

第 I 部門 曲げとせん断を受ける合成桁の終局強度

関西大学工学部 学生員 ○戸田圭彦 関西大学大学院 学生員 木野村宏昭
 (株)IHI インフラシステム 正会員 明田啓史 関大大学環境都市工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

連続合成桁橋は、支点近傍で RC 床版にひび割れが生じることによって、合成効果が低下し、打替えなければならないことから、長期にわたる供用に耐えられないというイメージがあった。しかし、RC 床版の耐久性に関する研究が進んだ昨今、公共事業のコスト削減の動きとも相まって、合成桁橋が注目されている。

鋼上フランジが床版に合成された鋼桁の腹板や下フランジは変形が拘束される効果によって、座屈強度の向上が期待される。ここでは、負曲げとせん断を受ける RC 床版合成 I 桁の弾塑性有限変位解析を汎用有限要素プログラム“MARC2005 r3”で行い、合成桁の強度と変形を明らかにする。

2. 解析モデル

数値解析に用いる合成桁モデルの断面形状を Fig.1 に示す。ここに、RC 床版の鉄筋は配力鉄筋のみをモデル化した。鋼板の応力-ひずみ関係はひずみ硬化を無視した完全弾塑性とした。また、コンクリートはひび割れ挙動を再現し、降伏後の軟化を考えた。それらの応力-ひずみ曲線を Fig.2 に示す。

鋼桁は 4 節点 4 面体シェル要素で、床版コンクリートと配力鉄筋は 8 節点 6 面体ソリッド要素で離散化した。また、鋼上フランジと床版は合成桁が終局状態でも合成効果を損なわない完全剛結を仮定し、両板の節点を共有させた。

腹板の縦横比が $\alpha=1$ となるように垂直補剛材を配置した。支点部にソールプレートと、積層ゴムを仮想した弾性体を挿入し、応力集中による崩壊を避けた。

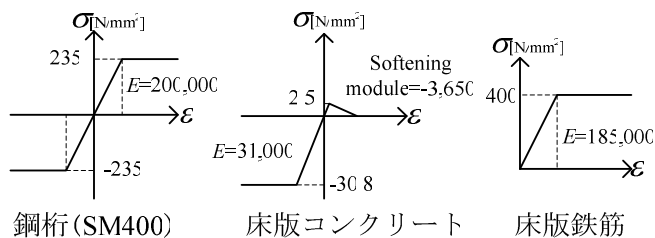


Fig.2 材料の特性

純曲げ，せん断，曲げせん断場が再現できるように両端張り出し桁の両端に荷重を載荷した。ただし，集中荷重に相当する強制変位を与えた。

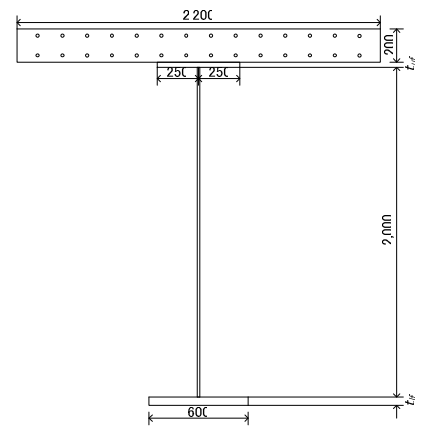


Fig.1 解析モデル断面

3. 数値解析結果とその考察

3.1 終局曲げ強度

純曲げを受ける合成桁の耐荷力を求めれば、Fig.3 を得る。ここに、Basler 曲線は上下対称な鋼桁の強度曲線である。初期たわみは無視、水平補剛材のない桁である。純曲げを受ける場合、桁の強度には床版に配置された鉄筋の影響が大きい。解析の結果、 $R_f < 0.5$ では、強度はほぼフランジの強度に支配される。一方、 $R_f > 0.6$ では、腹板の影響を受ける。

合成桁の曲げ強度を簡便に算定するため、フランジと腹板からなる既往の等価幅厚比パラメータに重みを付けした、つぎの連成幅厚比パラメータを導入する。

$$R^* = R_f^n R_w^m$$

$n=1, m=0.5$ とすれば、合成桁の曲げ強度が

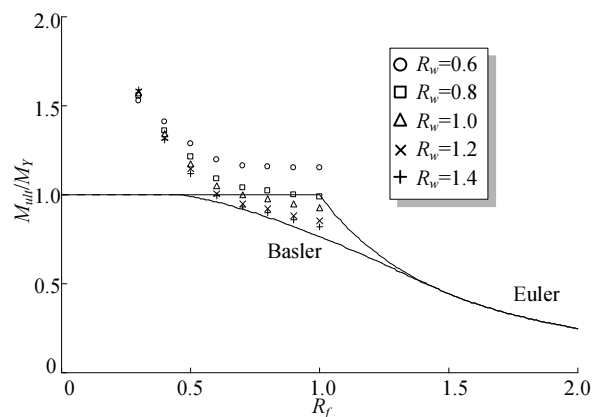


Fig.3 曲げ耐荷力曲線

$$\frac{M_{ult}}{M_Y} = -0.8817R^{*3} + 2.7486R^{*2} - 3.126R^{*} + 2.1364$$

で近似できる。ここに、 M_Y ：鋼桁のみの初期降伏モーメント。近似式による解を解析値と比較すれば、Fig.4 を得る。図から明らかなように、近似算定式は解析値の下限を推定しており、安全側の強度を与える。

3.2 終局せん断強度

せん断卓越場の耐荷力曲線を描くと、Fig.5 を得る。ここに、 V_Y ：腹板の降伏せん断力。その結果、鋼上フランジと腹板が完全剛結されれば、後座屈強度が十分期待できることが分かった。また、その終局強度はBasler 式でよく近似される。床版が腹板の上端を拘束することによる顕著な強度の上昇はなかった。また、初期たわみの影響が $R_w=1.0$ 前後に現れ、その強度はBasler の値をやや下回る。

腹板によるせん断崩壊メカニズムは Basler の不完全斜張力場理論とは異なる。Fig.6 に示すように、鋼上フランジが床版によって拘束されているため、斜張力場による塑性ヒンジは下側だけに生じた。また、垂直補剛材のアンカーとしての機能はやや不完全で、塑性ヒンジが載荷点側の腹板端にも生じた。ただし、その挙動の違いが終局強度に及ぼす度合いは少なかった。

3.3 終局曲げせん断強度

パラメトリックな数値解析によって得られた曲げせん断強度を累乗和相関式

$$\left(\frac{M_{ult}}{M_{ult}^0}\right)^n + \left(\frac{V_{ult}}{V_{ult}^0}\right)^m = 1.0$$

によって表す。ここに、 M_{ult}^0 は純曲げ載荷時の解析値を、 V_{ult}^0 は Basler の値である。 M_{ult} は終局時パネルに作用する最大曲げモーメントの等曲げ換算値を、 V_{ult} は終局時のせん断力である。解析結果を図示すれば、Fig.7 を得る。図から明らかなように、フランジと腹板の曲げとせん断の分担が顕著で、終局強度の相関値は累乗和による相関曲線からのばらつきが大きい。

4. あとがき

本研究をまとめれば、つぎのようである。

1) 純曲げを受ける合成桁に対し、その幾何パラメータと終局強度の関係を明らかにした。また、フランジと腹板の幅厚比を合成したパラメータによる

強度算定式を提示した。

- 2) せん断を受ける合成桁に対し、その幅厚比パラメータと終局強度の関係を明らかにした。その結果、既往の鋼桁の終局強度算定式で近似できた。ただし、せん断の崩壊メカニズムは鋼桁と多少異なる。
- 3) 曲げせん断の終局強度相関曲線を求めた。

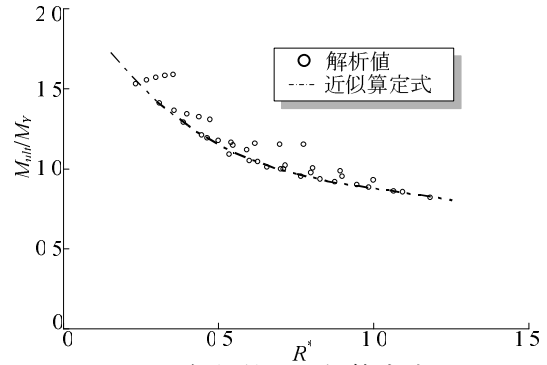


Fig.4 解析値と近似算定式

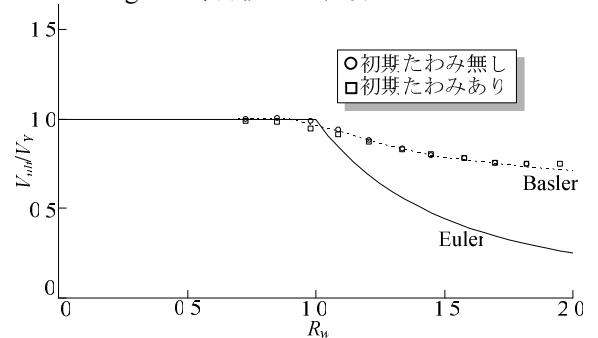


Fig.5 せん断耐荷力曲線

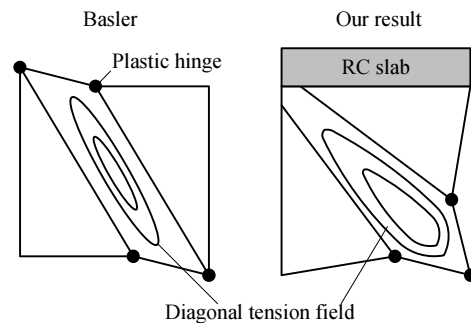


Fig.6 せん断崩壊メカニズム

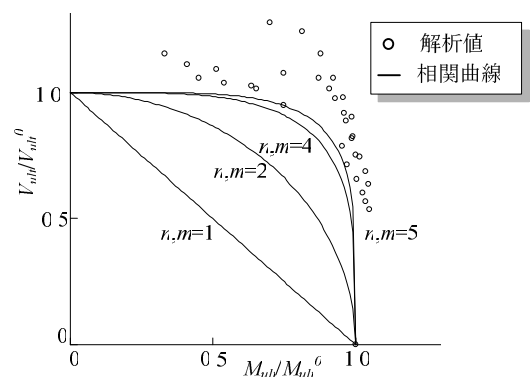


Fig.7 終局曲げせん断強度相関曲線