

関西大学工学部 学生員 ○ 萩原敏子 関西大学大学院 学生員 廣瀬恵子
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

現行道路橋示方書において、プレートガーダー腹板の水平補剛材取付位置と剛比に関する規定は、2軸対称断面を基本に定められている。しかし、対称断面に比べ非対称断面プレートガーダーの中立軸は片側のフランジに近づき、曲げとせん断が支配的な連続桁中間支点近傍では圧縮領域が広がるため、道示で規定されている水平補剛材取付位置が適切であるか疑わしい。

ここでは、中間支点近傍における上下非対称断面プレートガーダーを対象に、上・下フランジの断面積比や水平補剛材取付位置・剛度がプレートガーダー腹板の変形挙動と耐荷力に及ぼす影響を明らかにする。また、鋼桁の腹板に設けられる水平補剛材の最適な取付位置と剛比についても検討する。

2. 数値解析手法

(1) モデル諸元

図-1に解析対象の上下非対称断面プレートガーダーを示す。解析パラメータは表-1のとおりである。上・下フランジの断面積比を $A_{fl}/A_{fu}=0.4\sim1.0$ 、水平補剛材取付位置を $\eta=0.20\sim0.30$ に設定し、それらと桁の変形挙動や耐荷力との関係を明らかにする。ただし、フランジの断面寸法は幅厚比がほぼ同様の値となるように設定した。また、水平・垂直補剛材は道示の規定を基本に設計した。使用鋼材および部材寸法は図のとおりである。なお、左右対称なプレートガーダーを解析するため、片側半分をモデル化した。

(2) 弾塑性有限変位解析とその手法

数値解析に汎用有限要素解析ソフトウェア“MARC2001”を適用する。有限要素の定式化にUp-dated Lagrangian手法を、非線形代数方程式の解法にNewton-Raphson法と弧長増分法を選択した。また、降伏条件にvon Misesの相当応力、流れ則にPrandtl-Reissの塑性流れ則を、硬化則に等方硬化則と移動硬化則を併用した混合硬化則を選択した。載荷方法として、桁の右端断面において、中立軸まわりに曲げモーメントに等価な強制面内回転変位を作用させる。中立軸まわりの回転角を ϕ とすれば、各節点における水平軸方向の強制変位は

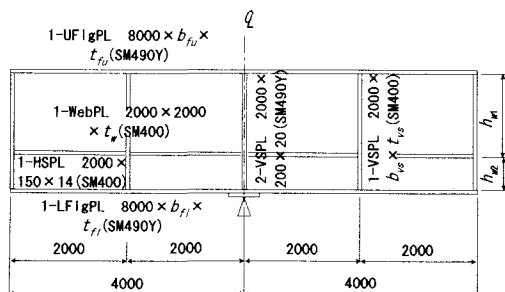
$$u=(y-Y)\phi$$

で与えられる。ここに Y ：中立軸までの距離である。

(3) 初期不整

表-1 解析パラメータ

上下フランジ断面積比	A_{fl}/A_{fu}	0.4	0.8	1.0
水平補剛材取付位置	η	0.20~0.30		
水平補剛材剛比	I_h/I_{hreq}	1.0		
垂直補剛材剛比	I_v/I_{vreq}	1.0		
腹板幅厚比パラメータ	R_w	1.65		
下フランジ幅厚比パラメータ	R_{fl}	0.63	0.62	0.73



側面図

図-1 解析対象

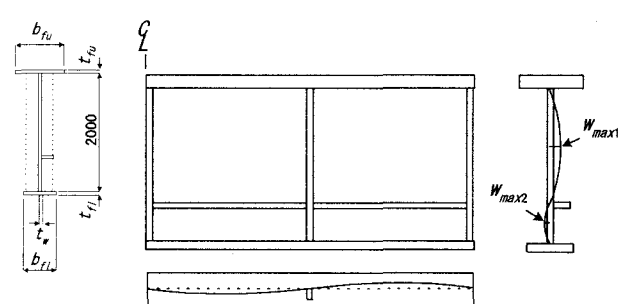


図-2 初期たわみ形状

本解析では、腹板の初期たわみのみを考慮する。腹板の初期たわみ形状を図-2に示す。初期たわみの最大値は $w_{max1} = h_{w1}/250$, $w_{max2} = h_{w2}/250$ とする。

3. 数値解析結果とその考察

3.1 上・下フランジの断面積比による影響

上・下フランジの断面積比を種々に変化させた場合の面内回転変位と終局強度の関係を図-3に示す。ここに、水平補剛材取付位置は $\eta=0.2$ である。図から明らかなように、断面積比が小さくなるに従って、低い強度で腹板が降伏する。これは、下フランジの断面積が小さくなると、下フランジによる腹板の拘束効果が低下し、かつ中立軸が上フランジに近づくようになり、腹板の圧縮域が大きくなるためと考えられる。また、 $A_f/A_{fu}=1.0$ では腹板降伏後も下フランジが降伏するまでその耐荷力を保持しているのに対し、断面積比が小さくなるに従って、腹板が降伏した後、対称断面に比べて低い荷重でフランジが降伏する。 $A_f/A_{fu}=1.0$ と0.8に注目すれば、終局強度にほとんど差異はない。0.4になると、上のモデルに比べて終局強度が低くなる。これは、下フランジの断面積が小さくなるため、低い荷重で下フランジにねじれ座屈が発生したためである。

3.2 上下フランジの断面積比と水平補剛材取付位置の関係

断面積比 $A_f/A_{fu}=0.8, 0.4$ において、水平補剛材取付位置を $\eta=0.20\sim0.30$ に変化させた場合の水平補剛材取付位置と終局強度の関係を図-4に示す。また、最高荷重時の腹板の面外変形を図-5に示す。

図-4から明らかなように、断面積比 $A_f/A_{fu}=0.8, 0.4$ において、 $\eta=0.24$ で終局強度が最大となる。 $A_f/A_{fu}=0.8$ の場合、 $\eta=0.26$ 以上の取付位置では、終局強度に差異はほとんどない。一方、 $A_f/A_{fu}=0.4$ になると、 $\eta=0.26$ 以上の取り付け位置でも強度が低下している。また、図-5から明らかなように、終局時における面外変形が水平補剛材を超越し、フランジのねじり座屈が発生した箇所から面外変形が腹板全体に至っている。

4. あとがき

上下非対称断面プレートガーダーの中間支点近傍における補剛腹板の終局強度と変形挙動を明らかにした。その結果、上・下フランジの断面積比が変化すれば、中立軸が上フランジに近づくようになり、終局挙動が大いに異なった。道示の規定にある水平補剛材取付位置は不適切であることが明らかになった。本解析では、取付位置は腹板高の0.24の位置で終局強度が最大となることから、0.24付近が最適取付位置と考えられる。また、道示で規定されている補剛材の剛度では、面外変形が補剛材を超越し腹板全体に広がっていることから剛度不足が明らかになった。今後、曲げとせん断の組合せ荷重下において、合成桁を含む非対称断面プレートガーダーの中間支近傍を対象に、垂直・水平補剛材の合理的な設計法を検討したい。

参考文献 1) 三上市蔵ら：構造工学論文集，Vol.37A，pp.249-262，1991-3。

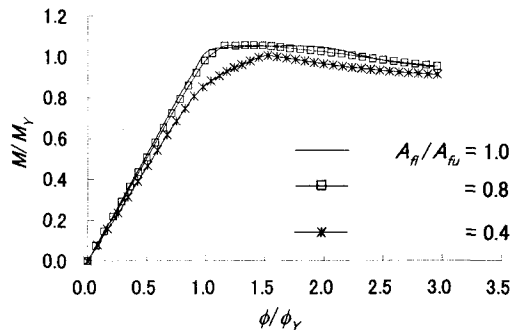


図-3 面内回転変位と終局強度の関係

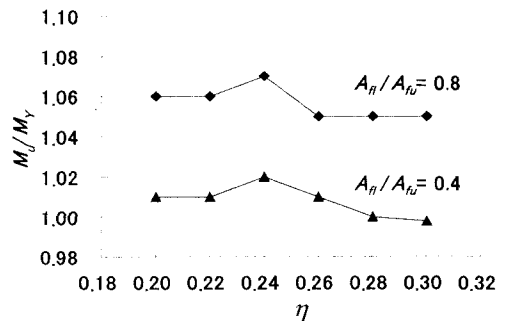


図-4 水平補剛材取付位置と終局強度の関係

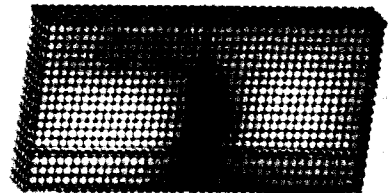


図-5 最高荷重時の腹板の面外変形におけるコンター図 ($A_f/A_{fu}=0.8$ ，