

大阪大学大学院 学生員 中本泰弘

大阪大学工学部 正 員 前田幸雄

大阪大学工学部 正 員 桃川靖治

1. まえがき: 優れた力学的合理性を有する鋼・コンクリート合成げた橋に鋼材の最適使用化を目的とするハイブリッド鋼けたにも適用することは、その合理性および経済性をより一層高めうるものと期待できる。ハイブリッドプレートガーダー単体の曲げ挙動に関してはこれまで内外において数多くの静的および疲労の両面からかなりの実験的および理論的研究がみられる。しかし、コンクリート床版と合成したハイブリッド合成げたに関する所見は数少なく、ハイブリッド合成げたの曲げ性状を十分明らかにしているとは言い難いようである。そこで本研究では、模型げたを用いた静的載荷試験を行うことにより、ハイブリッド合成げたが曲げモーメントを受けた場合の終局耐荷力とそれに至るまでの荷重と変形の関係も明らかにするとともに、従来からのホモジニアス合成げたとの相違も把握しようとした。

2. 実験概要: 本実験の主たる目的は、前述のようにハイブリッド合成げたの弾塑性曲げ性状と終局曲げ耐荷力について (i)ホモジニアス合成げたとの比較 (ii)鋼種の組合せによる変化状況 (iii)床版ハンチの有無による相違 (iv)溶接残留応力のウエブ早期降伏への影響などを調べることである。試験体の種類は鋼種の組合せ、床版ハンチの有無により Table 1 のように区分でき、1 種類 1 体ずつ、載荷試験用計 8 体および溶接残留応力測定用計 6 体からなる。各実験シリーズの特徴は次のとおりである。H シリーズは将来その使用頻度が増加すると考えられる高張力鋼の HT80 も下フランジに使用し、ハイブリッド性を強調したものであり、HH シリーズはこれにさらに 4mm の床版ハンチをつけ実際に架設される合成げたの断面形に近づけたものである。また S シリーズは、現在最も一般的な高張力鋼である SM58 も下フランジに用い、かつ床版コンクリート上縁応力度が $0.85\sigma_{ck}$ (σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度) に達する前に下フランジ下縁が降伏するという、実際のけたの応力状態にできるだけ近い条件のもとで実験しようとするものである。載荷試験用試験体の代表的な断面形状・寸法を Fig. 1 に示す。支間とは各実験シリーズともすべて 6m である。残留応力測定用試験体は全長 2m でその中央部に載荷用試験体の曲げパネルと同じ寸法の測定パネルを有している。載荷試験における荷重は、各試験体とも支間中央部 1m の間隔において油圧ジャッキ 2 台により 2 点集中荷重を与えた。荷重は各試験体ともその終局耐荷力に到達するまで静的に、段階的に増加させ、途中適時除荷を行い数回履歴させていわゆる静的繰返し載荷試験を行った後破壊に至らしめた。

3. 実験結果: 実験結果の一例として、Fig. 2, 3 にそれぞれ代表的なモーメント-曲率曲線、荷重-たわみ曲線をも、Table 2 に終局曲げ耐荷力を示す。静的繰返し載荷試験の結果、いずれのけたも最終的には荷重点間の床版コンクリートが圧潰することにより曲げ破壊を生じたが、コンクリートが圧潰するまでは上フランジの局部座屈、けたの横剛座屈あるいはせん断スパン内のウエブのせん断座屈などの不安定現象は全く見られなかった。Fig. 2 は H シリーズの M- ϕ 曲線であるがいずれの処女曲線においても弾性から塑性への曲がり方が計算値に比べ非常にゆるやかである。これは鋼けた単体についての実験結果でも指摘されているように、主としてフランジ-ウエブすみ肉溶接部における溶接引張残留応力に起因するものであると考

Table 1 Summary of test specimens

Test series	Specimens			Types of steels			Concrete slab
	L.T.	M.R.	T.F.	Web	B.F.		
H	H88	RH88	HT80	HT80	HT80		plain slab
	H55	RH55	SM50	SM50	HT80		
	H54	RH54	SM50	SS41	HT80		
	HH88	—	HT80	HT80	HT80		haunched slab
S	HH54	—	SM50	SS41	HT80		slab
	S66	RS66	SM58	SM58	SM58		plain slab
	S55	RS55	SM50	SM50	SM58		
	S54	RS54	SM50	SS41	SM58		

L.T.: Loading test

M.R.: Measurement of residual stress

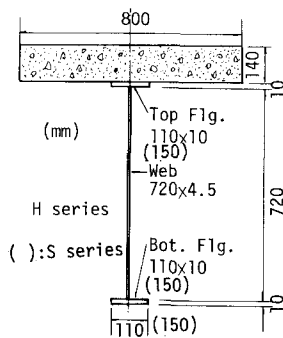


Fig. 1 Beam Cross-Section

えられるが、合成げたの場合にはこのほかコンクリートの σ - ϵ 曲線の非線形性もかなり影響しているものと思われる(計算ではコンクリートも完全弾塑性体としている)。ホモジニアス合成げたとハイブリッド合成げたの曲げ性状における相違は、Fig. 3のHHシリーズについてみればホモジニアスげたのP- δ 曲線がゆるやかに変化しているのに対し、ハイブリッドげたの曲線は計算上のウェブ降伏荷重前後から徐々に非線形性が強くなりはじめ曲がり方が少しくなっている。計算ではフランジ降伏まではほぼ直線性を保っているが、実験値では残留応力の影響によりかなりの非線形性がみられ、ウェブ早期降伏現象を明瞭に見だすことはできない。正の曲げモーメントを受ける合成げたの終局曲げ耐力の算定方法には、最終状態における断面の応力分布を仮定する方法とコンクリート上縁最大圧縮ひずみもある限界値内に制限する方法の2通りが考えられる。Table 2中理論値 P_p は全断面塑性矩形応力分布としたときの値であり、 R_u はコンクリート上縁ひずみの値が -0.0035 に達した時の値である。この表より明らかに実験値 R_u は大部分のけたについて P_p よりはむしろ R_u の値に近く、その差もほぼ5%以内となっている。本実験の結果より、ハイブリッド合成げたの弾塑性曲げ性状および終局耐力について次のことがいえる。(1)ハイブリッド合成げたの荷重-変形曲線はホモジニアス合成げたのそれに比べると、弾塑性域での曲がり方が少しくなり、従来より鋼が単体について報告されている実験結果とほぼ同様の傾向を示した。(2)試験げたの荷重-変形曲線には、溶接残留応力、ウェブの初期変形などの影響によりいずれも低い荷重からかなりの非線形性がみられたが、繰返し載荷後の再載荷曲線はほぼ線形であり、その傾きは弾性計算値と良く一致していた。特にハイブリッド合成げたにおいてウェブの一部が降伏域に入っている場合でも、荷重-変形挙動はほぼ線形的であった。(3)ハイブリッド合成げたにおけるウェブ鋼材の違いによる曲げ性状の相違は、終局耐力の違いを除けば、ほとんど無いと考えられる。(4)床版にハンチを設けることによりホモジニアスげた、ハイブリッドげたともに曲げ剛性および終局曲げ耐力は当然増大するが、けたの曲げ性状は本質的にはほとんど変化しない。ハンチを設けたことによる終局耐力の増大率はホモジニアスげたよりもハイブリッドげたにおいて若干大きかった。(5)HシリーズとSシリーズとにおける下フランジ鋼材の違いによる曲げ性状の相違はほとんど無いと言える。(6)今回の試験体のようにかなりスレンダーな鋼断面を有する合成げたの終局曲げ耐力は、全断面塑性矩形応力分布を仮定して算定するよりもコンクリートの最大圧縮ひずみを制限して算出する方が、より正確に評価できるようなのである。ただし、最大圧縮ひずみの値については検討を要する。

なお残留応力の測定結果、残留応力の曲げ性状に与える影響などについては、当日発表する。

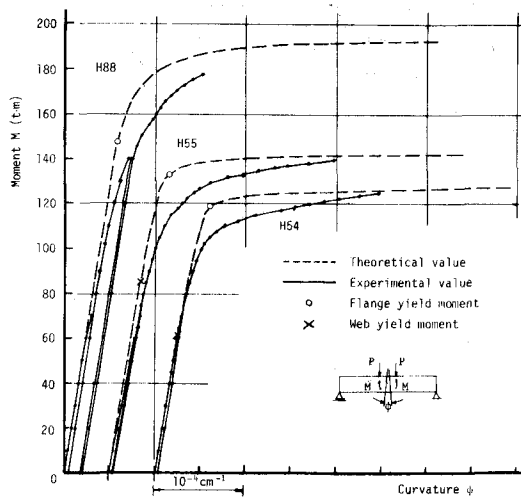


Fig. 2 Moment-curvature curves for H series

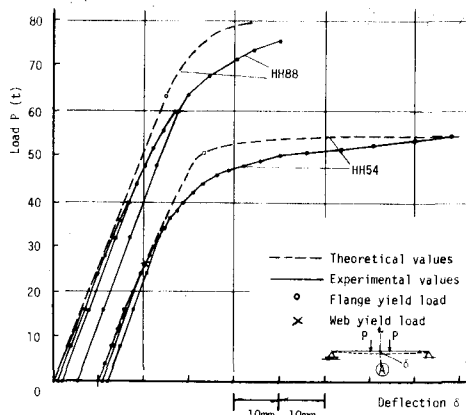


Fig. 3 Load-deflection curves for HH series

Table 2 Maximum Load-Carrying Capacity

Beam	Test results		Theoretical value		
	P_u (t)	P_p (t)	P_u/P_p	P_{cu} (t)	P_u/P_{cu}
H88	72.0	78.0	0.923	75.2	0.957
H55	56.5	57.2	0.988	56.7	0.996
H54	50.5	50.9	0.992	50.4	1.022
HH88	76.5	83.0	0.922	80.4	0.951
HH54	55.5	54.6	1.016	54.3	1.002
S66	58.0	60.3	0.962	59.6	0.973
S55	58.0	57.3	1.012	56.8	1.021
S54	50.3	51.2	0.982	50.7	0.992

P_p : Maximum load for fully plastic rectangular stress block with concrete strength of $0.85\sigma_c$
 P_{cu} : Maximum load for -3500μ of maximum strain of concrete