

大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩南

諸言

人工礁等の海洋構造物は、その現地据付け工事において、また移動後の補修工事において、海水中での溶接施工が必要とされる場合もある。海水中での溶接施工は不可能ではなくなったとはいえ、その継手性能についてのデータは未だ、きわめて乏しいと言わなければならない。そこで、本研究は、海水中で溶接施工された継手の耐久・耐食性を明らかにしようとするものである。

供試体の作成

既に提案されている各種の水中溶接施工法を比較・検討し、その結果、当研究所における施工実績の最も多い“流体安定化局所空洞形成方式”(Fluid Stabilized Cavity Formation Process)を採用することとした。この方法は、その原理図を図1に示すように、3重管のノズルを用い、その最外筒より高压水ジェットを、中間筒より空洞安定化のためのガスを噴出することにより、海水中に安定した局所空洞を形成せしめ、空洞中でイナートガス・アーク溶接を施工しようとするものである。イナートガス・アーク溶接としてはMIG溶接を用いた。溶接施工の状況を写真1に示す。供試鋼板は40kgf/mm²級米国防規格協会規格材(板厚25mm)、溶接材料は軟鋼・

表1 化学組成ならびに機械的性質

	化 学 组 成 Wt(%)					機 械 的 性 質	
	C	Mn	Si	P	S	σ_B (kgf/mm ²)	EL.(%)
鋼板 (AEN)	0.12	0.92	0.19	0.016	0.007	43	32
溶接ワイヤ (YM-25)	0.08	1.12	0.53	0.017	0.015	—	—

50kgf/mm²級鋼用MIG溶接用ワイヤ(1.2mm中)、シールドガスはAr+20%CO₂(体積比)とした。供試鋼板・溶接ワイヤの化学組成ならびに機械的性質を表1に示す。溶接は供試鋼板表面に深さ4mm、角度90°の開先を設け、表2に示す条件で

表2 溶接条件

試号	環境	電流 I (A)	電圧 E (V)	速度 V _M (C/M)	入熱 Q (J/cm)
W-1	水中	330	32	25	2.5×10 ⁴
L-1	気中	330	32	25	2.5×10 ⁴

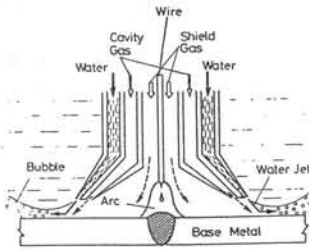


図1 “流体安定化局所空洞形成方式”の原理図

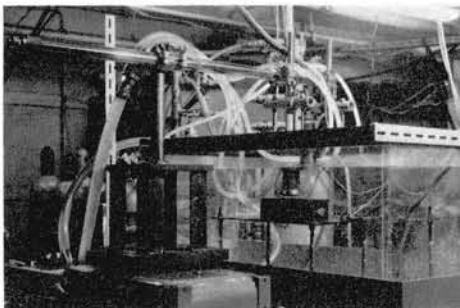


写真1 溶接施工の状況

使用ノズル外径: 100mm中

ノズル高さ: 8~10mm

水噴流量: 70 l/min

ガス流量: 150~200 l/min

水深: 50cm (水道水)

〔気中溶接は通常のノズルを使用し、ガス流量 25 l/min〕

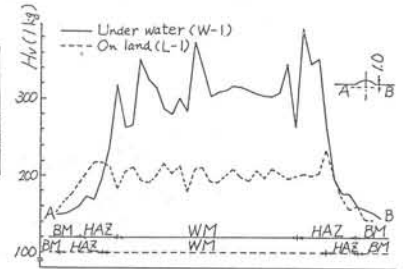


図2.a 表面近くの断面硬さ

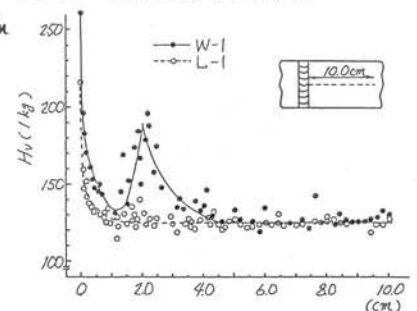


図2.b 板表面の硬さ分布

ビードを施工した。これは疲労試験を曲げ試験で行なうので、その亀裂の発生点となる溶接ビード趾端部の組織や形状が再現されるならば溶接作業の容易なこの方法で充分だからである。

溶接継手の組織と形状

溶接継手の組織を表わす指標としてビッカース硬さ試験を、形状を表わす指標として θ , θ の測定を行なった。それぞれの結果を図2, 3に示す。水中溶接された継手の溶接金属の硬度は大気中溶接のそれに比べて約1.5倍となっている。これは水中溶接の場合、溶接熱の逃散がはげしく冷却速度が速くなったためであると考えられる。水中溶接継手においては溶接ビード趾端より20mm近傍に硬化部が生じているが、他の溶接条件で行なった場合にはこのような硬化部は認められなかった。この現象は水中溶接における熱伝導の特殊性を表わしていると思われる。 θ , θ についても前述のように冷却速度の影響と考えられる結果が得られた。特にW-1(A)では θ は約90°であり、L-1に比べてビードは山型の形状となっていた。

疲労試験

疲労試験は溶接を施された板よりL=260mm, W=40mmの試験片を採取し、スパン200mmの3点曲げにより行なった。試験環境としては水中溶接継手と大気中溶接継手のそれぞれに対して人工海水中と大気中の2種類とした。実験結果を図4に示す。試験環境によらず水中溶接継手の方が大気中溶接継手に比べて疲労強度が高いのは、図2.aに見られるように硬化しているためと思われる。図4中で括弧を付したものはビード趾端で破断せず、ビード趾端より約10mm離れた母材で破断した(写真2)。この位置は図2.bにおけるビード趾端とビード趾端より20mm近傍の硬化部の谷間に大略一致する。写真2において、ビード趾端から20mm程度までスズ状のスケール剥離が認められるが、これは水中溶接特有の現象である。破断位置はこの剥離部にも対応しており、またこの剥離部には多数の腐食ピットが形成されていた。母材破断した箇所を走査写真2、スケール剥離と母材部破断の例。

電子顕微鏡で観察したところ、亀裂の発生箇所には125μ幅×50μ深さの腐食ピットが認められ、この腐食ピットから放射状に亀裂の進行が確認された。破面形態については腐食疲労破面に特有の粒界破面の混在が認められた。以上より、人工海水中における水中溶接継手だけが母材より破断するのは、硬さ分布の谷間部分のひずみ集中と水中溶接によって発生したスズ状のスケール剥離の相乗効果によって腐食されやすくなったために、腐食ピットを応力集中源として疲労亀裂が発生したためと推定される。

この研究は、文部省科学研究費補助金特定研究「海洋生物過程」の一環として行なわれたものである。水中溶接の施工に当っては当研究所松縄 朗助教授の協力を得た。記して謝意とする。

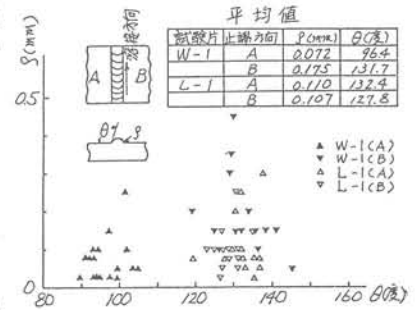
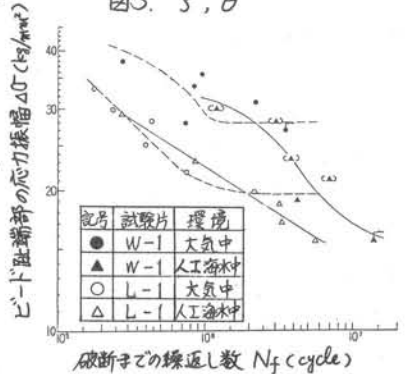


図3. θ , θ



破断までの繰返し数 N_f (cycle)

図4 疲労試験結果

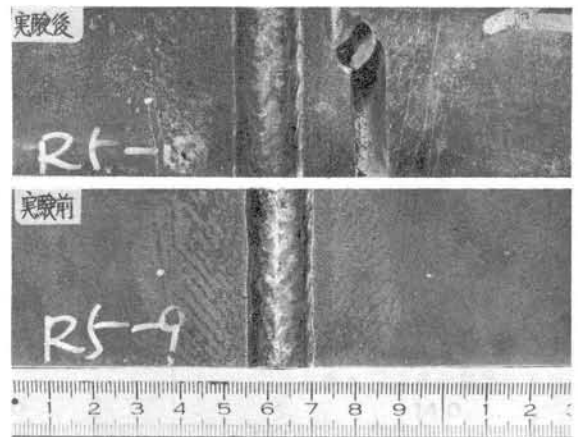


写真2 スケール剥離と母材部破断の例