

国鉄 構造物設計事務所 正会員 ○村田 清満
 国鉄 構造物設計事務所 正会員 谷口 紀久
 (株) 横河橋梁製作所 正会員 夏目 光幸

1. はじめに

現在、国鉄で開発を進めている湾上式鉄道において、構造物にJISで規定する一般構造用圧延鋼材と溶接構造用圧延鋼材(以下普通構造用鋼材という)を用いると、車上の磁石と鋼板とが互いに引きつけあい、車両の湾上力を減じたり、車両の移動境界の鋼材に誘導電流が発生させ、この誘導電流により、生じる磁力が車両の走行を妨げるという問題がある。これらのマイナス要因を軽減する構造用鋼材として非磁性鋼の採用が考えられる。非磁性鋼は、これまでに本格的な構造物の部材として使用された例は多く、湾上式鉄道の構造物に非磁性鋼を採用するにあたって、鋼材の加工性、溶接性をはじめ鉄道構造物特有の問題であるくり返し荷重による疲労の影響について調査、確認する必要がある。前回は、母材、平滑突合せ溶接継ぎ、全緊付突合せ溶接継ぎの疲労強度について報告したが、今回はリブ付すみ肉溶接継ぎおよび縦ビード溶接継ぎの疲労強度について報告する。

2. 試験体

試験に用いた鋼板は前回と同様、快削高マンガンオーステナイト鋼(株)神戸製鋼所製、NONM-AGNE30-M)である。快削溶接材料の化学成分を表-1に示す。MC-16の化学成分は母材に比べて、Mn、Crが高く、試7527(試7528)はMn、Ni、Crが高く、Cが低いことが特徴である。

疲労試験は①リブ付すみ肉溶接継ぎ(以下Rシリーズという)、②縦ビード溶接継ぎ(以下Lシリーズという)の2ケースである。なお、Lシリーズにおいて、普通鋼材と対比させるために、SM41材について疲労試験を行なった。Rシリーズの試験体製作にあたって、矩形板(60×450×16)にリブ材を仮付け溶接し、表-2に示す溶接条件で被覆アーク溶接した後、試験片を採取した。採取に際し、仮付け溶接部、溶接ビード端部はさした。試験片形状はJIS Z 3103-4号試験片に拠った。Lシリーズの試験体製作については、厚鋼板に主材、リブ材をガス切断により切り出し、切断変形を冷間矯正し、組立、仮付溶接した後、表-3に示す溶接条件でサブマージアーク溶接を行い、試験片を採取した。試験片は偏心による曲げの影響を少なくするために、H. S. Reem-snyderの試験⁽¹⁾を参考に図-1に示すように、70°みどりに孔をあけ、リブ高さと同じ板厚の当て板をボルトで取りつけるようにした。

表-1 溶接材料の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
被覆アーク溶接材料 MC-16	0.14	0.63	16.89	0.018	0.004	2.21	15.30	—
KNM30-M SAW溶接材料 試7527(試7528) (7527:7528)	0.44	0.28	17.42	0.023	0.011	5.12	8.67	—
SM41 SAW溶接材料 US 36 G60	0.12	0.02	1.90	0.014	0.007	—	—	0.11

表-2 リブ付すみ肉溶接継ぎ溶接条件

溶接材料	予熱	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)
MC-16 (5mmφ)	無	170	23	18	130

表-3 縦ビード溶接継ぎの溶接条件

	溶接材料	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)	予熱
KMシリーズ	74Y: 327527 (327528)	465	31	50	16.7	無
	7272: 327528					
SMシリーズ	74Y: US-36 (327528)	480	29	63	13.3	無
	7272: G60					

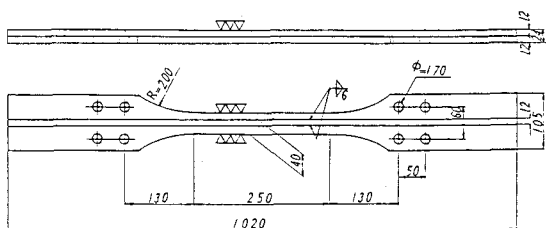


図-1 縦ビード溶接継ぎ試験体

疲労試験に先立ち、Rシリーズで寸肉溶接部の主軸側止端部から疲労亀裂の発生が予想されたので、溶接止端部の硬さ分布及び形状の測定を行なった。硬さ分布は母材部で260HV、HAZで280HV、溶接部で300HVと一見し共に異常は認められなかった。これは、完全オーステナイト組織であるため、溶接熱による組織変化を受けないためと考えられる。溶接止端部の形状は、一般に普通鋼材に比べ表-4に示すように止端部切欠半径が特に小さいことが確認された。

3. 試験結果

疲労試験はワグゼン・ワグゼン型疲労試験機(動的最大40トン)を使用し、片振り引張(下限荷重2トン)・くり返し速度500c.p.m.の条件で行なった。試験体はRシリーズ7体、Lシリーズのうち、高マンガン鋼8体、普通鋼材(SM4)2体である。RシリーズのS-N線図を図-2に示す。200万回95%非破壊確率応力範囲を求めると10.9 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ であり、国鉄「鋼鉄道橋設計標準」に定める非調質鋼の許容応力範囲10.5 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ とほぼ同程度である。図-3は切欠半径と200万回疲労強度の関係を示す。切欠半径が非調質鋼に比べて小さかったために200万回疲労強度が σ_{10^6} の値になると考えられる。なお、接触角と疲労強度との関係は特に顕著な傾向は認められなかった。LシリーズのS-N線図を図-4に示す。200万回95%非破壊確率応力範囲を求めると18.3 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ であり、国鉄で定める非調質鋼の許容応力範囲、6.3 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ を上回っている。なお、比較試験として行なったSM4HA材の疲労試験結果と比べても差は認められなかった。一般に縦上り継ぎは、ルートブロー・ホール寸法により、疲労強度に差が出るといわれているが、本試験では放射線透過試験の結果最大6.7mmのブロー・ホールを内査してはいかにかわらず、疲労強度の低下は顕著に表われていない。

4. あとがき

海上式鉄道の美称造物に高マンガン非調質鋼材を使用するにあたり、今回、リグナ寸すみ肉溶接継ぎ、縦上り溶接継ぎの疲労試験を行なった。試験に供した高マンガン鋼は普通構造用鋼材と同等の疲労強度を有していることが明らかになった。なお、リグナ継ぎの溶接止端部形状は概して劣っており、溶接材料、溶接方法等の改良の今後の課題と考えられる。

参考文献 (1) Development and Application of Fatigue Data for Structural Steel Weldments. — H. S. Reemsnyder. STP648

(2) 溶接継ぎの疲れ強さに関する実験的研究(第1報) JSSC, Vol. 7, No. 72

表-4 リグナ寸すみ肉溶接継ぎの止端形状

鋼種	降伏点 (kgf/mm^2)	引張強さ (kgf/mm^2)	溶接方法	溶接材料	止端部切欠深さ(mm)		接 触 角(°)		200万回疲労 (kgf/mm^2)
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	
SM41B	28.8	42.5	手溶接	D4301 4mmφ	1.53	—	134	—	17.8
SM50B	37.6	52.5	"	D5016 4mmφ	1.80	—	122	—	19.5
NONMAGNE 30-M		85.0	"	MC16 5mmφ	0.348	0.210	127	9.97	

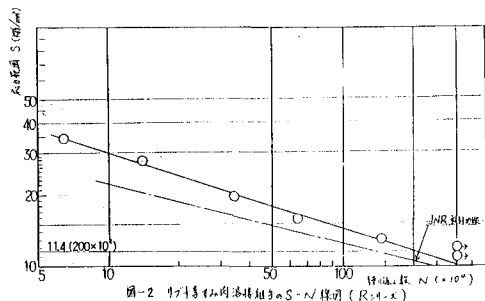


図-2 リグナ寸すみ肉溶接継ぎのS-N線図(Rシリーズ)

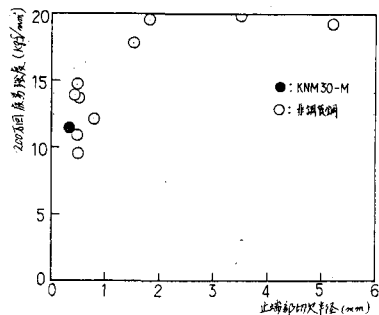


図-3 止端部切欠半径と200万回疲労強度(Rシリーズ)

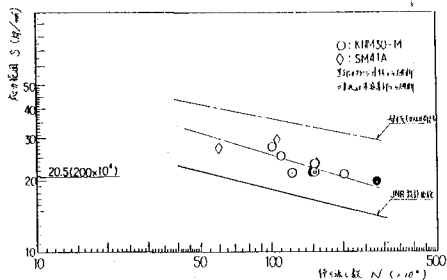


図-4 縦上り継ぎのS-N線図(Lシリーズ)