

大阪大学工学部 正員 梶川 靖治
大阪大学工学部 正員 前田 幸雄

1. まえがき

筆者らはこれまでハイブリッド合成げたの弾塑性曲げ性状および曲げ耐力を明らかにするために、理論的⁽¹⁾ならびに実験的研究^{(2),(3)}を継続してきたが、今回は静的載荷試験および鋼げたの溶接残留応力分布の測定結果をもとに、溶接残留応力あるいはコンクリートの材料的非線形性などがけたの曲げ挙動および耐力に及ぼす影響について検討を加えた結果を報告する。

2. 実験の概要

(i) 静的載荷試験は床版幅 80 cm, 床版厚 14 cm, けた高さ 80 cm 支間長 6 m で、鋼種の組合せなどを変えた計 8 体(表-1 参照)の単純合成げたについて、その破壊まで静的繰返し載荷を行った。これらの実験方法および結果の詳細については前報⁽²⁾および⁽³⁾を参照されたい。

(ii) 鋼げたの溶接残留応力分布は静的載荷用試験体の曲げパネルと同じ断面寸法を有する長さ 2 m の試験体 6 体(表-1 参照)について、機械的分割法による応力解放方式により測定した。この結果を図-1 および表-2 に示す。分布の形状は図-1 に見られるように、従来の報告^{(4),(5)}とはほぼ同じであるが、一部のけたではウェブ中央部に引張残留応力の存在するもの(例えば RH54)もみられた。けたの曲げ性状に大きな影響を及ぼすと考えられるフランジ-ウェブすみ肉溶接部の引張残留応力について、その最大値はハイブリッドげたの方がホモジニアスげた(RH88 など)に比べて若干低い値となっており、またその分布幅はフランジ幅の 10~25% の狭い範囲となっている。

3. 弾塑性曲げ性状

(i) 溶接残留応力 鋼げたの溶接残留応力が合成げたの曲げ挙動に及ぼす影響を調べるために、図-1 に示すような実験値を用いて数値解析を行った。図-2 は H シリーズの $M-\phi$ 関係であり、実験値と残留応力を考慮しない計算値および残留応力を考慮した計算値とそれぞれ比較したものである。計算において溶接残留応力を考慮することにより $M-\phi$ 曲線における非線形性が低い荷重段階から現われはじめ、考慮しない場合に比べ、同一モーメントに対する曲率の増加はわずかであり、またフランジ降伏モーメントなどもほとんど変わらないことがわかる。残留応力を考慮した計算値と実験値との間には、そのフランジ降伏モーメント付近において、まだかなりの差があり、この主な原因としては鋼げたウェブの溶接に伴う初期面外変形の影響ではないかと考えられるが、今だ定量的に十分把握できていない。

(ii) コンクリートの材料的非線形性 コンクリート床版とフランジにもつ合成げたにおいては、コンクリー

Table 1. Summary of test specimens

Test specimens		Combination of steels			Concrete slab
L.T. ¹	R.S. ²	T.F. ³	Web	B.F. ⁴	
H88	RH88	HT80	HT80	HT80	plain slab
H55	RH55	SM50	SM50	HT80	
H54	RH54	SM50	SS41	HT80	
HH88	—	HT80	HT80	HT80	haunched slab
HH54	—	SM50	SS41	HT80	
S66	RS66	SM58	SM58	SM58	plain slab
S55	RS55	SM50	SM50	SM58	
S54	RS54	SM50	SS41	SM58	

1) L.T.: Beams for loading tests.

2) R.S.: Beams for measurements of residual stresses.

3) T.F.: Top flange.

4) B.F.: Bottom flange.

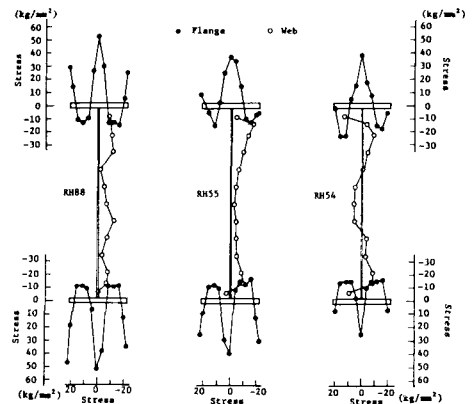


Fig. 1 Typical residual stress distributions.

Table 2. Summary of residual stresses

Beam	Residual stress (kg/mm ²)												Coefficient			
	Top flange				Web				Bottom flange							
	σ_t Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	σ_e Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	σ_t Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	σ_e Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	σ_t Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	σ_e Ox/Oy	σ_c Ox/Oy	α_1	α_2	α_3	
RH88	53	-12	28	-8	52	-12	41	0.16	0.92	0.15						
RH55	0.68	0.10	0.10	0.10	0.47	0.19	0.35	0.23	0.91	0.10						
RH55	38	-11	6	-8	40	-13	28	0.23	0.91	0.10						
RH55	1.00	0.29	0.16	0.16	0.51	0.17	0.26	0.09	0.88	0.12						
RH54	1.00	0.50			0.10	0.31	0.21		0.20	0.88	0.12					
RS66	39	-18	15	-4	43	-16	23	0.09	0.88	0.12						
RS66	0.64	0.30	0.35	0.08	0.71	0.25	0.38									
RS55	1.00	0.21	0.18	0.20	0.90	0.25	0.35	0.24	0.92	0.12						
RS55	25	-17	3	-3	41	-14	19	0.17	0.88	0.12						
RH54	0.44	0.04	0.08	0.08	0.20	0.07	0.31	0.17	0.86	0.12						

トの σ - ϵ 関係における非線形性がけたの曲げ挙動に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、材料試験により得られたコンクリートの σ - ϵ 関係を二次式で近似した図-3中の1点鎖線の σ - ϵ 曲線を用いて数値解析を行った。図-4は床版ハンチを有するHHシリーズのP- δ 曲線であり、2点鎖線が残留応力を考慮に入れ、しかもコンクリートを非線形とした計算値である。これより明らかなように、コンクリートを非線形とすることにより、同一モーメントに対する曲率はごくわずかに増加するが、けたの曲げ挙動についてはほとんど無視してもよいほどのものであることがわかる。

4. 曲げ耐力

各けたの曲げ耐力の実測値 P_u と3種の計算値を表-3に示す。計算値 P_p は全断面塑性矩形応力分布を仮定したときの値であり、 P_{cu} はコンクリート上縁ひびき $\epsilon = 0.0015$ に達する時の値であり、さらに P_{cu} はこれに残留応力を考慮した場合の値である。この表から明らかなように、実験値 P_u はほとんどのけたについて P_p よりむしろ P_{cu} の値に近く、その差はほぼ5%以内となっている。さらに残留応力を考慮した場合には、ごくわずかながら実験値との一致度がよくなる傾向がみられる。また、けたの曲げ耐力に及ぼすウェブ鋼材の強度の影響を知るために、各シリーズごとにホモジニアスげたを基準とした場合の耐力 P_u の比 η とウェブ降伏点応力 σ_{yw} の比 γ との関係を示したのが図-5である。この図よりわかるように、けたの断面形状・寸法が同じな耐力の減少とウェブ降伏点応力比とはほぼ1本の直線関係となり、上フランジ鋼材、床版ハンチの有無(HとHH)、下フランジ鋼材および断面の相違(HとS)あるいはコンクリート強度の相違(全シリーズ)などのパラメータにはほとんど影響されないようである。図-5より、ホモジニアス合成げたとハイブリッド合成げたとの耐力的な関係は、例えば、ウェブのみをホモジニアスげたの σ_{yw} の降伏点のものに変えてハイブリッドとした場合とさえて、耐力の減少は約25%程度に留まることとわかる。

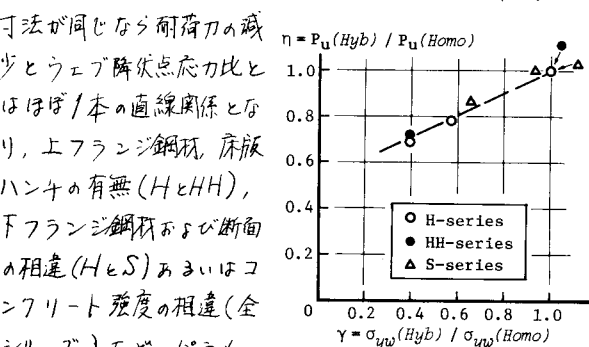


Fig. 5 Reduction of maximum load-carrying capacity

【参考文献】
1) 第31回年講, I-93, 昭和51年, 2) 第32回年講, I-200, 昭和52年
3) 昭和53年度関西支部年講, I-67, 4) Frost & Schilling, ASCE, Vol. 90, No. 573, 1964, 5) 西野ほか, JSSC, Vol. 7, No. 71, 1971

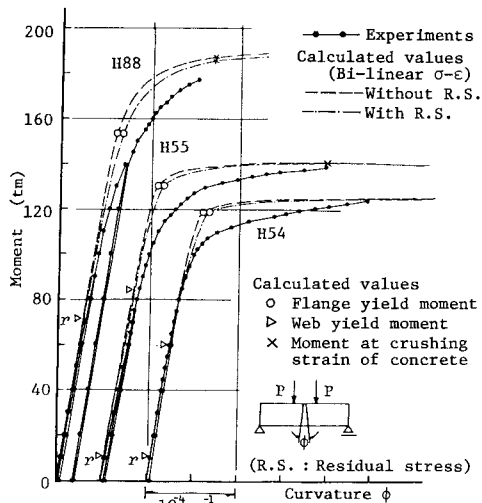


Fig. 2 Moment-curvature curves for H series

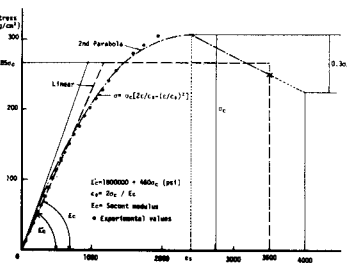


Fig. 3 Assumed stress-strain curves for calculation.

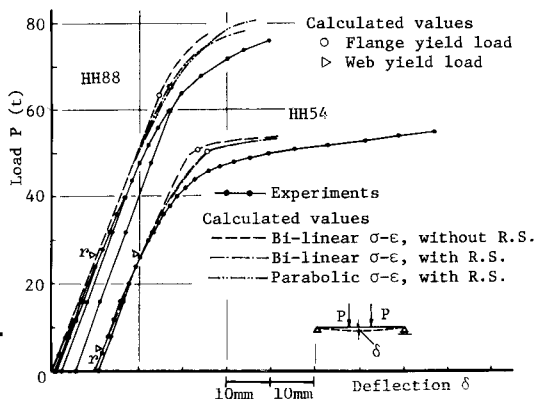


Fig. 4 Load-deflection curves for HH series

Table 3. Maximum load-carrying capacity

Beam	Test results P_u (t)	Calculated values					
		P_p (t)	P_u/P_p	P_{cu} (t)	P_u/P_{cu}	P_{cu}^* (t)	P_u/P_{cu}^*
H88	72.0	78.0	0.923	75.2	0.957	74.5	0.966
H55	56.5	57.2	0.988	56.7	0.998	56.6	0.998
H54	50.5	50.9	0.992	50.4	1.022	50.4	1.002
HH88	76.5	83.0	0.922	80.4	0.951	78.3	0.977
HH54	55.5	54.6	1.016	54.3	1.002	53.9	1.030
S66	58.0	60.3	0.962	59.6	0.973	59.6	0.973
S55	58.0	57.3	1.012	56.8	1.021	56.7	1.023
S54	50.3	51.2	0.982	50.7	0.992	50.7	0.992