

曲線箱桁断面部材の非線形挙動について

愛媛大学工学部 正 大賀 水田 生
 鹿島建設(株) 正 ○高橋 徹
 徳山高専 正 原 隆
 アースコンサルト(株) 門田 光 平

1. まえがき

近年、都市高速道路橋などにおいては、立地条件の厳しさから曲線箱橋が多く用いられるようになってきており、その構造部材としての曲線薄肉断面部材の重要性が益々増大している。これらの曲線薄肉断面部材の最終耐荷力にいたる非線形挙動に関して、これまでに曲線薄肉断面部材の板パネル（腹板あるいはフランジ）のみを取り出して部分的に解析した研究報告は多く見受けられるが、曲線薄肉断面部材の断面全体を一体として取り扱った研究報告はあまり見受けられない。そこで本研究では図-1に示す9節点アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法により曲線箱桁断面部材の断面全体を考慮した非線形解析を行い、これらの部材の破壊にいたる挙動及び耐荷力について直線箱桁断面部材及び直線、曲線I型断面部材との比較・検討を行った。

2. 耐荷力解析

図-2に示す曲線I型及び箱型断面部材が強制変位及び強制回転変位により端部に一方向面内圧縮力及び曲げモーメントを受ける場合について非線形解析を行い、直線薄肉断面部材（曲線部材と同一の断面及び長さLを有する直線部材）との比較を行った。本数値計算での要素分割パターン及び初期変形を図-2及び図-3に示しており、材料定数はヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=3200 \text{ kg/cm}^2$ とした。

2.1 一方向面内圧縮力を受ける曲線部材

表-1に上記の直線及び曲線部材の最大平均応力度 σ_m/σ_y （軸方向最大平均応力度 σ_m を降伏応力 σ_y で割り無次元化した量）の比較を示している。表-1から明らかなように曲線部材の最大耐荷力は直線部材に比較して各々21.2%及び27.1%低下している。図-4に直線及び曲線箱型部材の平均応力度 $\bar{\sigma}/\sigma_y$ と変位 w/t_f との関係を示しており、さらに図-5に3つの荷重段階（図-4：①、②、③）における直線及び曲線箱型部材の中央断面の変形形状を示している。直線箱型部材の左右腹板が部材軸に対称に変形しているのに対し、曲線箱型部材は両腹板とも逆対称（曲率中心に対して外側）に変形しており、それにともないフランジの最大たわみ点が直線箱型部材と比較して外側に移動するとともに、その変形は直線部材と比較して大きくなっている。図-6に2つ

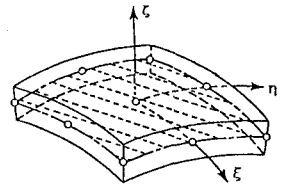


図-1 アイソパラメトリック要素

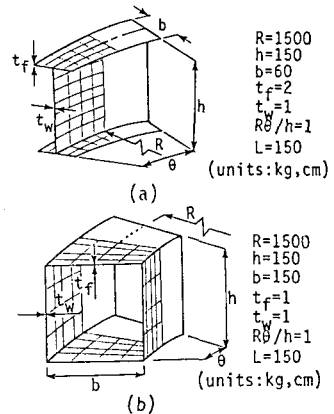


図-2 解析モデル

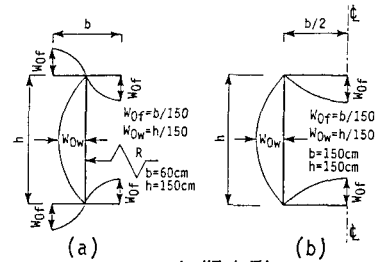


図-3 初期変形

表-1 最大平均応力度の比較

Model	Straight	Curved
Plate Girder	$\sigma_m/\sigma_y = 0.575$	$\sigma_m/\sigma_y = 0.453$
Box Girder	$\sigma_m/\sigma_y = 0.314$	$\sigma_m/\sigma_y = 0.229$

表-2 最大モーメントの比較

Model	Straight	Curved
Plate Girder	$M_m/M_y = 0.878$	$M_m/M_y = 0.844$
Box Girder	$M_m/M_y = 0.495$	$M_m/M_y = 0.395$

の荷重段階における中央断面での部材軸方向直応力度分布の比較を示している。最大荷重段階②における曲線箱型部材フランジの外側の応力は、内側の応力と比較して大きくなっている。

2.2 曲げモーメントを受ける曲線部材

表-2に2つの直線及び曲線薄肉断面部材（I型、箱型断面部材）の最大曲げモーメント M_m/M_y の比較を示している。表-2から明らかなように曲線I型及び箱型部材の最大耐荷力は直線部材と比較して各々3.9%、20.2%低下している。図-7に直線及び曲線箱型部材の曲げモーメント M/M_y と変位 w/t_f の関係の比較を、さらに図-8に直線及び曲線箱型部材の3つの荷重段階（図-7：①、②、③）における全体及び中央断面の変形形状を示している。直線箱型部材の左右腹板が1次モードで、部材軸に対称に変形しているのに対して、曲線箱型部材の両腹板は2次の変形モード（圧縮部は曲率中心に対して外側、引張部は内側）を示し、一方向面内圧縮力を受ける場合同様、逆対称に変形しており、それにともない圧縮フランジの最大たわみ点が外側に移動している。図-9に直線及び曲線箱型部材の2つの荷重段階における中央断面での軸方向応力度分布を示している。曲線箱型部材の圧縮側フランジ外側の応力は内側の応力と比較して大きくなっている。

3. あとがき

本研究での数値計算例では、曲線箱型部材での最大耐荷力は直線部材と比較して大きく劣ること、また変形形状も曲線部材と直線部材では大きく異なることが明らかとなった。

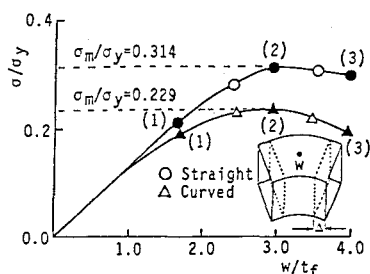


図-4 圧縮応力-変位関係

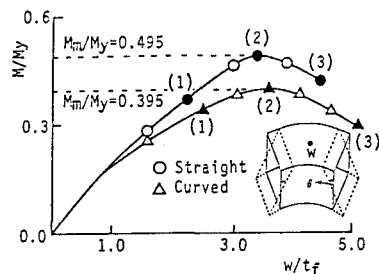


図-7 曲げモーメント-変位関係

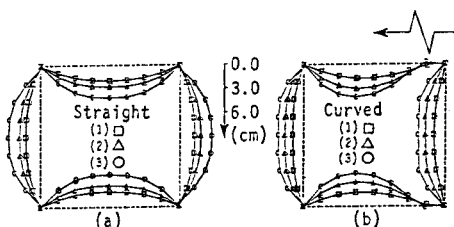


図-5 中央断面変形形状の比較（圧縮）

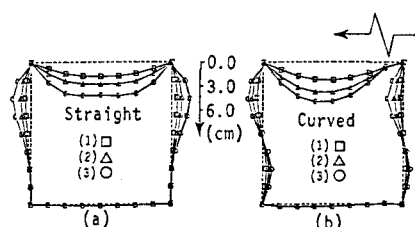


図-8 中央断面変形形状の比較（曲げ）

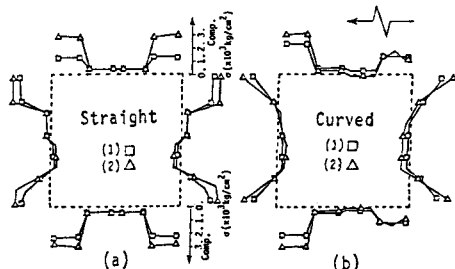


図-6 応力度分布の比較（圧縮）

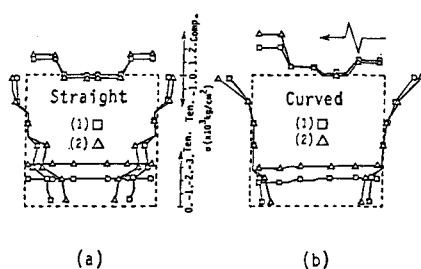


図-9 応力度分布の比較（曲げ）