

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 光尋

1. はじめに

現在、国鉄において開発中の浮上式鉄道では、普通鋼板を橋梁、あるいは分岐部に用いた場合、磁気列車抗力および磁気吸引等の浮上車両に与える影響が大きいことから、これらの影響が少ない非磁性鋼の採用が考えられている。一方、非磁性鋼はこれまでに核融合炉開発計画等で発電機の型枠部材として使用されたことがあるものの、橋梁部材として使用された例はない。したがって浮上式鉄道の橋梁物に非磁性鋼を使用するにあたっては、橋梁製作に欠くことのできない鋼板の加工性、溶接性をはじめとして、くり返し荷重による疲労の影響等について調査、確認する必要がある。ここでは、これらの未解明の課題のうち主に非磁性鋼の疲労性状に関する確認実験について報告する。

2. 試験体

試験に用いた鋼板は快削高マンガンオーステナイト鋼(株)神戸製鋼所社製、NONMAGNE30-M)であり、鋼板の化学成分を表-1に、機械的性質および透磁率を表-2に示す。疲労試験は①母材(ガス切断線、以下Gシリーズと呼ぶ)、②溶接継手(サグマージーク溶接余盛仕上げ継手、SHシリーズ)および③溶接継手(サグマージーク溶接余盛非仕上げ継手、SRシリーズ)の3ケースについて行った。Gシリーズの試験体製作にあたって試験片はその長手方向をロール方向に一致させ、切断速度を300mm/minとしてNCガス切断機により切断した。試験片形状はJIS B31031号試験片に準拠し、切断面の角にはグラインダーにより約1mmの丸味をつけた。SH、SRシリーズの試験体製作については、原鋼板より矩形板(12×750×255mm)で切り出し、切削開光加工を施した後、表-3に示す条件で溶接を行ない放射線透過試験および超音波探傷試験により、き裂欠陥であることを確認のうえ、試験片を採取した。溶接材料の化学成分を表-4に示す。試験片形状はJIS B31031号、2号試験片に拠った。

疲労試験に先立ち、Gシリーズにおいて試験片の表面あらさを触針式表面あらさ測定器により測定したが表面あらさはガス切断時の熱効果の影響を受け、50～150Sとかなりばらつき、SS41系引張鋼板に比べ大きくなっている。適切な切断条件の範囲をSS41系よりも

表-1 鋼板の化学成分

化学成分	(%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
NONMAGNE30-M	0.58	0.26	13.7	0.25	0.57	1.98	1.91

表-2 鋼板の機械的性質および透磁率

引張試験			曲げ試験	シャルピー衝撃試験		(a)
降伏点耐力	引張強度	伸び	180°	試験温度	吸収エネルギー	
kgf/mm ²	kgf/mm ²	%	R:1.50t	°C	kgf・m	透磁率
45	96	62	良	0	8.4	1.0021

(a) ASTM A342 METHOD NO.1

表-3 溶接条件

供試材	供試材	予熱	層間温度	溶接条件(上段:表、下段:裏)			
				電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	熱量(Joule/cm)
神鋼 試7527 φ32mm	神鋼 試7528	なし	150°C以下	450	33	35	25500
				500	34	30	34000

表-4 溶接材料の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
試 7527	0.085	0.24	17.83	0.023	0.004	16.02	2.22	0.16

狭く、切断条件が加工性にかなり敏感に影響するようである。SHシリーズにおいて、継手の機械試験（引張、曲げ、シャルピー衝撃）、遠磁率測定を行なったが、いずれも良好な結果が得られた。SRシリーズについては、余盛止端部の形状も拡大撮影（20倍）を用いて測定した。止端部切欠半径 P 、接触角 θ の分布域は図-1に示すようにSM材⁽¹⁾のそれと比較して差は認められなかった。

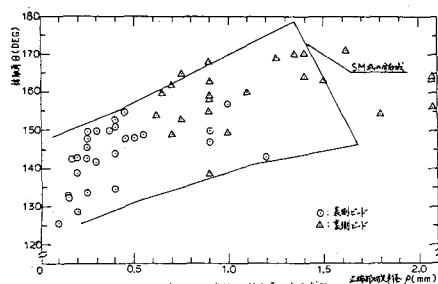


図-1 止端部切欠半径と接触角の分布状態

3. 試験結果

疲労試験はロウセンハウゼン型疲労試験機を使用し、片振り引張（下限荷重2トン）、くり返し速度500cpmの条件で行なった。試験体は各シリーズとわ7体である。GシリーズのS-N線図を図-2に示す。図中に田島⁽²⁾が行なったSM41A材のガス切断線の疲労結果を併記した。これによればガス切断面のあらさは60~130S、200万回疲労強度は22~23 kg/mm^2 となっている。一方今回の試験片は表面あらさが平均90Sで、200万回疲労強度は31.0 kg/mm^2 であった。なお、200万回95%非破断確率応力振幅を求めると28.4 kg/mm^2 であり、国鉄「鋼鉄道橋設計標準」に定める完全片振りの許容応力15.3 kg/mm^2 を上回っている。

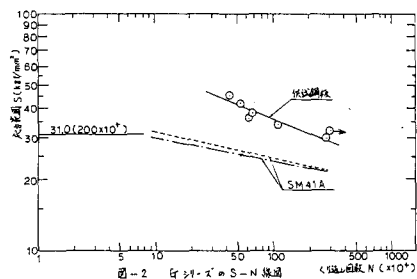


図-2 GシリーズのS-N線図 (鋼鉄道橋N (x10⁴))

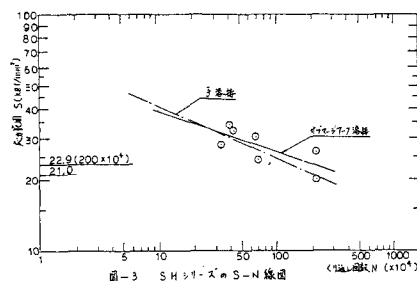


図-3 SHシリーズのS-N線図

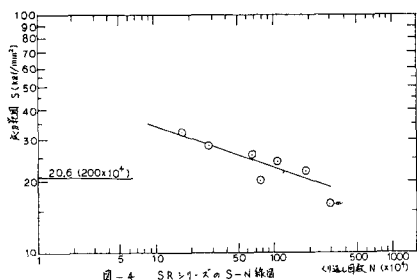


図-4 SRシリーズのS-N線図

SHシリーズのS-N線図を図-3に示す。これによれば、200万回疲労強度は22.9 kg/mm^2 、同95%非破断確率応力振幅は18.6 kg/mm^2 であり、Gシリーズ同様に疲労上の安全性が確認された。また、図中、手溶接余盛止と溶接継手についても併記したが、溶接法による差は認められなかった。SRシリーズのS-N線図を図-4に示す。S-N線図より求めた200万回疲労強度は20.6 kg/mm^2 、同95%非破断確率応力振幅は17.7 kg/mm^2 でSHシリーズに比べあまり低下しておらず、余盛止上げの有無による差は特に見られなかった。

4. あとがき

今回、浅上式鉄道の養橋造物に高マンガン非磁性鋼を使用するために、ガス切断線、サブマージアーク溶接継手について疲労試験を行なったが、試験に供した高マンガン非磁性鋼は普通鋼鋼材と同等以上の疲労強度を有していることが明らかになった。今後、他の継手形式について溶接形状、溶接方法の違いによる疲労強度への影響を実験により確かめる予定である。

参考文献

- (1)溶接継手の疲れ強さに関する実験的研究(第2報)JSSC. vol. 10. No. 99
- (2)自動ガス切断試験片による疲労試験. 土木学会誌 vol. 46. No. 10. 1961. 10