

第 部門

負曲げを受ける開断面逆台形箱桁の終局強度特性

松尾橋梁(株) 正会員 ○明田啓史 関西大学工学部 土井美里
 関西大学大学院 学生員 萩原敏子 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. はじめに

近年、開断面逆台形箱桁が、上フランジの鋼断面積を少なくできる、塗装面積を少なくできる、などの構造上の有意性により注目されている。この種の橋梁形式に関して、上フランジや腹板の耐荷力が明らかにされつつある。しかし、桁全体の強度特性や変形挙動はまだ明らかにされていない。また、道路橋示方書には部材ごとの規定は設けられているが、桁全体の規定は、腹板が垂直な形式のみである。本研究では、負曲げを受ける開断面逆台形箱桁の強度特性および変形挙動を明らかにする。

2. 解析モデルの構造諸元

負曲げを受ける解析対象を図-1 に示す。ここで、桁軸および桁軸直角方向の対称性を考慮し、解析対象の 1/4 を解析モデルとする。ただし、張り出し部の長さおよび板厚は、支点近傍においてせん断崩壊が曲げ崩壊より先に生じないように決定した。また、荷重集中による破壊を防ぐため、載荷点と支点位置にソールプレートを設置した。

解析パラメータを表-1 に示す。下フランジの幅厚比パラメータ $R_{fl}=0.5 \sim 0.8$ 、下フランジ縦補剛材の剛比 $\gamma_{ls,f}^*=0.5 \sim 1.25$ 、横補剛材および垂直補剛材間隔を 1,200(mm)、2,000(mm) に変化させた。使用鋼材は SM490Y 材、ヤング率 $E=206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とし、鋼材の応力 - ひずみ関係は完全弾塑性体と仮定する。初期不整に関しては、本研究では、下フランジと腹板における局所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、最大初期たわみは道路橋示方書で規定する範囲内とする。

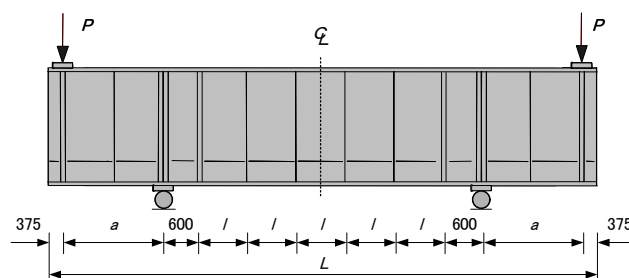
3. 数値解析法

本研究では、汎用有限要素プログラム“MARC2003”を用い、開断面逆台形箱桁の弾塑性有限変位解析を行う。

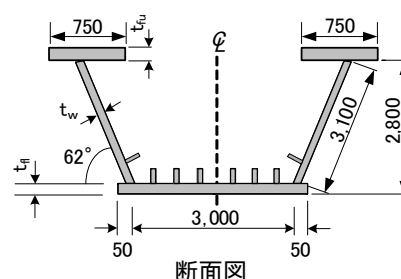
定式化は、弾塑性有限要素変位挙動を明らかにするため、幾何学的・材料的非線形を考慮した Up-dated Lagrangian 手法による。非線形代数方程式の解法には、代表的な反復法である Newton - Raphson 法と弧長増分法を使用する。降伏条件には、von Mises の等価応力式を使用し、硬化則には移動硬化則を使用する。載荷方法として、モデルの両端において、負曲げに等価な鉛直方向の強制変位を与える。与える強制鉛直変位 δ は、降伏強制変位

$$\delta_y = \frac{P_y l^3}{6EI} \cdot (3 + 2 \frac{a}{l})$$

を参考に決定する。ここに、 P_y ：降伏荷重、 E ：ヤング率、 I ：断面 2 次モーメント、 a ：張り出し長さ、 l ：支間長、である。



側面図



断面図

図-1 解析対象

表-1 解析パラメータ

下フランジの幅厚比パラメータ	R_{fl}	0.5, 0.6, 0.7, 0.8
下フランジの板厚	t_{fl}	19, 16, 13, 12
下フランジの縦補剛材の剛比	$\gamma_{ls,f}^*$	0.5, 0.75, 1.0, 1.25
下フランジの縦補剛材本数	$n_{ls,f}$	6
下フランジの横補剛材本数	$n_{ts,f}$	2, 4
腹板幅厚比パラメータ	R_w	0.8

4. 数値解析結果とその考察

(1) 下フランジの幅厚比パラメータ

下フランジにおける縦補剛材の剛比 $\gamma_{ls,f}^* = 1.0$ ，横補剛材および垂直補剛材の配置間隔が1,200, 2,000(mm)の場合を対象に下フランジの幅厚比パラメータを0.5, 0.6, 0.7, 0.8に変化させて解析したところ，図-2, 3に示す変位と曲げ強度の関係を得た．下フランジにおける縦補剛材の剛比が変化しないにもかかわらず，下フランジの板厚が変化することによって曲げ強度が大幅に低下した．これは，下フランジの曲げモーメント分担率が元来高いため，その幅厚比パラメータが強度に大いに影響するからである．また，図-3のように横補剛材間隔が疎な場合には，いずれの幅厚比パラメータでも最高荷重後の強度劣化は著しい．これは，最高荷重近傍で下フランジと腹板の板パネルがほぼ同時に局部変形し始め，その後，両板で補剛材を超越した全体変形に移したためである．

つぎに，最高荷重と下フランジの幅厚比パラメータの関係を図-4に示す．図から明らかなように，横補剛材間隔が変化しても最高荷重の差異はほとんど生じない．桁の曲げ強度は下フランジの幅厚比パラメータに大いに影響されることがわかる．

(2) 縦補剛材の剛比

横補剛材の間隔を2,000(mm)，下フランジの幅厚比パラメータ $R_{fl}=0.6$ において，縦補剛材の剛比 $\gamma_{ls,f}^*$ を0.5, 0.75, 1.0, 1.25に変化させて解析したところ，図-5に示す変位と曲げ強度の関係を得た．図から明らかなように，剛比が変化しても最高荷重までの強度曲線に大きな違いは表れていない．しかし，いずれのモデルも最高荷重後の強度劣化は顕著である．これは，最高荷重近傍で下フランジに局部座屈が生じた後，縦補剛材において，ねじれ座屈が生じたために後座屈強度に顕著な低下が生じたためである．つぎに，最高荷重と縦補剛材の剛比の関係を図-6に示す．図から明らかなように，最高荷重の推移は縦補剛材の剛比に依存しない．

5. あとがき

本研究では，負曲げを受ける開断面逆台形箱桁を対象に，下フランジの幅厚比パラメータ，縦補剛材剛比，横補剛材および垂直補剛材間隔などが桁の曲げ強度に及ぼす影響を明らかにした．その結果，下フランジの板厚や縦補剛材の剛比は，最高荷重後の曲げ強度に大きく影響することが明らかになった．なお，曲げとせん断の組み合わせ荷重下における耐力の検討は，今後の課題とする．

参考文献：1)日本道路協会編：道路橋示方書・同解説「 共通編 鋼橋編」，丸善，2002-3.

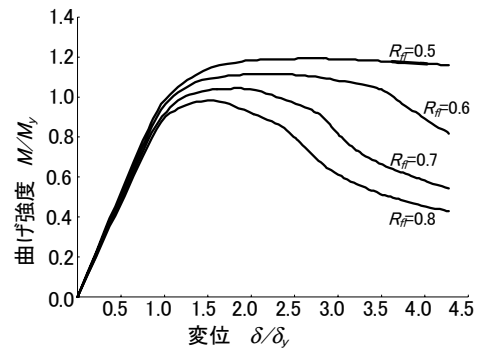


図-2 変位と曲げ強度の関係(横補剛材間隔 1,200mm)

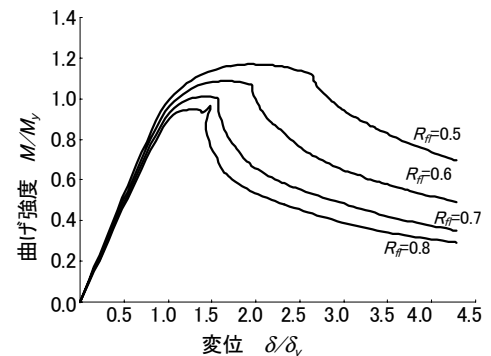


図-3 変位と曲げ強度の関係(横補剛材間隔 2,000mm)

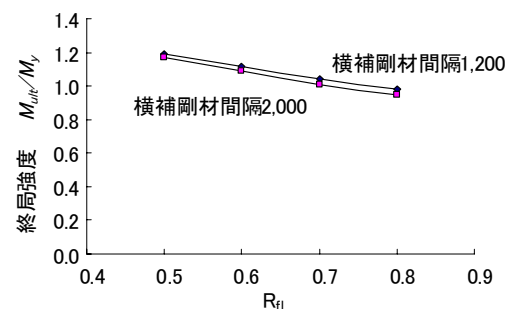


図-4 最高荷重と下フランジの幅厚比パラメータの関係

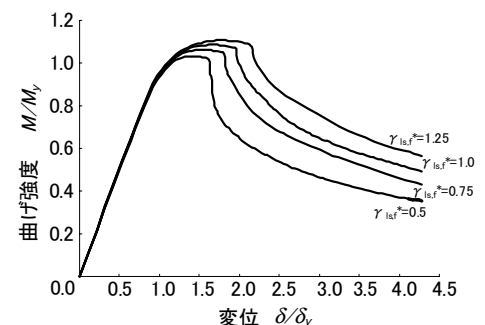
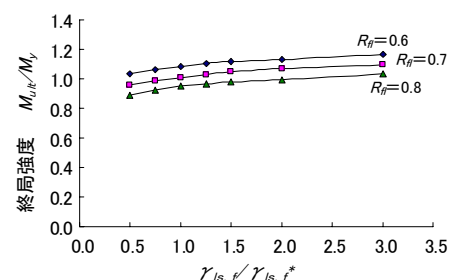
図-5 変位と曲げ強度の関係($R_{fl}=0.6$)

図-6 最高荷重と縦補剛材の剛比の関係