

日立造船 正員 牛尾 正之
大阪大学 正員 小松 定夫
大阪大学 正員 北田 俊行

Ⅰ. まえがき 圧縮補剛板の座屈強度もしくは極限強度に対して、溶接もしくはガス切断などにより生ずる残留応力および初期たわみなどのいわゆる初期不整が不利な影響を及ぼすことは周知のとおりである。著者らはこれまで補剛板の圧縮座屈実験に付随して、補剛板模型の初期不整を測定し、定量的・定性的に論じてきた^{〔1〕〔2〕}。しかし、これらは実験室的モデルを対象にしたもので、比較的板厚が薄く、手溶接（一尺盛）で組み立てられた補剛板に限定されている。したがって、ここでは実物大の補剛板模型を実橋製作時を想定した工作法および溶接法で作成し、その初期不整を測定して、これまでの資料と合わせ、理論解析のための基礎資料の充実にあつたうとするものである。

Ⅱ. 供試体 補剛板を構成する鋼板はすべて板厚を16mmとし、縦方向補剛材（以下たんにリブと言う）は3本とした。その設計は、道路橋示方書（以下道示と言う）に準じ、鋼種はSS41とSM58の2種類とし、リブ間の幅厚比（ b/t ）はそれぞれ基準制限値（40, 28）と一般に使用される値（30, 20）とした。さらに、補剛板の縦横比（ α ）を1.25に統一し、道示の3.4.2.節に準じ、リブの剛比（ f ）が最小剛比（ f_N ）に一致するように寸法（ f_r, t_r ）を決定した。また、補剛板の側辺は実際の拘束状態を再現すべく、高さ500mmのウェブ板を取り付けた。以上の考え方で製作した補剛板の諸元を表2に示す。補剛板の長さ（ a ）は、材料の都合により、残留応力測定上、必要最小限の長さとした。また、補剛板の両端部には、高さ300mm、板厚8mmの横リブを配置した。

Ⅲ. 供試体の製作 原板から所定の寸法にポータブル自動ガス切断機（ウィーゼル）で切断し、まず、リブを溶接接合した。この溶接にはMISA溶接装置（Micro-wire Submerged Arc Welding）を使用した。本装置は、表4の図に示すように、タンデムMISA溶接機を2台合わせたもので、1本のリブを両側から同時にすみ肉溶接できるものである。溶接順序は、最初に両端の2本のリブを同時に、次に中央のリブとした。

そして、でき上がった補剛板の全体およびリブ間サブパネルのひずみ取りとプレスで行ない、続いて π 形に手溶接（一尺盛）で組み立て、最後に横リブを接合した。各溶接条件を表3、表4に示す。SM58材の手溶接の場合は50℃の予熱を行なったが、他の溶接の場合はすべて予熱はしていない。また、表5に各溶接における入熱量（ Q ）とビード断面積（ A_w ：実測値）との関係を示す。係数は、Mexhamらの軟鋼・手溶接の実験結果^{〔3〕}：16.0×10⁻³、著者らの

表1 補剛板模型の設計条件

供試体	鋼種	b/t	α	r/f_N	f_r/t_r
I	SS41	40	1.25	1.0	0.846
II	SS41	30	1.25	1.0	0.625
III	SM58	28	1.25	1.0	1.0
IV	SM58	20	1.25	1.0	0.794

表2 補剛板模型の諸元(mm)

供試体	a	B	b	t_p	f_r	t_r
I	2000	2560	640	15.5	176	15.5
II	2000	1920	480	15.5	130	15.5
III	1500	1792	448	16.1	160	16.1
IV	1500	1280	320	16.1	127	16.1

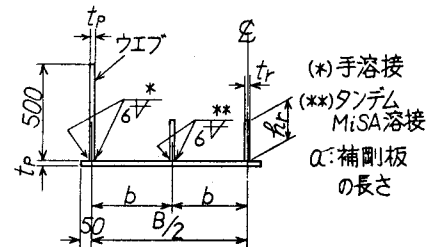
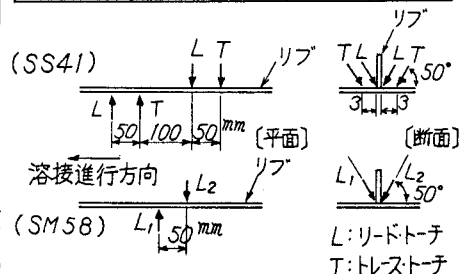


表4 自動溶接条件（リブ接合）

供試体	ワイヤ直径	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)
I, II(SS41)	1.6mm	L: 360 T: 300	L: 37 T: 33	70
III, IV(SM58)	1.6mm	370	L ₁ : 38 L ₂ : 36	50



同じ結果^[1]:(12.0~24.0)
 $\times 10^3$, 同く HT-60

表5 入熱量とビード断面積の関係($h \cdot Aw/Q$)

	MiSA溶接(リブ)			手溶接(ウェブ)		
供試体	$Q(\frac{J}{mm})$	$Aw(mm^2)$	$h(mm^2)$	$Q(\frac{J}{mm})$	$Aw(mm^2)$	$h(mm^2)$
I,II(SS41)	1935	32.0	16.5×10^3	1850	27.5	14.9×10^3
III,IV(SM58)	1712	25.5	14.9×10^3	2030	21.5	10.5×10^3

表6 材料試験結果($\sigma, E: kg/cm^2$)

材質	$\sigma_{y,u}$	$\sigma_{y,e}$	σ_B	E	$\delta(\%)$	ν
SS41	2783	2690	4477	207×10^3	20.2	0.305
SM58	5345	5242	6322	214×10^3	17.7	0.271

の結果^[1]: 14.0×10^3 などに比べて妥当な値となっている。ただし、MI-

SA 溶接の場合、一般の自動溶接に比べて入熱量が小さいと言えよう。なお、表6には材料試験の結果を示す。

IV. 残留応力の測定結果

残留応力の測定は、標点距離 100mm のコンタクトゲージを使用し、機械的切断による応力解放方式とした。測定結果の一例(供試体I)を図1に示す。ウェブ、リブともの先端はガス切断による引張残留応力の存在が明確になっている。次に得られた結果を図2のようにモデル化し、その値を表7に示す。板部分は、圧縮になる幅(b_c)を基準にその断面積が等しくなる長方形分布と仮定して得られた $\bar{\sigma}_{rc}$ 、リブ部分は先端の引張応力 $\sigma_{tr,r}$ 、最大圧縮応力 $\sigma_{cr,r}$ を示している。表7の板部分の平均無次元圧縮応力をみると、材質的には SM58 より SS41 の方が、また、同一材質では幅厚比の小さい方が大き目になっている。また、リブ内の圧縮残留応力をみると、板部分と同様に平均化すると板より低い値になることがわかる。板部分の $\bar{\sigma}_{rc}/\sigma_{y,e}$ は、若者の HT-60 に対する手溶接の実験結果^[1]: $0.12 \sim 0.18$ 、また、SS41 に対する手溶接の広範囲にわたる実験結果^[1]: $0.08 \sim 0.28$ の範囲内に納まっている。

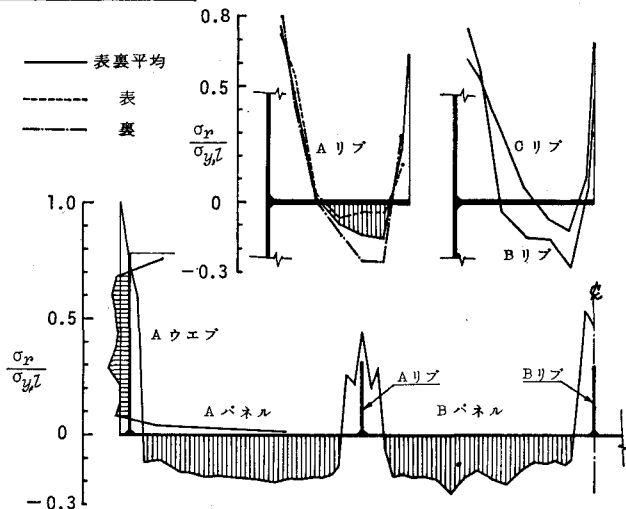


図1 残留応力測定結果(供試体I)

は先端の引張応力 $\sigma_{tr,r}$ 、最大圧縮応力 $\sigma_{cr,r}$ を示している。表7の板部分の平均無次元圧縮応力をみると、材質的には SM58 より SS41 の方が、また、同一材質では幅厚比の小さい方が大き目になっている。また、リブ内の圧縮残留応力をみると、板部分と同様に平均化すると板より低い値になることがわかる。板部分の $\bar{\sigma}_{rc}/\sigma_{y,e}$ は、若者の HT-60 に対する手溶接の実験結果^[1]: $0.12 \sim 0.18$ 、また、SS41 に対する手溶接の広範囲にわたる実験結果^[1]: $0.08 \sim 0.28$ の範囲内に納まっている。

V. 初期たわみの測定結果

各供試体に対して測定したが、その結果の一例(供試体I)を図3に示す。本供試体の場合、補剛板の状態ではプレスによるひずみ取りを行なっただけであるが、おおむね道示の規定内(サブパネル内制歪: 4.3mm, リブの制歪: 2mm など)に納まっているようである。

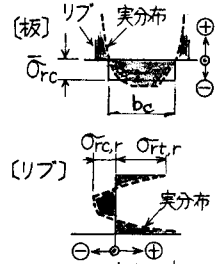


図2 残留応力分布のモデル化

表7 残留応力測定結果

供試体	$\bar{\sigma}_{rc}/\sigma_{y,e}$	$\sigma_{cr,r}/\sigma_{y,e}$	$\sigma_{tr,r}/\sigma_{y,e}$
I(SS41)	0.158	0.184	0.597
II(〃)	0.236	0.166	0.577
III(SM58)	0.123	0.111	0.661
IV(〃)	0.172	0.168	0.579

VI. おわりに

本実験の結果およびこれまで得られている実験資料にもとづき、実橋における初期不整の事態を究明した。最後に、本実験を実施するに際して協力していただいた、日直造船(株)の柴田・松崎の両氏および大阪大学大学院生の岡田・竹谷両君に感謝の意を表します。

<参考文献>

[1] 小松他: 補剛材を有する板要素の溶接残留応力に関する研究, オ27回土木学会年次学術講演会報告集, S.47.10. [2] 小松他: 補剛材を有する圧縮板のせん断強度に関する実験的研究(オ2報), 土木学会関西支部同報集, S.50.4. [3] Dwight, Moxham: Welded steel plate in compression, The Structural Engineer, vol.47, no.2, '69.

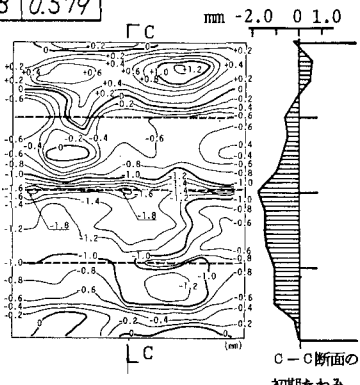


図3 初期たわみ測定結果(供試体I)