

ハイブリッド合成桁・ホモジニアス合成桁の終局曲げ耐力における比較検討

筑波大学大学院システム情報工学研究科 学生会員 ○千野 隆之介
筑波大学システム情報系 正会員 山本 亨輔

1. 研究背景

橋梁を塑性設計する場合、有利な構造としてハイブリッド合成桁が考えられる。ハイブリッド合成桁は、合成桁とハイブリッド桁の両方の性質を合わせ持つ上部構造である。合成桁とは、コンクリート床版と鋼主桁がずれ止めによって結合され、一体となって曲げに抵抗する構造であり、上フランジの座屈を抑制することができる。また、ハイブリッド桁とは、鋼主桁の下フランジのみ高機能鋼を採用し、引張抵抗力を向上させた合理化構造である。下フランジに高機能鋼を適用するため、ホモジニアス合成桁と比較して中立軸位置が低くなる。圧縮領域の拡大により座屈破壊やコンクリートの圧縮破壊の危険性が高まるという問題がある。そこで、本研究では、数値計算によりハイブリッド合成桁とホモジニアス合成桁の終局曲げ耐力を算出し比較検討を行う。モデル化には有限要素法を用いる。

2. 材料係数と部材係数

合成桁の設計法として一般に普及しているのは AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) や Eurocode の耐力設計式である。しかし、現行の設計コードでは、断面を座屈が先行するノンコンパクト断面と、床版の圧壊が先行するコンパクト断面に分類した上で、各部材に対して概ね一律の部材係数を適用することが多い。一方で、三種類の材料を組み合わせた複合構造であるハイブリッド合成桁については、各材料の特性に対応した材料係数と、断面寸法に応じた部材係数を別々に適用することで、よりコスト削減効果を高めることが期待できる。このとき、材料係数は、各材料（ここでは、コンクリート、普通鋼、高機能鋼）の特性（強度とそのばらつきおよび塑性特性など）に応じて独立して定め、部材係数は幅厚比や初期不整などの断面の座屈抵抗特性に応じて定められるべきである。式(1)は本研究で用いる設計式である。

$$\frac{R \left(\frac{f_k}{\gamma_m} \right)}{\gamma_b} \geq M \quad (1)$$

ただし、 R ：抵抗作用、 f_k ：材料強度の公称値、 γ_m ：材料係数、 γ_b ：部材係数、 M ：曲げモーメントである。

3. 研究手法

本研究では、汎用有限要素法ソフトである Abaqus を用いて各合成桁をモデル化する。数値計算においては、4点曲げ試験を再現し、終局限界状態時の純曲げ区間における曲げモーメントを耐力とした。その際、降伏強度、圧縮強度、初期不整を確率変数として、モンテカルロ法により終局曲げ耐力分布を得る。図1、表1にモデル形状およびその寸法値を、図2に初期不整分布を示す。今回の検討では、部材寸法はウェブ厚 t_w のみ変化させ5モデル用意した。

4. 解析結果、考察

合成桁モデルにおいて、座屈破壊もしくはコンクリートの圧縮破壊が発生した場合、終局限界状態に達したと判断し、その時点での純曲げ部の終局曲げモーメントを曲げ耐力 M_u とした。曲げ耐力 M_u に対して、設計値としての全塑性曲げモーメント M_p を用いる。 $M_u/M_p < 1$ となる確率が1%となるように、 $1/\gamma_b$ を設定する。このときの部材係数 γ_b を表2に示す。たとえば、部材係数 γ_b が2.62であるとは、全塑性曲げモーメントは実際の耐力（下から1%）に対して2.62倍程度の過大評価になることを示している。一方、厚さ12mmのように部材係数 γ_b が約1であるとは、実際の耐力が全塑性曲げモーメントを下回る確率が1%程度である、ということの意味する。

図3にウェブ厚と $1/\gamma_b$ の関係を示す。ウェブ厚増加により $1/\gamma_b$ は1に近づいていく様子が確認できる。圧縮破壊が先行するような断面では全塑性曲げモーメント M_p をそのまま設計耐力として設定可能であることが示唆されている。ハイブリッド合成桁の設計耐力はホモジニアス合成桁より大きくなった。また、図4にウェブ厚と設計耐力の関係を示す。全モデルにおいて、ハイブリッド合成桁の設計耐力が上回り、ウェブ厚12mm時で1.23倍異なる結果となった。ハイブリッド合成桁は、ホモジニアス合成桁より合理的でより大きな設計耐力を期待できる構造といえる。

図5にウェブ厚毎の M_u/M_p に関するヒストグラムを示す。上列はハイブリッド合成桁、下列はホモジニアス合成桁である。ウェブ厚増加に伴う座屈抵抗性能の向上により、圧壊が先行しやすい断面となり、耐力が大きくなる傾向が確認できる。ウェブ厚10mm時において、ホモジニアス合成桁でのみ、圧壊が先行する断面が存在した。ハイブリッド合成桁では圧縮域が広いいため比較的容易に座屈破壊が発生

キーワード ハイブリッド合成桁、ホモジニアス合成桁、材料係数、部材係数
連絡先 〒305-8577 つくば市天王台1-1-1

すると考えられる。一方で、ホモジニアス合成桁は、比較的容易に圧壊が発生するため $M_u/M_p > 1$ となる確率は高くなっている。

4. まとめ

本研究では、材料特性・初期不整のばらつきを考慮し、ハイブリッド合成桁とホモジニアス合成桁の終局曲げ耐力の比較を行った。ハイブリッド合成桁は、ホモジニアス合成桁より大きな設計耐力を持つ合理的な構造であることが

確認できた。

参考文献

- [1] 日本鋼構造協会：合成桁の限界状態設計法試案，JSSCテクニカルレポート，No70, 2006. 10.
- [2] 山本亨輔，河野広隆，杉浦邦征，大島 義信：材料特性が鋼-コンクリートハイブリッド合成桁の曲げ耐力確率分布に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.30, No.3, 2008.

表1 構造寸法

パラメータ	寸法値(mm)				
床版幅： w_c	500				
床版厚さ： t_c	150				
上フランジ幅： w_{ft}	300				
上フランジ厚さ： t_{ft}	10				
ウェブ幅： d_w	850				
ウェブ厚さ： t_w	5	6	8	10	12
下フランジ幅： w_{fb}	350				
下フランジ厚さ： t_{fb}	15				

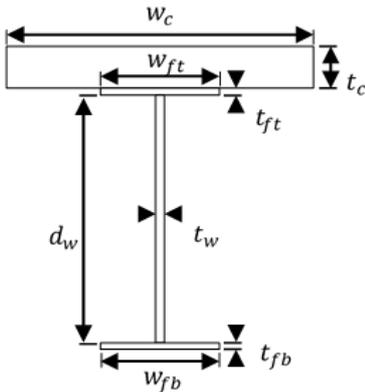


図1 モデル形状

表2 各モデルに対する部材係数の値

ウェブ厚さ： t_w	5	6	8	10	12
部材係数： γ_b (ハイブリッド合成桁)	2.62	2.00	1.41	1.12	1.02
部材係数： γ_b (ホモジニアス合成桁)	1.61	1.28	1.05	0.97	0.92

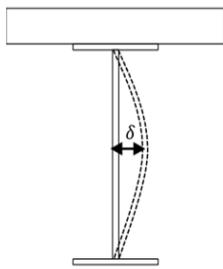


図2 初期不整

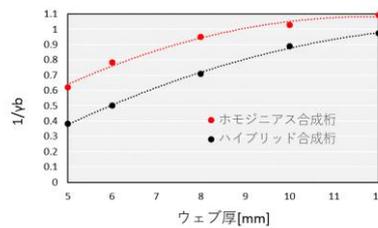


図3 ウェブ厚と $1/\gamma_b$ の関係

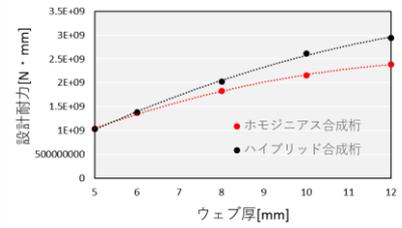


図4 ウェブ厚と設計耐力の関係

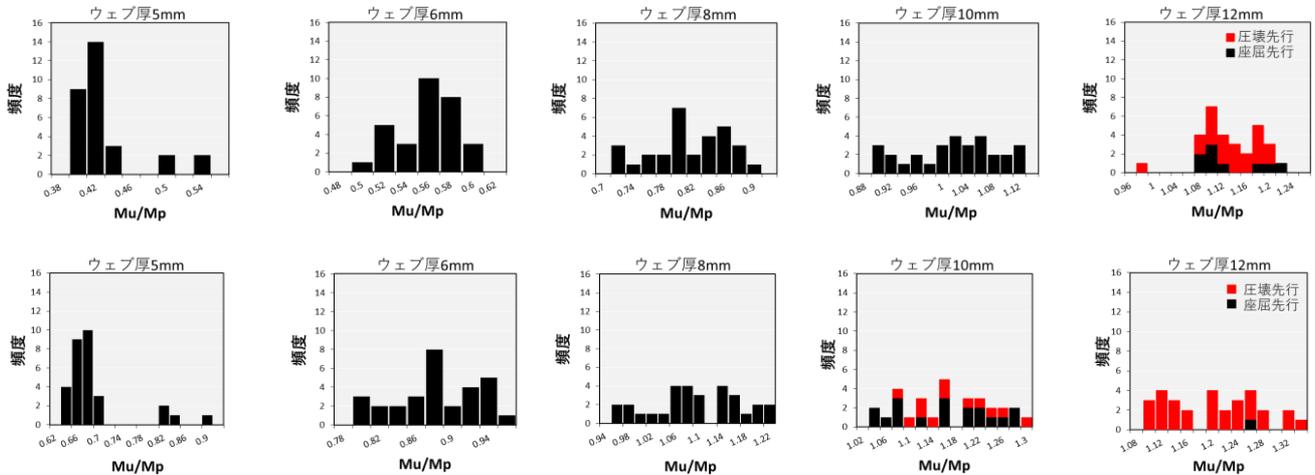


図5 ウェブ厚毎の M_u/M_p に関するヒストグラム(上列：ハイブリッド合成桁，下列：ホモジニアス合成桁)