

## ハイブリッド桁の曲げとせん断の相関強度

長岡技術科学大学 正会員 劉 翠平 宮下 剛 長井正嗣

### 1. はじめに

ハイブリッド桁は、フランジに高降伏点鋼材、ウェブに低降伏点鋼材を組み合わせた桁である。近年、プレートガーダー橋の支間の増大の要求と高強度鋼の開発により、経済性に優れているハイブリッド桁が注目されている。我が国においてはハイブリッド桁の適用できる限界状態設計法に関する試案が出版され<sup>1)</sup>、ハイブリッド桁に関する研究も積極的に行われているが、限界状態設計法を確立するほどの基礎的なデータが少ない。特に、ハイブリッド桁の曲げとせん断の相関強度に関する研究は少ない。

本研究では、曲げとせん断の相関強度を明らかにすることを目的とする。まず、曲げとせん断を受ける種々のハイブリッド桁を設計し、複合非線形有限要素解析を行う。そして、有限要素解析により得られたせん断耐力を分析し、既存のせん断耐力式の評価精度、曲げ・せん断の相関関係を検討する。

### 2. 解析概要

図1および表1に示す6つのグループ、合計96個のモデルに対して複合非線形有限要素解析を行う。腹板高  $h_w$  とフランジの断面寸法が一定で、アスペクト比(横縦比)  $\alpha$ 、腹板厚  $t_w$  をパラメータとする。桁の支間距離  $L$  により、桁に作用する曲げとせん断の占める割合を調整する。なお、テストパネルのせん断座屈耐力が最小となるように各パネルの幅を決める。また、終局状態において局部破壊が生じないように、補剛材を厚くする。

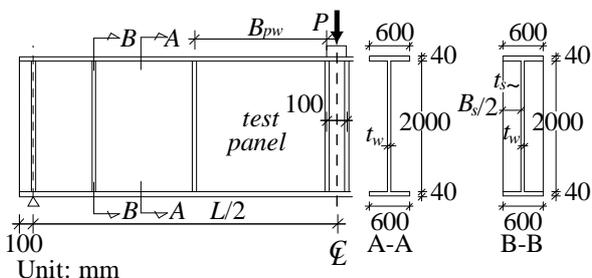


図1 ハイブリッド桁の概略図

表1 モデルのパラメータ

解析グループ	$h_w$ (mm)	$t_w$ (mm)	$\alpha$	$A_f / A_w$	$t_s$ (mm)	モデル数 (個)
A10TW16	2000	16	1.0	1.50	32	20
A15TW16			1.5			14
A20TW16			2.0			13
A10TW19	2000	19	1.0	1.26	40	22
A15TW19			1.5			14
A20TW19			2.0			13

合計：96

解析には Diana 9.4 を使用し、8 節点シェル要素の CQ40S を用いる。フランジと補剛材の降伏応力度を  $450\text{N/mm}^2$ 、ウェブの降伏応力度を  $355\text{N/mm}^2$  とする。鋼材は Von Mises 応力の降伏条件を考え、応力 - ひずみ関係は multi-linear モデルとする。ヤング率は  $2 \times 10^5\text{N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3 である。

テストパネルのウェブのみへ初期不整を導入する。桁の中央へ漸増荷重(強制変位)を鉛直方向に与え、荷重が低下した後も解析を行う。

解析モデルの名前の例を次のようにする。

解析モデル A10TW16-49: アスペクト比が 1.0、腹板厚が 16mm、支間距離  $L$  が 4900mm である 1 個のモデルを示す。

### 3. 解析結果

#### (1) ハイブリッド桁の変形挙動

モデル A10TW16-49, A15TW16-61 および A20TW16-81 を例として、図2にせん断荷重  $V$  ~ 変位の関係曲線を示す。なお、は荷重方向の変位である。これらのモデルについては、いずれも終局時において作用曲げモーメントが小さく、せん断座屈が卓越している。せん断荷重 ~ 変位関係曲線において最大荷重を終局せん断荷重(以下、解析値)として定義する。Basler 式値  $V_{SB}$ <sup>2)</sup>、三上式値  $V_{MG}$ <sup>3)</sup> および前田式値  $V_{mae}$ <sup>4)</sup> を図中に示す。結果を見ると、Basler 式は危険側の予想、三上

キーワード：橋梁、ハイブリッド桁、せん断強度、相関強度、解析

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学

産学融合トップランナー養成センター 環境・建設系 TEL 0258-47-9641

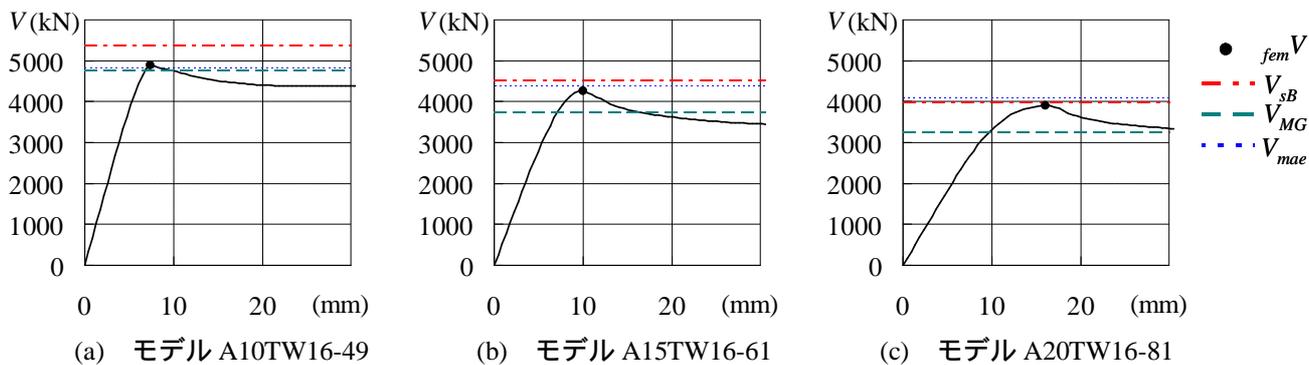


図2 せん断荷重  $V$  ~ 変位 の関係曲線

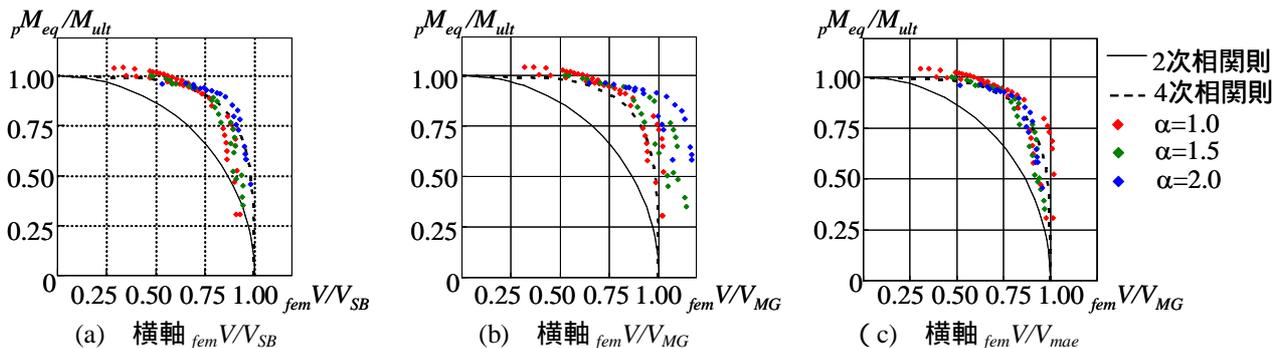


図3 曲げとせん断の相関曲線

式はすべてのモデルにおいて安全側の予想となり，前田式はアスペクト比の増大に伴って評価精度が低くなる傾向が見られた。

(2) 曲げとせん断の相関強度

曲げとせん断の相関曲線をすべての解析グループについて図3に示す．縦軸を  $pM_{eq}/M_{ult}$  とし，横軸が解析値  $fem V$  を  $V_{SB}$ ， $V_{MG}$  および  $V_{mae}$  で割った値，縦軸が終局曲げモーメント  $pM_{eq}$  とウェブの曲げ座を考慮した終局曲げ強度  $M_{ult}$  で無次元化した値である．縦軸の  $pM_{eq}$  は解析値  $fem V$  に達するとき，テストパネルの等曲げ位置に算出した作用曲げモーメントである．また，鉄道橋の設計標準で採用された2乗相関則および合成桁橋に用いられる4乗相関則を同図にあわせてプロットする．

各グループについては，一方の作用曲げあるいはせん断荷重が小さい場合，一方の強度が単独作用時の終局強度に達していることが分かる．しかし，一方の作用荷重が大きい領域では，一方の強度が単独作用時の終局強度に達しておらず，曲げ・せん断の相関関係が見られた．また，相関強度は4乗相関則の方に近づいている．

4. まとめ

鋼桁は曲げとせん断を同時に受けるため，桁のせん断強度，曲げ・せん断の相関関係を明らかにする必要がある．本研究では曲げとせん断それぞれの強度に対

する比率が異なる種々のハイブリッド桁に対して複合非線形有限要素解析を行った．

せん断が卓越するモデルについて3つのせん断耐力式の精度を検討したところ，Basler式は危険側の予想，三上式はすべてのモデルにおいて安全側の予想となり，前田式はアスペクト比の増大に伴って評価精度が低くなる傾向が見られた．

曲げ・せん断の関係を把握するため，縦軸をテストパネルに作用する等曲げモーメント終局曲げ強度の比，横軸を最大せん断荷重と3つのせん断耐力式の比としてそれぞれ無次元化し，曲げとせん断の相関関係を検討した．その結果，作用曲げとせん断荷重が大きい領域では曲げ・せん断の相関が見られ，4乗相関則に近づいていることを確認した．

参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会・鋼橋性能向上研究会・合理化設計法部会：合成桁の限界状態設計法試案，JSSCテクニカルレポート，No.70，2006
- 2) Balser, K. : Strength of plate girders in shear, Jour. of Structural Engineering Division, ASCE, Vol.87, No.ST7, pp.151-180, 1961
- 3) 三上市蔵，木村泰三，山里 靖：設計のためのプレートガーダーの終局強度の算定法，構造工学論文集，Vol.35A，pp.511-522，1989
- 4) 前田亮太，野村昌孝，野阪克義，奥村 学，伊藤 満：ハイブリッド桁の斜張力場作用を考慮したせん断耐荷力に関する研究，土木学会構造工学論文集，Vol.53A，pp.97-108，2007.3