

負曲げを受ける合成桁の終局強度特性と最適な補剛について

(株)栗本鐵工所 正会員 萩原 敏子 (株)栗本鐵工所 正会員 津田 久嗣
 関西大学工学部 正会員 堂垣 正博

1. まえがき

近年、鋼橋の設計、製作、架設、維持管理における合理化・省力化の機運が高まり、合成桁が見直されつつある。現行道路橋示方書における合成桁の規定は1973年以降改定されておらず、その後の技術的な変遷にも追従できていないふしがある。道示11.1.2によれば、連続合成桁は引張応力を受けるコンクリート断面を有効として設計するとある。コンクリート床版による拘束が鋼I桁の強度に影響することは明らかににもかかわらず、拘束の効果を考慮に入れた合成桁の強度特性・変形挙動、それに立脚した設計法に関する研究は極めて少ない。また、プレートガーダー腹板の水平補剛材の取付け位置に関する規定は、2軸対称断面に対してなされている。しかし、対称な断面に比べ、連続合成桁のような非対称な断面からなる桁の中立軸は上フランジに近づき、曲げが支配的である連続桁中間支点近傍の腹板では圧縮域が広がるため、道示で規定されている水平補剛材の取付け位置が合理的かどうか定かでない。

そこで、コンクリート床版による上フランジの拘束を考慮し、圧縮フランジと腹板の連成座屈が負曲げを受ける合成桁の変形挙動と終局強度に及ぼす影響を弾塑性有限変位解析によって明らかにする。また、合成桁腹板に設けられた水平補剛材の取付け位置と曲げ剛度が曲げ強度に及ぼす影響を検討する。

2. 数値解析手法

数値解析に汎用有限要素解析ソフトウェア“MARC 2003”を適用する。図-1に解析対象を示す。張出しばりの自由端に集中荷重を作用させ、はりの2支点間に負の曲げが生じるようにした。部材の寸法は図-1のとおりである。また、解析パラメータを表-1に示す。荷重の作用点と支点到垂直補剛材を設けた。その断面を道示10.5.2の規定に従って決定した。支点反力による応力集中が生じないように、支点上にソルプレートを用いた。床版はRC床版とし、コンクリートの設計基準強度は40kN/mm²、

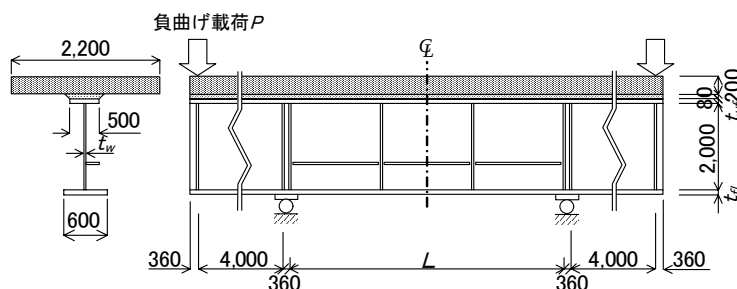


図-1 解析対象

表-1 解析パラメータ

(a) 水平補剛材なし

細長比パラメータ	λ	0.38 ~ 3.77
下フランジの幅厚比パラメータ	R_f	0.4, 0.68, 0.8, 1.0
腹板の縦横比	α	1.0
垂直補剛材の間隔(本)	n_s	0, 2, 4, 6
垂直補剛材の剛比	$\gamma_{ts}/\gamma_{ts,req}^*$	1.0
腹板の幅厚比	h_w/t_w	80, 111, 133, 154, 182, 222
腹板の幅厚比パラメータ	R_w	0.86 ~ 2.90
等価幅厚比パラメータ	R_{fw}	0.59 ~ 1.72

(b) 水平補剛材 1 段

水平補剛材取付位置	h/h_w	0.2, 最大面外変位位置
水平補剛材剛比	$\gamma_{hs}/\gamma_{hs,req}$	1.0, 2.0, 3.0
腹板縦横比	α	1.0
垂直補剛材本数(本)	n_s	0, 2
腹板幅厚比	h_w/t_w	133, 154, 182, 222
下フランジ幅厚比パラメータ	R_f	0.68

鉄筋の径・ピッチは $\phi 19\text{mm}$ 、150mm、そのかぶりには上下とも40mmとした。使用鋼材はSM400材とした。なお、桁はスパン中央で左右対称なため、片側半分を解析した。

3. 数値解析結果とその考察

3.1 細長比パラメータが合成桁の曲げ耐荷力に及ぼす影響

2 支点間の垂直補剛材本数が 0, 2, 4, 6, 下フランジの幅厚比パラメータが $R_f=0.4$ と 1.0, 腹板の幅厚比が $h_w/t_w=133$ の場合、載荷点における鉛直変位と曲げモーメントの関係を図示すれば、図-2 を得る。図から明らかのように、下フランジの幅厚比パラメータに関わらず、垂直補剛材本数による最高荷重の相違はほとんどない。一方、垂直補剛材本数が変化すれば、最高荷重後の劣化挙動が異なる。すなわち、垂直補剛材本数が増えれば、強度の劣化が著しい。これは、細長比が大きくなるすなわち桁が長くなると、桁の全体変形が強度に影響するよ

キーワード：合成桁，負曲げ荷重，連成座屈強度，終局曲げ強度，有限要素プログラム，MARC

連絡先：〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 関西大学工学部都市環境工学科

うになるからである．

3.2 等価幅厚比パラメータが桁の曲げ耐力に及ぼす影響

腹板の局部座屈が支配的な範囲で桁の変形と強度を検討するため，2 支点間に垂直補剛材が設けられない比較的短い桁を解析する．図-3 に等価幅厚比パラメータと終局強度の関係を示す．図から明らかなように，下フランジの幅厚比パラメータが大きくなれば，腹板の幅厚比が合成桁の曲げ強度に及ぼす影響は大きい．これは，下フランジの幅厚比パラメータが大きくなれば，下フランジの曲げモーメントの分担率が減り，腹板の強度が桁の強度に占める割合多くなるからである．フランジと腹板が連成して変形する場合，桁の強度と等価幅厚比の関係を近似すれば，図-3 を得る．その連成座屈強度式は

$$\frac{M_{ult}}{M_y} = 0.0755R_{fw}^3 + 0.1289R_{fw}^2 - 1.204R_{fw} + 2.0548 \quad (3)$$

3.3 水平補剛材の取付け位置が桁の耐力に及ぼす影響

曲げを受ける腹板に設けられる水平補剛材は，腹板の曲げ座屈を効果的に制御する位置すなわち最大面外変位の生じる位置に取り付けるのがよいと考えられる．そこで，水平補剛材の取付け位置を道示規定と腹板の最大面外変位の生じる位置とに設定した．ここでは，2 支点間に垂直補剛材が設けられない場合を対象とし，水平補剛材の剛比は1.0とした．

図-4 に水平補剛材の取付け位置を変化させた場合の

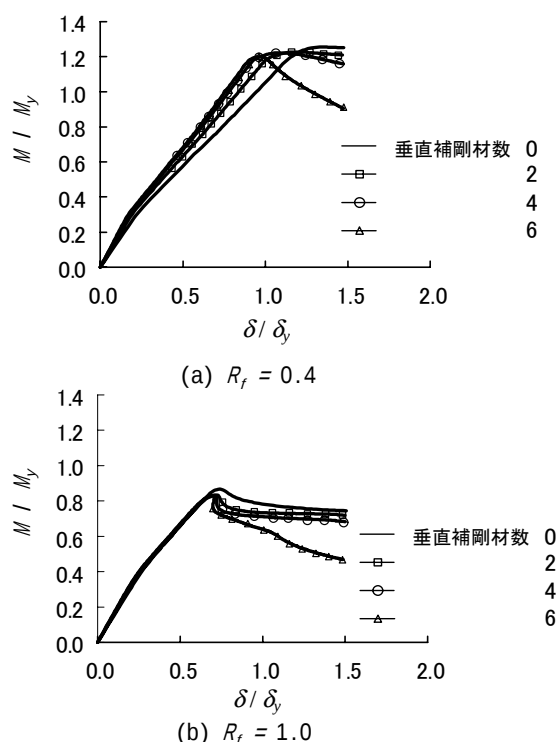


図-2 支間長を変化させた場合の載荷点における鉛直変位と曲げモーメントの関係

腹板の幅厚比と最高荷重の関係を示す．曲げ強度と鉛直変位の関係から明かなように，幅厚比パラメータが小さいほど補剛材の取付け効果は著しい．取付け位置が最大面外変位の位置と道示規定の $0.2h_w$ を比較する．最大面外変位の位置に取り付けた方が $0.2h_w$ に取付けた場合より最高荷重は高くなる．このことより，水平補剛材を腹板の最大面外変位位置に取り付けるのが有効である．

4. あとがき

曲げを受ける合成桁の強度特性を調べた結果，つぎの結果を得た．桁の強度はフランジの幅厚比パラメータに影響されるが，細長比パラメータはそれほど影響されない．上フランジがコンクリート床版によって拘束されるため，その拘束が腹板の変形挙動に影響する．最大面外変位の位置に補剛材が設けられると，道示規定の場合よりも曲げ強度は高い．また，腹板の幅厚比が大きくなれば，その影響は少なくなる．

参考文献 1) Basler, K. and Thurlimann, B. : Jour. of Structural Division, ASCE, Vol.87, No.ST6, Aug., 1961, pp.153-181. 2) 久保・小川：構造工学論文集，土木学会，Vol.37A，pp.145-154，1991-3.

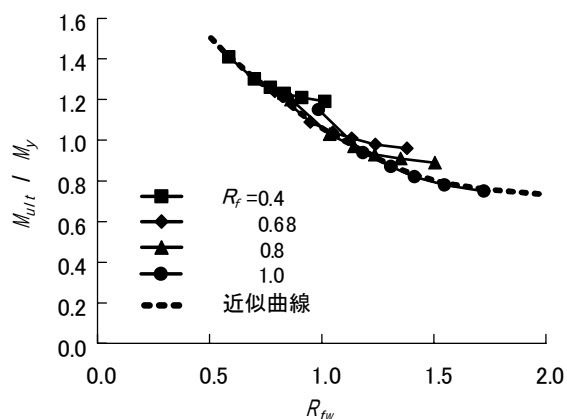


図-3 等価幅厚比パラメータと終局強度の関係

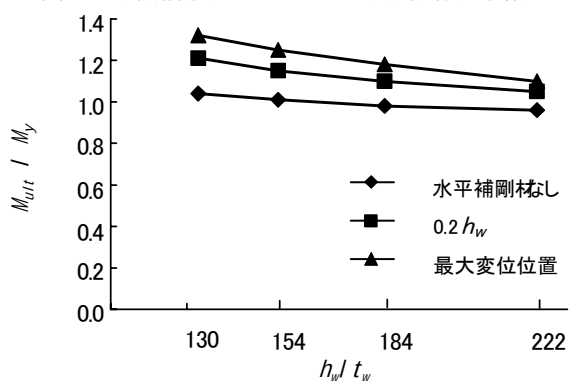


図-4 水平補剛材の取付け位置を変化させた場合の腹板の幅厚比と最高荷重の関係