

# Hybrid 桁のモーメント・塑性回転角特性に関する実験的研究

立命館大学大学院 学生員 加藤高弘  
 富士車輛 (株) 正会員 干場健志  
 富士車輛 (株) 正会員 小室吉秀  
 立命館大学理工学部 正会員 伊藤 満

## 1. まえがき

AASHTO の LRFD(荷重抵抗係数設計,1998)の中で認められている非弾性設計法<sup>1)</sup>の特徴の1つは,有効塑性モーメント(Mpe)という新しい概念を設計の中に取り入れていることである。

有効塑性モーメント式は,フランジとウェブの幅厚比を基本として与えているので鋼材の降伏点応力度がフランジとウェブで異なった部材(ハイブリッド部材)に対しても適用できるものである。ただし,設計断面に対してオートモーメントを求める際の曲げモーメント・塑性回転角曲線式は,等質断面桁(ホモジニアス桁)の実験結果<sup>2)</sup>に基づいて作成されたものであり,これをハイブリッド桁にそのまま適用して良いか否かは明確にされていない。ハイブリッド桁は,曲げによって腹板断面が早期に降伏するために桁の曲げ剛性の低下を起こすことが指摘されている<sup>3)</sup>。

本研究は,フランジに SM490Y 材,ウェブに SM400 材を用いた場合のハイブリッド桁の静的曲げ試験を行い,曲げモーメント・塑性回転角曲線を求め,ホモジニアス桁との比較検討を行ったものである。さらに,フランジに HT780 材ウェブに SM400 材を用いたハイブリッド桁の塑性回転容量についても考察を加えた。

## 2. 実験概要

H形断面ばりの最大強度と塑性回転容量に影響を与える要因として,主に,鋼材特性,断面寸法,曲げモーメント分布,横補剛間隔等があげられる。これらの要因が種々組み合わされることにより曲げモーメント・塑性回転角曲線は影響を受ける。実験供試体は,SM490Y 材を用いたホモジニアス桁を HO タイプ,フランジに SM490Y 材,ウェブに SM400 材を用いたハイブリッド桁を HY タイプとして,ウェブの幅厚比によって Table-1 に示すように HO60, HY60 および HO80, HY80 の 4 供試体を制作した。モーメント分布に関しては,本実験では,モーメント勾配の大きさを示すパラメーターとしてスパン長けた高比 L/D を選び<sup>4)</sup>L/D 4.3~5.8 の間に選んだ。さらに,連続ばりの中点には大きなせん断力も作用するので,この影響を考慮するため,通常の荷重抵抗係数設計された連続ばり中間支点到に作用するせん断力の大きさを  $V_{max}/V_p$ <sup>4)</sup> 0.5 に統一した。実験は,単純ばり中央集中荷重によるモーメント勾配のもとで荷重を行い,回転角の測定は,両支点付近に等辺山形鋼を設置し,そこに2体のダイヤルゲージを300mm間隔で配置し,それぞれの変位差により求めた。

Table-1 Dimensions of Specimens

供試体	b (mm)	tf (mm)	D (mm)	tw (mm)	L (mm)	$\frac{b}{2t_f} \frac{F_y}{50}$	$\frac{D}{t_w} \frac{F_y}{50}$
HO60	145	11	340	6	2000	7.1	60
HY60	145	11	340	6	2000	7.1	60
HO80	160	12	450	6	2000	7.1	80
HY80	160	12	450	6	2000	7.1	80

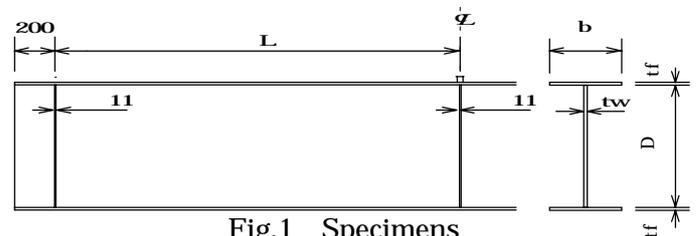


Fig.1 Specimens

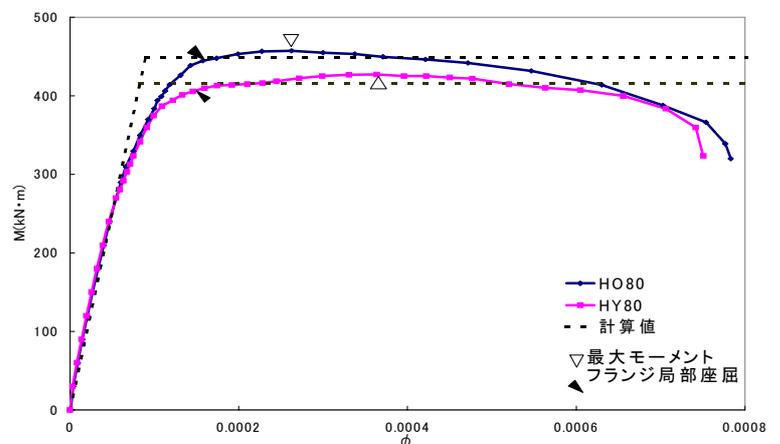


Fig.2 Moment-curvatures curves

キーワード：ハイブリッド桁・塑性回転角・塑性回転容量・幅厚比制限値

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL：077-561-2727 FAX：077-561-2667

### 3. 実験結果と考察

本実験では、主として、塑性域におけるホモジニアス桁とハイブリッド桁の曲げ挙動の違いを比較検討するために曲げモーメント - 曲率曲線を作成した。Fig.2 は、ホモジニアス桁 HO80 と、ハイブリッド桁 HY80 の曲げモーメント - 曲率曲線を示し、縦軸はスパン中央の曲げモーメント  $M$ 、横軸はスパン中央付近の曲率  $\theta$  を表している。さらに、それぞれの計算による理論値をプロットし、実測値と比較したものである。HY80 桁は、ウェブの早期降伏によって低い荷重段階から塑性変形を増大させ曲げ耐荷力を減じていることがわかる。ただし、圧縮フランジが局部座屈してから最大モーメントに至るまでの塑性回転容量はHO80 桁よりも大きいといえる。Fig.3 は HO60 と HY60 の曲げモーメント - 回転角曲線を示し、縦軸は曲げモーメント  $M$  をフランジ断面降伏時の曲げモーメント  $M_y$  で無次元化し、横軸は、はり部材の回転角  $\theta$  を示したものである。この図からも、ホモジニアス桁はフランジが局部座屈した後すぐに最大モーメントに達しているのに対し、ハイブリッド桁はフランジが局部座屈した後も耐力をのばし続け、最大モーメントに達するのを遅らせているのがわかる。この原因として、ハイブリッド桁は先にウェブから降伏し、ウェブのフランジに近い部分が早くからひずみ硬化域に入り、このひずみ硬化がフランジの座屈変形を拘束するため、最大モーメントに達するまでの耐力をのばしているものと考えられる。これに対して、ホモジニアス桁はフランジから降伏し、続いて起こる圧縮フランジの局部座屈がウェブ座屈を誘発し、その結果桁の耐力を早期に減じているものと思われる。Fig.2, Fig.3 からハイブリッド桁は、ホモジニアス桁に比べて最大耐力は多少劣るものの、塑性回転容量は、ほぼ同じとみることができる。Fig.4 は、AASHTO Spec<sup>1)</sup>に規定されているモーメント - 塑性回転角曲線を、フランジに HT780 材、ウェブに SM400 材を用いたハイブリッド桁(HY)と全断面に HT780 を用いたホモジニアス桁(HO)に対して示したものである。要求される必要回転容量を得るためには、HY 桁は、HO 桁よりもより多くのじん性を要求されていることがわかる。したがって、フランジに高強度鋼を用いた HY 桁の幅厚比制限値は HO 桁の制限値よりも少し厳しくする必要があると思われる。

### 4. あとがき

本実験は、フランジ、ウェブに異種鋼材を用いたハイブリッド桁を制作し、モーメント・塑性回転角特性に関する実験的基礎資料を得た。今後は、これを基にハイブリッド桁におけるオートモーメントが発生するメカニズムについて検討し、FEM 解析によってハイブリッド桁とホモジニアス桁の塑性回転容量について、さらに深く検討を加えていくつもりである。

#### <参考文献>

- 1) AASHTO : LRFD Bridge Design Specifications. (1998).
- 2) AASHTO, Washinton, D.C. : Guide Specification for Alternate Load Factor Design Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Section. (1991)
- 3) 国広哲夫, 古庄通隆 : ハイブリッドけた - その力学的挙動と経済性 - , 橋梁と基礎 (1974 年 1 月)
- 4) Grubb, M.A., and Carskaddon, P.S. "Autostress Design of Highway Brigdes, Phose3: Intial Moment-Rotation Tests." AISC Project 188, Am. Iron and Steel Ins. (April 18. 1979).

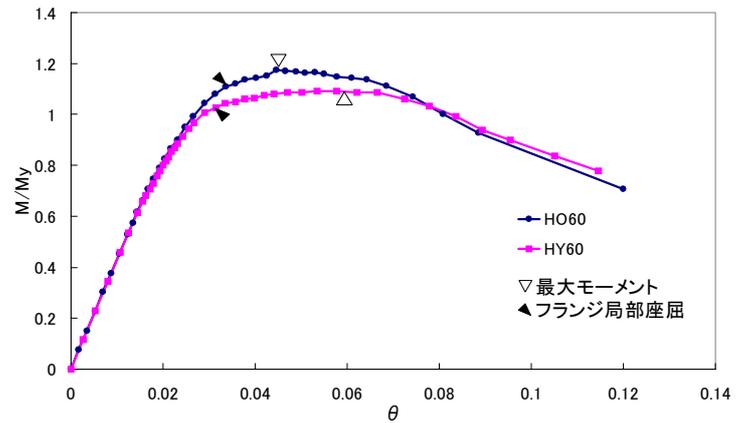


Fig.3 Moment-Rotation curves

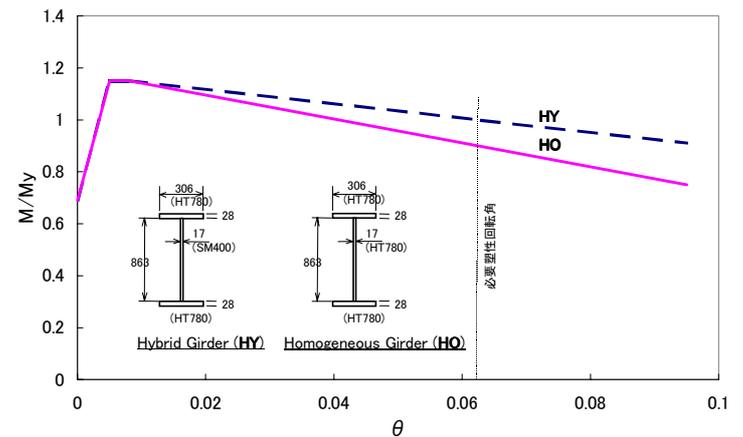


Fig.4 Moment-Inelastic curves by AASHTO Spec.<sup>1)</sup>