

関西大学工学部 学生員 ○岑山友紀 松尾橋梁(株) 正会員 明田啓史
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

逆台形箱桁は下フランジの幅が上フランジのそれより狭いため、近年、構造の合理化・省力化の観点から注目され、多く建設されつつある。箱桁の耐荷力に関する研究はかなり以前からなされているが、その多くは圧縮フランジ単独、あるいは腹板単独の場合である。一方、逆台形箱桁のそれはほとんどなされていない。ここでは、曲げを受ける長方形あるいは逆台形の箱桁を対象に、その全体構造を対象とした変形挙動と終局強度を有限要素法によって明らかにする。

2. 解析モデルの構造諸元

純曲げを受ける解析モデルを図-1 に示す。解析モデルはスパン中央で左右対称、かつ横断面も左右対称である。したがって、1/4 領域の桁を解析すればよい。数値パラメータとして、下フランジの幅厚比パラメータ $R_f=0.9\sim1.5$ 、下フランジの縦補剛材の曲げ剛比 $\gamma^*_f=0.3\sim1.0$ 、腹板の傾斜角 $\theta=45^\circ\sim90^\circ$ を仮定した。ただし、支点上ダイアフラムは十分に剛なものとした。これらのパラメータを表-1 にまとめる。使用鋼材は SM400 材とし、降伏点応力は $\sigma_y=236\text{ MPa}$ 、ヤング率 $E=206\text{ GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、鋼材の応力-ひずみ関係は完全弾塑性体に仮定した。

3. 数値解析手法

本研究では、汎用有限要素プログラム“MARC 2001”によって弾塑性有限変位解析を行う。有限要素の定式化に Up-dated Lagrangian 手法、降伏条件に von Mises、流れ則に Prandtl-Reuss の塑性流れ則、硬化則に移動硬化則、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。载荷の方法として、モデルの右端断面に中立軸まわりの曲げモーメントに等価な強制面内回転角を与え、载荷断面の各節点に強制水平変位を作用させる。各節点での x 軸方向の強制水平変位は $u=(Y-y)\phi$ で与えられる。ここに、 Y : 中立軸までの距離とする。

4. 初期不整

本研究では、下フランジと腹板における局部変形と全体変形に対応する初期たわみを考慮する。初期たわみは、下フランジと腹板の接合部で常に一定の角度を保持し、最大許容たわみは道路橋示方書で規定する範囲内とする。

5. 数値解析結果とその考察

(1)腹板の傾斜の影響

腹板の傾斜角を種々変化させ、面内回転角と曲げ強度の関係を調べれば、図-2 を得る。図から明らかなように、腹板が傾斜している場合、垂直な腹板の場合に比べて、曲げ強度は高い。傾斜が緩やかになるに従って曲げ強度はさらに上昇する。これは、腹板が傾斜すれば、垂直な腹板の場合に下フランジに生じなかった部材軸直角方向にも圧縮力が作用するようになり、2 方向圧縮板としての特徴が現れたものと思われる。したがって、ダイアフラムが十分な強度

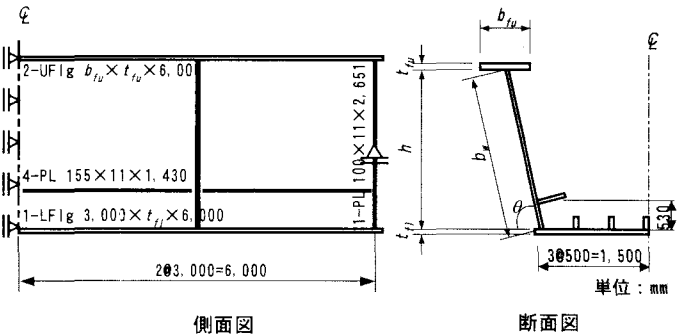


図-1 解析モデル

表-1 解析パラメータ

腹板の傾斜角: θ	45	62	90
下フランジ幅厚比パラメータ: R_f	0.9, 1.1, 1.5		
縦リブ剛比: γ^*_f	0.3, 0.5, 1.0		
縦リブ本数: n	5		
縦リブ幅厚比パラメータ: R_l	0.8		
腹板高: $h(\text{mm})$	2651		
水平補剛材剛比: γ^*_p	3.0		
垂直補剛材剛比: γ^*_v	3.0		

を有し、横倒れ座屈しないのであれば、傾斜が大きいほど 2 方向圧縮力下のフランジが強度を上昇させると考えられる。

つぎに、面内回転角とフランジの曲げモーメント分担率を調べると、図-3 を得る。図から明らかなように、箱桁では腹板の傾斜の緩急にかかわらず、曲げモーメントの 90% 近くをフランジが負担する。腹板の傾斜が大きいほど、フランジの曲げモーメント負担率が大きい。一方、桁が降伏回転量に達すれば、フランジの曲げモーメント負担率が低下し、腹板の分担率が増加する。

以上の結果から、腹板の傾斜が大きいほど、圧縮力を負担する下フランジの曲げモーメント負担率が増える。その結果、桁全体の耐荷力を保証するための下フランジの補剛法を十分に検討する必要がある。

(2) 縦補剛材の曲げ剛比と下フランジの板厚の影響

下フランジの板厚や縦補剛材の曲げ剛比が終局曲げ強度に及ぼす影響を検討した。縦補剛材の曲げ剛比を種々変化させた場合、面内回転角と曲げ強度の関係を求めれば、図-4 を得る。ただし、下フランジの幅厚比パラメータを $R_{f1}=0.5$ とした。図から明らかなように、縦補剛材の曲げ剛比は桁の終局曲げ強度にほとんど影響しない。しかし、剛比が 0.3, 0.5 のときは、縦補剛材の曲げ剛度が不足するため、下フランジが全体座屈し、最高荷重後の強度低下が著しい。

つぎに、下フランジの主板厚を種々変化させ、面内回転角と曲げ強度との関係を明らかにしたところ、図-5 を得た。ここに、縦補剛材の曲げ剛比は $\gamma_1^*=1.0$ である。図から明らかなように、主板厚の減少とともに、強度の低下が生じる。下フランジの主板の幅厚比パラメータが $R_{f1}=0.9$ の場合、下フランジが局部座屈した後に補剛板の全体座屈が起こる。縦補剛材の幅厚比パラメータが $R_{f1}=1.1, 1.5$ の場合には、最高荷重後の強度劣化が著しい。 $R_{f1}=1.5$ の場合に注目すれば、下フランジが薄いため、面外変形が極端に大きい。したがってこの場合、下フランジの局部座屈が桁崩壊の原因であろう。

6. あとがき

本研究では、純曲げを受ける逆台形箱桁を対象に、腹板の傾斜、縦補剛材の曲げ剛比、下フランジの主板幅厚比などが終局曲げ強度に及ぼす影響を明らかにした。その結果、傾斜が大きくなるにしたがって、曲げ強度は上昇した。下フランジの板厚や縦補剛材の曲げ剛比は、最高荷重後のせん断強度に大きく影響することが明らかになった。今後、曲げとせん断の組合せ荷重下における耐荷力解析を行い、逆台形箱桁の合理的な設計法を研究したい。

参考文献: 1) 川村暁人・西村宣男・小野 潔・玉田和也・加藤久人：開断面箱桁橋の耐荷力実験，土木学会第 57 回学術講演会講演概要集，土木学会，pp.21-22，2002-9。

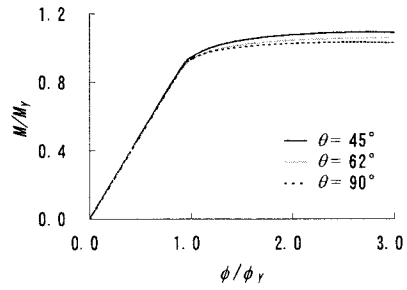


図-2 面内回転角と曲げ強度の関係

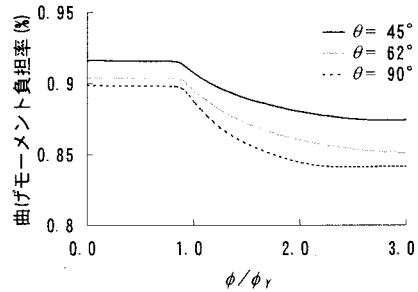


図-3 面内回転角とフランジによる曲げ負担率の関係

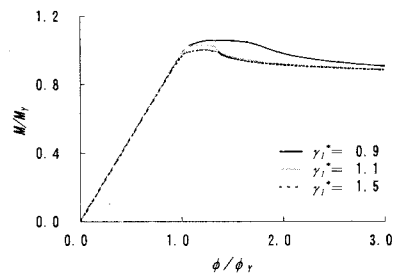


図-4 面内回転角と曲げ強度の関係 ($R_{f1}=0.5$)

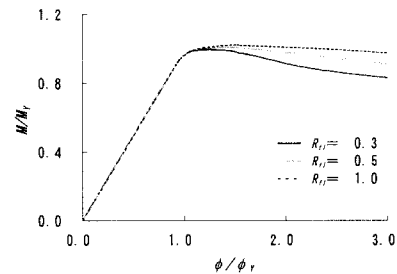


図-5 面内回転角と曲げ強度の関係 ($\gamma_1^*=1.0$)