

鳥取大学大学院 学生員 藤井 洋宣
鳥取大学工学部 正 員 神部 俊一

1. まえがき

従来より箱桁の解析に利用されている一般化座標法¹⁾は、鋼製箱桁に特有の複雑な静力学的な挙動と比較的忠実に解析することが可能である有用な解析手法の1つである。この方法では解を級数形で与えらるゝが普通であるが、変形法に属するこの一般化座標法に応力法的な手法を導入することにより、一般化断面力、一般化変位などの基本量に対する閉じた形の解析解を求める方法と既に発表した²⁾。今回は、この解析手法を応用して、せん断遅れ現象と横断面形状の変形とを考慮することにより、剛な隔壁が箱桁の静力学的な挙動に及ぼす影響を調べるために、三室断面を有する単純支持箱桁の解析用モデルを対象にして、解析を行った。

2. 一般化座標の選定

横断面の鉛直対称軸に関して対称に作用する荷重を取り扱っているので、三室断面の変形モードとして、鉛直軸に関して対称な面外変位に関連する、7個の一般化座標 $\psi_k (k=1, \dots, 7)$ と面内変位に関連する2個の一般化座標 $\psi_k (k=1, 2)$ とを導入した。中でも、横断面内のゆがみに関連する一般化座標 ψ_k は、隔壁の解析を行うに際して、特に重要な変形モードである。そこで、ゆがみ変形が水平軸周りの曲げに対して独立であるという考えに基づき、次のようにして、 ψ_k を決定した。まず、ゆがみとして、Fig. 1(a)に示すように、 $\Delta_h, \Delta_s, \bar{\Delta}_s$ の変位を持つ鉛直軸に関して対称なゆがみを考えた。初等曲げ理論により求める中央ウェブと側方ウェブ上のせん断流の合力と、それぞれ S_h, S_s とする。ここで、曲げによるせん断流が、ゆがみによる変位に対して釣り合いが零であるという条件を設定すれば、次式が得られる。

$$S_h \Delta_h - S_s \Delta_s = 0 \quad (1)$$

さらに、 $\Delta_h + \bar{\Delta}_s = 1$ なる条件式を設定する。これらの条件式と、Fig. 1(a)に示す幾何学的な関係を考慮すれば、 Δ_h, Δ_s は、それぞれ次式で与えられる。

$$\Delta_h = \frac{S_s \sin^2 \theta}{S_h \sin \theta + S_s}, \quad \Delta_s = \frac{S_h \sin^2 \theta}{S_h \sin \theta + S_s} \quad (2)_{1,2}$$

ここに、 θ は側方ウェブが上フランジと交わる角である。(2)_{1,2}式より定められる Δ_h, Δ_s を用いれば、Fig. 1(b)のように決定される。

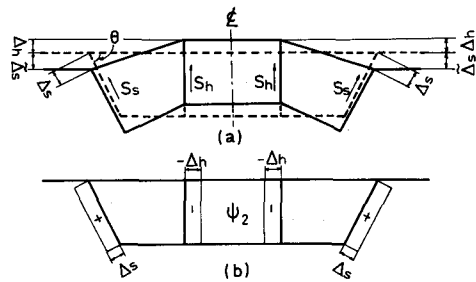


Fig.1 横断面形状のゆがみ変形のパターン

3. 隔壁の解析

隔壁の影響を考慮した箱桁の解析法について、簡単に述べる。まず、箱桁に P 個の隔壁をそう入すると、その隔壁が横断面のゆがみに抵抗するために、隔壁の縁と箱桁の薄板要素との間に、せん断流 $g_k (k=1, \dots, P)$ が生じる。そのせん断流 g_k から構成される $X_k = \int_S g_k \psi_k ds$ が一般化断面力と、箱桁に作用する不静定量として取り扱う。ここに ψ_k は面内変位に関する一般化座標 $\psi_k (k=1, \dots, P)$ の中で横断面のゆがみに関連する一般化座標である。また、 S は閉断面部における輪郭線の全長を意味する。隔壁を剛なものとし、与えられた荷重のもとで、 P 個の不静定量 X を用いて、弾性方程式を立てれば次式のようなになる。

$$S_{k0} + \sum_{j=1}^P S_{kj} X_j = 0 \quad (k, j = 1, \dots, P) \quad (3)$$

ここに、 S_{kj} は $X_j = 1$ が作用したときの箱桁の第 k 断面におけるゆがみを表わし、 S_{k0} は与えられた荷重下にお

ける箱桁の第1断面におけるゆがみを表わす。(3)式を解けば、容易にP個の不静定量Xの値を求めることができる。これを、あらためて、箱桁に作用する線荷重として取り扱い、これから得られる結果と、与えられた荷重に対して得られた結果と重ね合わせれば、隔壁を考慮した箱桁の解析が完了する。

4. 数値計算例

単純支持された支間長6m、幅員19m、桁高2m 80cmの三室断面を有する箱桁を数値計算例のための解析モデルとして採用した。そう入した隔壁の個数と位置によって次の3つのケースに分けて解析を行った。Case Iは支間に隔壁を全く、そう入しないもの、Case IIは支間中央に隔壁を1個そう入し入れたもの、Case IIIは、20mおきに3個の隔壁をそう入したものである。ここに示した図は、いずれも、道路示方書の規定に準拠して定めた等分布荷重を満載した時の結果である。

Fig.2 は、ゆがみにより生ずるそり垂直応力度から定められる一般化断面力 $\bar{M}_2$ と $\bar{M}_2 = M_2 \cdot l_c / (P \cdot d_c \cdot t_c)$ なる式で無次元化した $\bar{M}_2$ の桁軸方向の変化を示している。ここに、 l_c , P , d_c , t_c は、無次元化するために導入された量で、それぞれ、スパン長の基準となる長さ、基準となる荷重、断面を構成する薄板要素の基準幅、断面を構成する薄板要素の基準厚さである。

Fig.3, Fig.4は、それぞれ、Point1, Point2における垂直応力度の σ_1 , σ_2 と初等曲げ理論により求めた垂直応力度 σ_0 との比の桁軸方向の変化状態を示している。

5. 結 語

この解析手法を用いて、上述のモデルに対して、数値計算を行ったところ、隔壁をそう入することにより垂直応力度の横断面内における分布状態が初等曲げ理論から求まる垂直応力度の分布に近づく。また、そう入する隔壁の数を多くすれば、その傾向が、さらに促進されるという結果を得た。このことは隔壁の箱桁に及ぼす影響と良く説明しているように思われる。

今回は剛な隔壁を取り扱ったが、今後、隔壁の剛性を考慮に入れて、解析が行われるように、この解析手法を発展させる必要がある。

<参考文献>

- 1) Vlasov, V. Z 著 (奥村敬恵 外訳)：薄肉弾性梁の理論，技報堂，1967
- 2) 神部，藤井：一般化座標法による直線薄肉箱桁の一解析法，土木学会第80回年次学術講演会講演概要集，第1部，I-102，1979-10

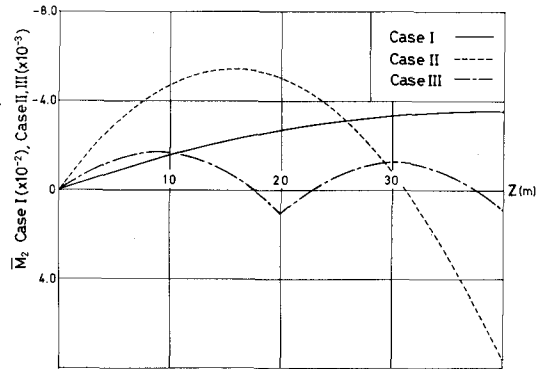


Fig. 2 $\bar{M}_2$ の桁軸方向の変化

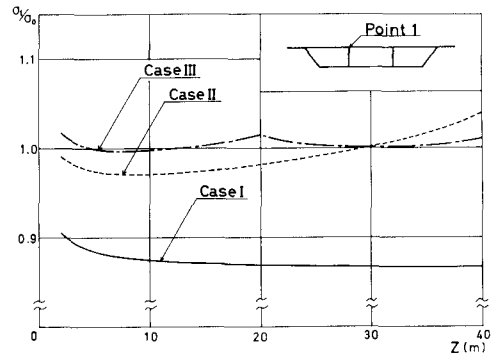


Fig. 3 初等曲げ理論との垂直応力度比 (Point 1)

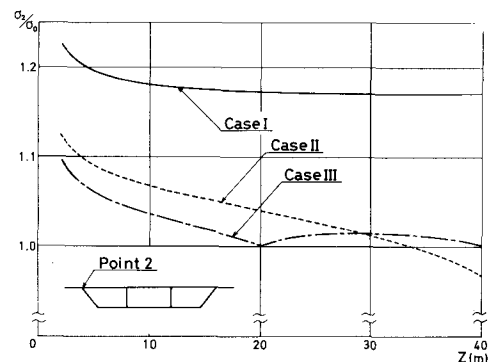


Fig. 4 初等曲げ理論との垂直応力度比 (Point 2)