

I-50 フレ-トガ-ダ-の曲げ耐荷力に関する研究

(株) 神戸製鋼所	正員	森脇良一
"	"	藤野真之
"	"	○ 田中悟朗
"	"	森 修

1. 子元が、

桁高が比較的大きなアレートバーガーを使用した桁橋が最近では数多く建設されるようになってきている。これは従来ならトラスあるいは他の形式の橋梁が架けられていたところに、溶接技術の進歩それに伴う溶接加工費の低減によって桁橋の経済性が良くなったために、この形式の橋梁の架設が可能になったことによるものである。また高張力鋼の広範なる使用と共にハイブリッド形式による長大化も行われてきている。しかし、溶接構造物の宿命である残留応力、初期不整等はまだ未解決の要素も多く今後の大きな研究課題となっている。そこで今回は載荷試験体、残留応力試験体を三種の同条件下で製作し、使用鋼種もSM58B, SM58N, SM41Bを組み合わせ、合計13体(内残留応力試験体5体)の実験を行ない、残留応力と初期変形が試験体の座屈値、終局耐力に与える影響を与えるかを検討してみた。

[表-1] 残留应力と初期変形

2. 實驗

2.1 試験体

試験体の鋼種としては上記三種を使用し、試験体記号のオ/文字がそれと示し、SM58Qと全断面に使用したものをA_Q、SM58Nと全断面に使用したものをA、上下フランジはSM58N、ウエブはSM41BのものをB、全てSM41Bで製作したものをGとした。オ/文字Bは曲げ試験体、Rは残留応力試験体を示す。オ/文字X、Yはその製作条件を示す。すなわち、Xは本溶接組立後ウエブのみひずみとり処理を行なわなくとも、ウエブの面外初期変形が所定の変形内におさまるよう製作時に適切な拘束治具を用いて製作したものである。Yは一般の施工と同じ要領で製作したもので、適切な箇所にて点加熱を行なうことによりひずみとりをしている。またこれらの文字の添字は変形条件を示し、1は関西鍛冶協会の溶接協会製作基準(案)

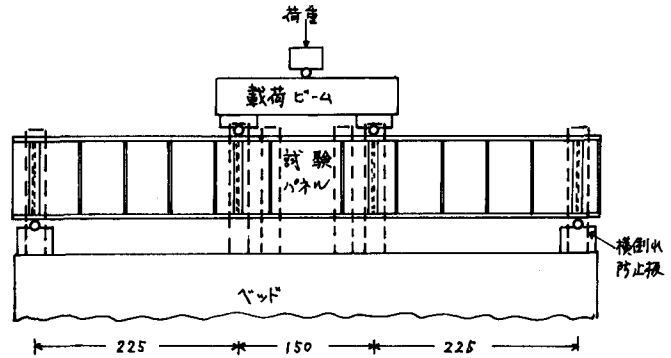
試験体 記 号	初 期 変 形		加熱位置	殘留応力 σ_R/σ_{vy}
	等位相線図	δ_{max} mm		
A_0BX_1		2.80		-0.40
A_0BX_2		6.90		
A_0BY_1		0.95		0.00
ABY_1		1.60		0.53
BBY_1		0.95		0.10
GBX_1		2.60		-0.31
GBX_2		4.10		
GBY_1		1.40		0.52

に収まるもの、2はそれ以上のものとある。以上の条件で製作した

各試験体の残留応力および初期変形を〔表-1〕にまとめて示す。各試験体の材料の降伏応力と形状寸法を〔表-2〕に示す。ここで σ_{fy} はフランジ（圧縮および引張側）フランジは同一材質のものを使用）の降伏応力、 σ_{wy} はウェブの降伏応力、 $\sigma_{wy'}$ は点加熱する前の素材での降伏応力である。なおこれらの降伏応力は試験体の影響を加味したJIS1号試験片での実験値である。また試験体の曲げスパンはすべて600cmとし、純曲げ間隔を150cmで一定としている。なお各試験体のI断面形状は降伏モーメントが 1.3×10^7

〔表-2〕 材料の降伏応力と形状寸法

試験体記号	AaBX ₁	AaBX ₂	AaBY ₁	ABY ₁	BBY ₁	GBX ₁	GBX ₂	GBY ₁
フランジ	$\sigma_{fy}(\text{kg/cm}^2)$	5930	5930	5930	4710	4710	2930	2930
ウェブ	$\sigma_{wy}(\text{kg/cm}^2)$	5570	5370	5010	4120	3060	3100	3070
	$\sigma_{wy'}(\text{kg/cm}^2)$		(5570)	(4760)	(3260)			(3070)
フランジ	bf (cm)	19.46	19.54	19.61	19.60	19.54	18.21	18.03
	tf (cm)	1.41	1.41	1.41	1.42	1.42	2.53	2.53
	bf/tf	13.8	13.9	13.9	13.8	13.8	7.2	7.1
ウェブ	dw (cm)	80.40	80.45	78.90	78.65	79.00	77.90	78.09
	tw (cm)	0.60	0.60	0.61	0.67	0.68	0.65	0.62
	dwtw	133.3	134.1	130.2	117.4	116.5	119.8	125.1
スチファナー	Q (cm)	79.00	79.00	79.00	79.00	79.00	79.00	79.00
	Q/dw	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



〔図-1〕 曲げ試験方法

kg-cm（目標値）になるように設計し、試験パネルの縦横比を1.0とした。残留応力試験体は全長を200cmとし、他の寸法は各曲げ試験体と同一である。

2. 試験方法

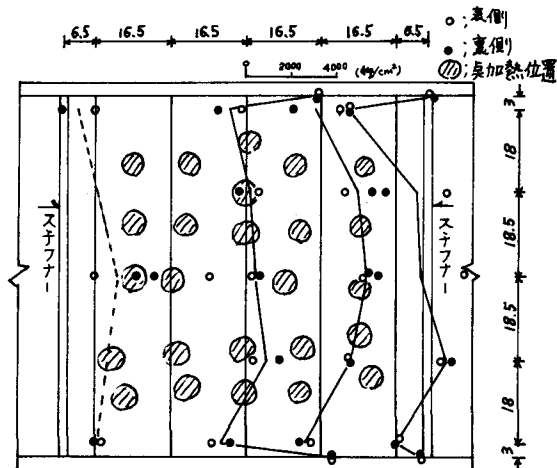
曲げ試験方法を〔図-1〕に示す。試験は300Ton構造物試験機によって行ない、荷重ビームにより試験パネルに純曲げモーメントを与えた。なお横割れ防止板は各支点、荷重点、試験パネルの両側のスチファナーの各位置に設置し、ローラーを介することにより上下方向の拘束を除いた。また試験体の変形はすべて荷動型変位計により測定し、ひずみは三軸および単軸ストレインゲージによって求めた。

残留応力試験はなおの鋼種の組み合わせ、初期変形条件を曲げ試験体と同一条件下で製作した試験体で行ない、二軸および一軸のひずみゲージを所定の個所に貼布し、熱による影響を受けないようにドリル、手動切断機および帯鋸切断機によって切断した。最終切り取り寸法は約4cm四方の矩形とし、切り取り後24時間放置した後、解放ひずみの測定を行った。

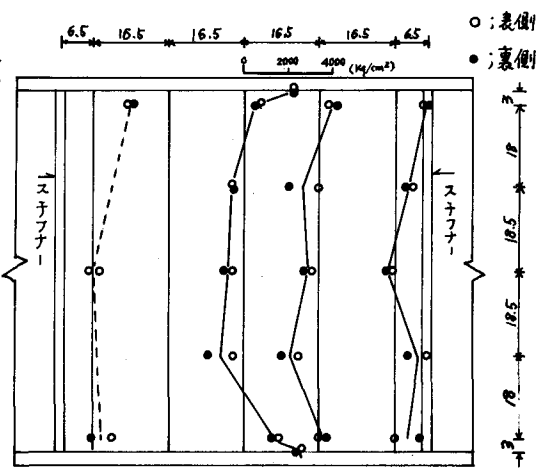
3. 実験結果

3.1 残留応力試験

残留応力試験結果のうち代表的な例としてAaRY₁、GRX₁の結果を〔図-2〕、〔図-3〕にそれぞれ示す。これらの表裏での測定結果には幾分ばらつきが認められるが他の残留応力試験体の結果ともそのバラツキ具合あるいは平均値の分布状況は上記代表例と同じ傾向を示した。また点加熱の有



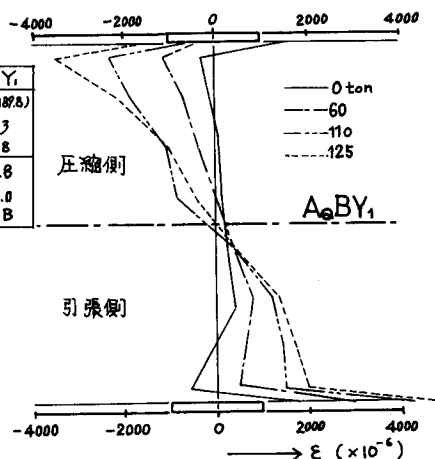
〔図-2〕 $AaRY_1$ の残留応力



〔図-3〕 GRX_1 の残留応力

〔表-3〕 実験結果

試験体記号		AaBX ₁	AaBX ₂	AaBY ₁	ABY ₁	BBY ₁	GBX ₁	GBX ₂	GBY ₁
計測値と試験結果	純曲げ	P _r ton	71.1(110.8)	70.5(110.1)	73.4(114.2)	72.5(114.1)	74.5(117.1)	74.9(117.8)	72.3(117.8)
		P _b ton	150.2	150.6	147.8	112.6	113.3	110.6	109.3
		P _t ton	167.3	167.7	164.4	126.2	127.2	119.2	117.6
試験結果	破壊	P _c ton	155.8	156.1	153.8	119.0	119.9	114.6	112.8
		P _d ton	131.5	132.3	131.0	111.9	110.0	121.0	128.6
	モード	T.B	T.B	T.B	T.B	T.B	L.B	L.B	L.B



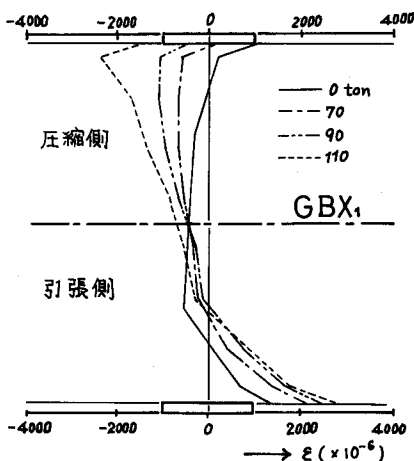
〔図-4〕 ひずみ分布図 ($AaBY_1$)

無によりその分布性状は当然異なっているが、点加熱の多少によってもその分布性状は異なるようである。すなわち点加熱のないものは左部のほとんどの領域で圧縮の残留応力が生じているが、点加熱をすることによって引張りの残留応力が生じ、しかも点加熱の量が多くなればなるほど残留応力は引張り側へ移行するようである。なお〔表-1〕に示した残留応力 (σ_r) と降伏応力 (σ_y) の比は以上の残留応力試験より間接的に求めたものである。

3.2 曲げ試験

曲げ試験の結果よりまず典型的なひずみ分布を〔図-4〕〔図-5〕に示す。これらの図は前記残留応力を外力に重ねた試験パネル中央部でのひずみ分布図であり、図示した4段階の荷重は載荷荷重 0 Ton の状態での残留ひずみ分布、座屈前のひずみ分布、座屈直後および破壊直前のひずみ分布とそれぞれ示しているが、これらよりひずみの最大値は常にフランクとウェブの接合部より若干離れた所に発生していることがわかる。

次に本実験の座屈および終局耐力の計算値と実験結果を

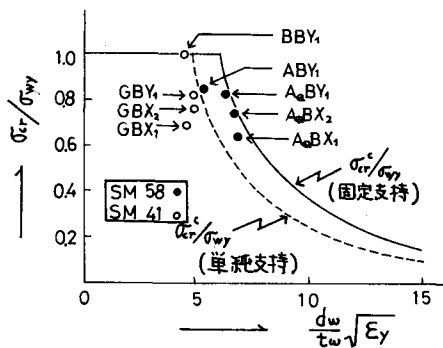


〔図-5〕 ひずみ分布図 (GBX_1)

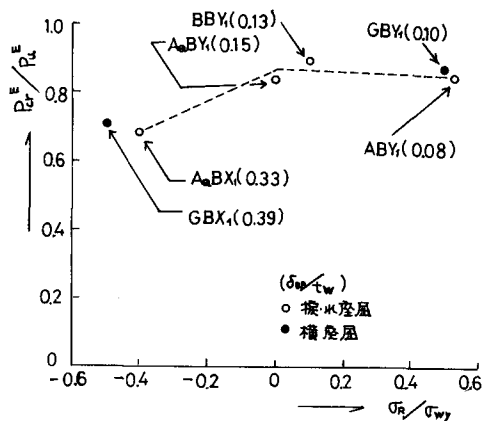
〔表-3〕に示す。曲げ座屈荷重の計算値 P_{cr} は4辺単純支持と2辺単純2辺固定の二通りについて行ない、()内が使用値である。また P_p はフランジ上端のみが降伏したときの降伏荷重、 P_p は全断面降伏荷重である。なお終局耐力の計算値 P_u はK. Basler の式を用いて求めた結果である。崩壊モードは炭の座屈をT.B、横座屈をL.Bの略号であらわしている。当然のことながら崩壊にいたるプロセスは全試験体を通じてウェブで曲げ座屈をおこした後、フランジがT.BあるいはL.Bで崩壊にいたっていた。

次に〔図-6〕は弾性座屈応力の所定の周辺条件に対する計算値と $P-\delta^2$ 法によって決定した実験結果との関係を示したものである。なお $P-\delta^2$ 線図からは全試験結果とかなり明確な値が得られており、曲げ試験に対する座屈値推定法としては妥当であると考えられる。この結果からA α およびA β タイプの座屈係数は両境界条件の中間値をもち、BおよびGタイプは単純支持の場合の座屈係数よりもさらに幾分小さいことがわかる。

また〔図-7〕は純曲げに対する座屈性状を示したものである。すなわち横座標の値は〔表-1〕の σ_r/σ_{wy} の値をとり、縦座標には終局耐力と推定座屈荷重の比をとっている。この図から使用座屈強さに対して残留耐力、初期変形、さらに重畳したものが相当影響をもつことが明らかとなった。この問題については現在さらに理論的、実験的に追求を行ないつつある。なお崩壊モードに関しては当然のことながらフランジの剛度もかなり影響しているようである。



〔図-6〕 σ_r/σ_{wy} と $\frac{dw}{tw}\sqrt{E_y}$ の関係



〔図-7〕 P_u/P_{cr} と σ_r/σ_{wy} の関係