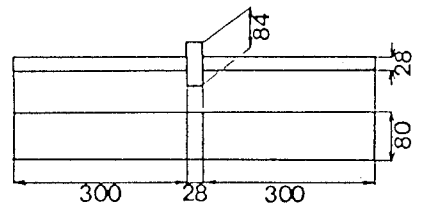


図1 十字横すみ肉継手

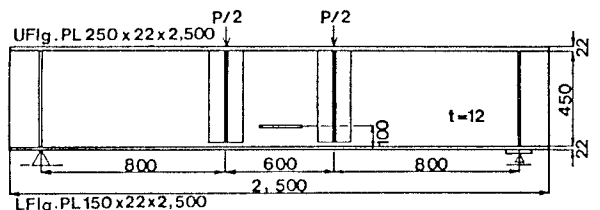


図2 試験体構造図

3 結果および考察

疲労試験結果は、電気炉平鋼の鋼鉄道橋と一般鋼構造物への適用を想定して、国鉄建造物設計標準解説とECCS疲労設計指針の設計S-N線で評価した。また最近、JSSC疲労設計指針の改訂において活用された疲労試験データベース⁵⁾を利用し、過去の疲労試験データと本試験結果との整合性を検討した。

3-1 溶接継手疲労試験

表2 溶接継手疲労試験結果

継手名	等級	ECCS	結果(合格率)
縦突合せ	A	125	◎ (6/6)
フランジガセット	B	90	◎ (6/6)
リブ十字	C	71	◎ (7/7)
腹板ガセット	D	50	◎ (7/7)
十字横グループ	C	71	◎ (13/13)
十字横すみ肉	C	36	◎ (6/6)

試験総数と現行およびECCSの設計S-N線をクリアした試験数との比（合格率）を、各継手の疲労試験結果として表2に示す。このうち開先にコバ面をもつ縦ビードは、1体を除きすべてチャック部で破断し、フランジガセットの疲労き裂はガセットR部からき裂が発生している。十字横すみ肉継手の疲労き裂は、コバ面に丸みをもつ電気炉平鋼・ガス切断面をもつ高炉鋼材ともにルートき裂として発生し、すみ肉ビード内を進展しのと厚を貫通、破断に到った（図3に十字横すみ肉継手の試験結果を載せる）。また他の継手は、溶接部止端より疲労き裂が発生し板厚を貫通し破断する破壊形態であり、破面観察・き裂進展解析においても特に鋼材間の差異は認められなかった。

3-2 桁疲労試験

電気炉平鋼・高炉鋼材の桁疲労試験は、300万回までの载荷において端補剛材とソールプレートに疲労き裂が発生し、縦ビード・腹板ガセットについてはき裂は未発生であった。縦ビードと腹板ガセットの試験結果を、現行およびECCSの設計S-N線で評価すると安全側の評価を得た（図4および図5にそれぞれ試験結果を示す）。

また、疲労試験データベースの検索結果との比較においても遜色のない疲労強度が示された。

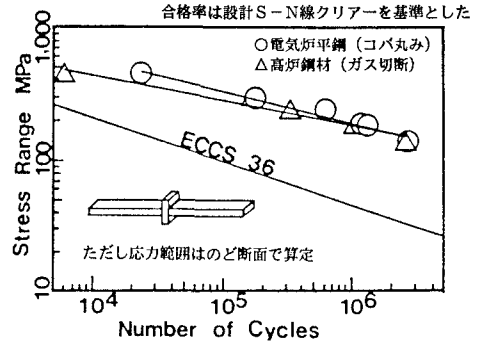


図3 疲労試験結果（十字横すみ肉継手）

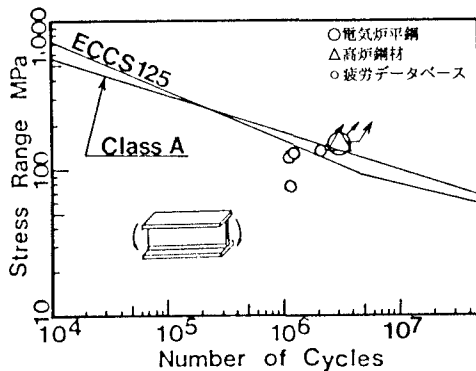


図4 疲労試験結果（縦ビード）

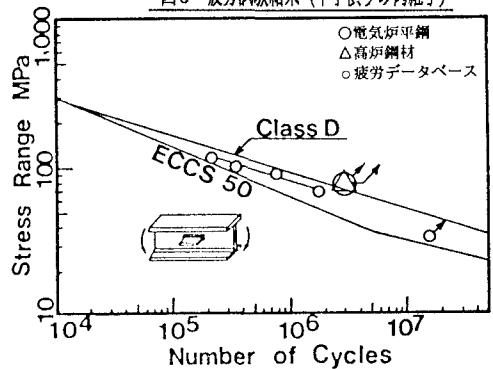


図5 疲労試験結果（腹板ガセット）

4 まとめ

電気炉平鋼の溶接継手および桁モデルの疲労試験を実施し、現行の設計S-Nにおいて問題のないことを確認した。今後桁モデルで長寿命域の検討を加え、電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用を図っていく予定である。

5 謝辞

本試験を実施するにあたり、名古屋大学土木工学科教授・山田健太郎先生にご指導を賜った。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 日本鉄鋼連盟、広幅平鋼研究委員会：電炉「広幅平鋼」（SM50A）の力学的性能、溶接性等に関する特性研究、1988、6
- 2) 土木学会、鋼構造委員会、鋼材規格小委員会：電炉鋼板の土木構造物への適用、1989、8
- 3) 稲葉紀昭、保坂謙次、根本 弘、津澤 稔：電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用に関する研究（その1）、土木学会第44回年次学術講演会、I-201、1989
- 4) 三木千寿、范 恒達、田中雅人：隅肉溶接部の疲労強度とルート部の欠陥について、構造工学論文集、Vol. 36A、1990、3
- 5) 坂巻和男、山田健太郎：疲れ試験データベースの作成とその利用、土木学会論文集、Vol. 356/I-3、pp. 547~553、1985、4