

I-70

高い桁高を有する鋼箱桁の横ねじり強度に関する研究

(株)横河ブリッジ 正員 八代 茂
 琉球大学 正員 矢吹 哲哉
 琉球大学 正員 有住 康則

1. まえがき

近年、都市交通システムとしてモノレールが目目され、各地で建設あるいは導入計画が行われている。モノレール軌道桁としては、一般にPC桁が多く用いられているが、道路交差部及び河川横断面などの長大スパンを有する所では、鋼箱桁が用いられている。一般に、モノレール軌道桁の箱形断面は、橋梁の鋼箱桁として用いられる通常の箱形断面とは異なり、桁高が高くフランジ幅の狭い断面形状を有している。しかし、このような高い桁高を有する鋼箱桁の終局挙動や耐力に関する研究は少なく、終局強度把握のための十分な基礎的資料が整っていないのが現状である。そこで本研究では、高い桁高を有する鋼箱桁の横ねじり強度に対して、模型実験及び数値解析を行った結果について報告する。

2. 実験方法

a. 供試体—実験は、曲率半径 $R = 12m$ の供試体3体 (Model G-1, G-2, G-3) を用いて行った。供試体の断面形状及び諸量を図-1に示す。なお、G-1桁はスパン長 $L = 1.5m$ 、G-2桁はスパン長 $L = 2.0m$ 、G-3桁はスパン長 $L = 2.5m$ である。

b. 支持状態及び載荷方法—本実験では、図-2に示すように支点は曲げに対して単純支持、ねじれに対して固定とした。荷重は、支持桁に支持された試験桁の両端に張り出しの載荷桁を取付け、その先端に荷重 P を載荷することによって、供試体に端モーメント $M = P \cdot e$ を作用させた。写真-1に実験状況を示す。

3. 解析方法

本解析では、幾何学的非線形及び材料非線形を考慮したアイソパラメトリックシェル要素系モデルによる弾塑性有限変位理論を用いた。幾何学的非線形の挙動は、Updated Lagrangian法による増分理論を用いて評価した。また、材料非線形挙動はPlandtl-Reussの塑性流れ理論に従うものとし、降伏条件は、Von-Misesの降伏条件式を用いた。なお、解析に用いた材料は等方等質材料のひずみ硬化のない完全弾塑性体とした。

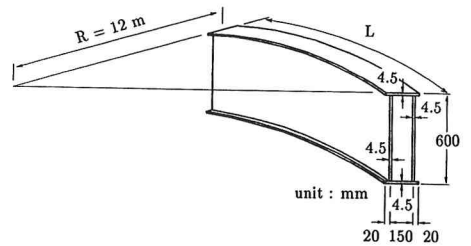


図-1 断面形状及び諸量

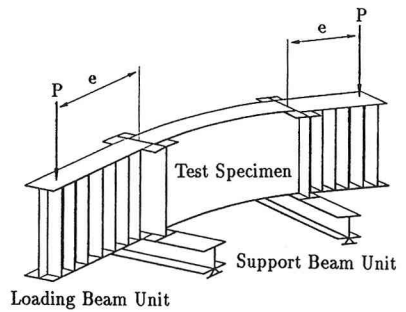


図-2 支持状態及び載荷状態

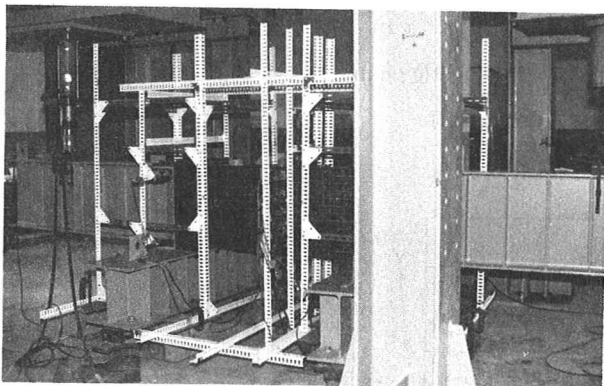


写真-1 実験状況

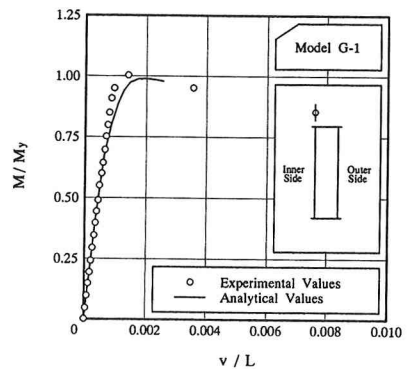


図-3 曲げモーメントとたわみの関係

a. 境界条件及びメッシュ分割—境界条件は、載荷辺で面外変位に対して単純支持とし、非載荷辺は自由とした。解析は、鋼箱桁の対称性を考慮して1/2部分を取り出して行った。要素分割は、フランジ部分を 3×4 に、ウェブ部分を 3×6 とした。

b. 残留応力—残留応力は、既発表解析結果及び実測結果を考慮して、自己平衡となるような矩形分布で与え、橋軸方向及び板厚方向では一定とした。引張残留応力は実測結果より $\sigma_{rt} = 2000 \text{ kgf/cm}^2$ とし、降伏応力は材料試験結果より $\sigma_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

4. 実験結果及び解析結果の考察

a. 変形状態—曲げモーメントとスパン中央のたわみの関係を図-3、4、5に示す。ここで、曲げモーメントは、断面変形の影響を考慮せず曲げと曲げねじりのみの影響を考慮した線形理論によって得られた降伏曲げモーメント $M_y = 27.56 \text{ t}\cdot\text{m}$ によって無次元化し、たわみは、スパン長 L によって無次元化した。図中の実線は解析値を表し、 \circ は実験値を表している。図-3よりG-1桁の終局強度に至るまで変形挙動は、ほぼ線形であり、終局曲げモーメントは $M_u = 1.01 M_y$ であった。実験値と解析値を比較すると、変形挙動及び終局強度に於いて精度良い一致がみられる。図-4よりG-2桁の終局曲げモーメントは $M_u = 0.94 M_y$ であり、図-5よりG-3桁の終局曲げモーメントは $M_u = 0.88 M_y$ であった。

図-6にG-2桁の終局状態に於けるスパン中央断面の変形モードの一例を示す。破線は変形前の供試体の断面形状を表し、実線は解析結果による変形後の断面形状を表している。また、 \bullet は実験に於ける変形前の変位測定位置を示し、 \circ は実験に於ける変形後の変位測定位置を表している。図より明らかなようにウェブに大きな面外変形が生じている。特に内側ウェブの圧縮部に於いてその現象が顕著に現れている。実験値と解析値を比較すると解析値が実験値の断面変形モードを精度良く評価している。

b. 終局強度—表-1に三つの桁の降伏曲げモーメント及び終局曲げモーメントの値を示す。三つの供試体とも最終的にはウェブと圧縮フランジの連成座屈によって破壊した。表より、本実験で得られた終局曲げモーメントの値は、G-1桁で $27.87 \text{ t}\cdot\text{m}$ 、G-2桁で $25.81 \text{ t}\cdot\text{m}$ 、G-3桁で $24.17 \text{ t}\cdot\text{m}$ であった。終局強度は、スパン長が長くなるにつれて低下する傾向にある。

5. あとがき

本研究では鋼箱桁の横ねじり強度特性を調べるためにスパン長の異なる供試体3体について曲げ耐荷試験を行った。実験の結果、三つの供試体とも最終的にはウェブと圧縮フランジの連成座屈によって破壊し、スパン長が長くなるにつれて終局強度が低下することが明らかになった。解析結果と実験結果とを比較すると、解析結果は実験結果の変形挙動及び終局強度を精度良く評価している。

参考文献

1) 有任・矢吹・佐藤：跨座式モノレール用鋼曲線箱桁の耐荷力に関する実験的研究、PS I-4、平成元年10月。

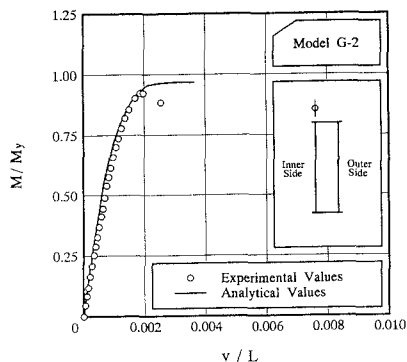


図-4 曲げモーメントとたわみの関係

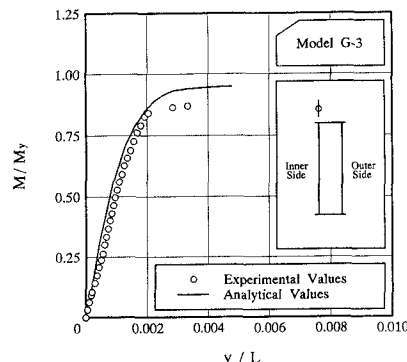


図-5 曲げモーメントとたわみの関係

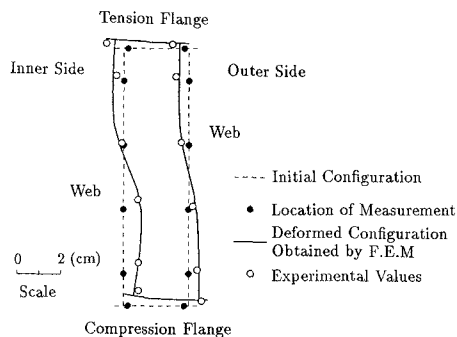


図-6 中央断面の変形モード

表-1 降伏曲げモーメント及び終局曲げモーメント

Model	M_y	M_u	
		Analytical	Experimental
G-1	27.56 t·m	27.16 t·m	27.87 t·m
G-2		26.71 t·m	25.81 t·m
G-3		26.15 t·m	24.17 t·m