

九州大学工学部 正会員 ○内谷 保
彦坂 照

著者は先に、主桁のたわみおよびねじり角と未知数とする二変数差分法を用いて多室箱桁斜橋を解析し、その力学的特性を論じた。本論では、この差分法と利用して多室箱桁斜橋を解析し、斜角の大きさ、桁端のねじり角拘束と未拘束、中間ダイヤフラムの導入および本構造の橋軸直角方向の剛性などが荷重分配特性に及ぼす影響を考察した。

いま、図-1(a)のような多室箱桁断面を図-1(b)のようにある換算曲げ剛性 EI_n および換算ねじり剛性 GJ_n をもつ主桁と、それに直交する幅 b の単位長当りの換算曲げ剛性が EI_s の帯板にモデル化する。なお、帯板の橋軸方向の剛性は、有効幅を考慮して主桁の換算剛性に含ませることとする。

主桁 n の微小長さ dx と考え、これに働く断面力および荷重を図-2のように、曲げモーメント M_n 、ねじりモーメント T_n 、せん断力 V_n 、鉛直荷重強度 q_n 、ねじりモーメント荷重強度 m_n 、帯板より受ける単位長当りの曲げモーメントおよびせん断力と $m_n(m'_n)$ 、 $Q_n(Q'_{n-1})$ とする。主桁 n のたわみおよびねじり角と y_n 、 θ_n とすれば、図-2において、鉛直方向の荷重のつり合いおよび主桁軸に関するねじりモーメントのつり合いより次式が得られる。

$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} = \frac{1}{EI_n} (q_n + Q_n - Q_{n-1}) \quad (1)$$

$$\frac{d^2 \theta_n}{dx^2} = -\frac{1}{GJ_n} (T_n - m'_n - m_n) \quad (2)$$

m_n , m'_n および Q_n , Q_{n-1} はそれぞれ単位長当りの帯板部材の端モーメントおよび端せん断力であり、 y_n , θ_n も同じく帯板部材端のたわみおよびねじり角であるから、周知のたわみ角式、せん断力式を用いて式(1),(2)の右辺を変形量 y_n , θ_n で表わすことができる。ここで、差分法を用いるために主桁のスパンを間隔 λ で等分割し、分割点(差分点) i のたわみおよびねじり角とそれぞれ y_i , θ_i で表わせば、上式の左辺は次のようになる。

$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} = \frac{1}{\lambda^4} (y_{i+1} - 4y_i + 6y_{i-1} - 4y_{i-2} + y_{i-3}), \quad \frac{d^2 \theta_n}{dx^2} = \frac{1}{\lambda^2} (\theta_{i+1} - 2\theta_i + \theta_{i-1})$$

各分割点において2個の未知量 y , θ に対して式(1),(2)の2つの差分方程式が得られ、境界条件を考慮することにより、本題の基礎方程式が多元連立一次方程式の形で与えられることになる。^{2),3)}

計算例

図-3のような3室箱桁斜橋(斜角 45°)の模型について解析と簡単な実験を行つた。材料はアクリル樹脂(弾性係数 $E=3.05 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)を使用し、解析においては主桁を10分割した。まず、斜角の大きさが荷重分配特性に及ぼす影響をみるために、斜角を 90° から 45° まで変化させて外桁(Girder 1)と中桁(Girder 2)の中点のたわみと曲げモーメントの単位荷重 1 kg に対する影響係数最大値を求め、表-1に示した。たわみについて

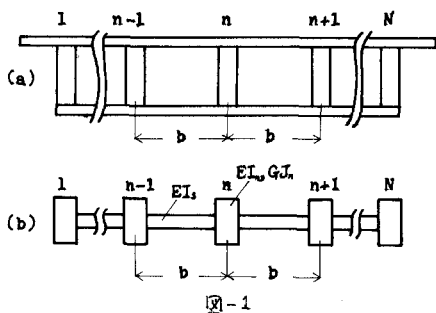


図-1

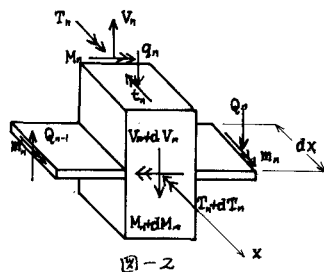


図-2

は、直橋(斜角 90°)と斜角 45° の斜橋の間で外桁中点載荷の場合に約28%, 中桁中点載荷の場合に約43%ほど斜橋の方が小さくなる。つまり、曲げモーメントについても約16%の差が生じている。

次に、橋端のねじり角拘束と未拘束の場合について、外桁中点に単位荷重1kgと載荷したときの各桁中点のたわみ分布と曲げモーメント分布の模様を図-4に示した。橋端のねじり角と拘束するとかなり荷重分配の効果が現われ、外桁中点のたわみは約35%, 曲げモーメントが約29%小さくなる。

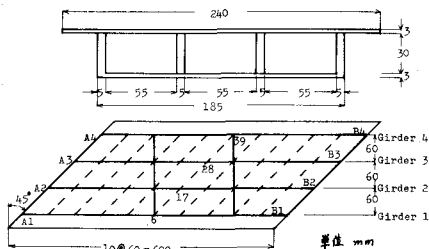


図-3

	たわみ (mm)		曲げモーメント (kg-cm)	
斜角	外桁中点	中桁中点	外桁中点	中桁中点
90°	5.447	4.241	7.316	6.069
75°	5.320	4.105	7.222	5.986
60°	4.932	3.696	6.896	5.670
45°	4.262	3.001	6.314	5.070

表-1. 影響係数の最大値
(橋端ねじり角拘束, 中間ダイヤフラム無)

中間ダイヤフラムを図-3のように2ヶ所入れる場合、反力にはほとんど影響しないが、曲げモーメントの分配効果は大きい。一例として、図-5は外桁中点の曲げモーメント影響面を示したもので、ダイヤフラムの導入により最大値が約64%に減少している。

中間ダイヤフラムがない場合の橋軸直角方向の剛性については、次の3通りのCaseを考え、解析を行った。

Case 1; 上下床版の中間に横方向の中立軸を仮定する。

Case 2; 多室箱桁断面をスレーンゲール桁に置換する。

Case 3; 1つの箱桁断面と柱脚固定の片持ラーメンに置換する。

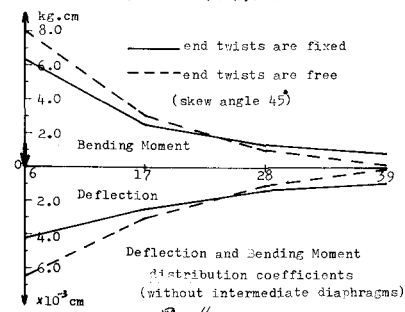


図-4

図-6は各Caseについて、中桁の中心17の上下縁応力の影響係数と実験値とともに示したもので、Case 1は剛性を過大評価しすぎて危険側になることがわかる。本構造の橋軸直角方向の剛性はCase 2またはCase 3で求めるのが妥当であると思われる。

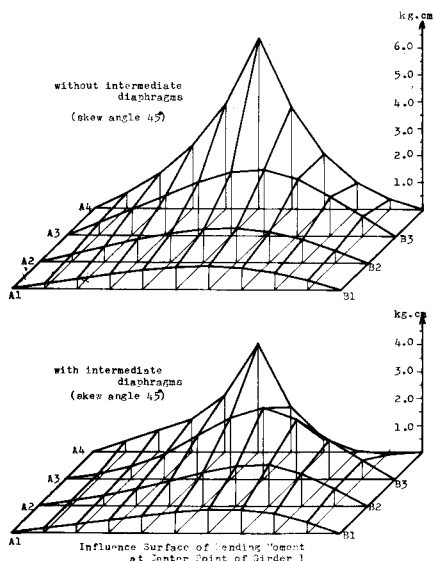


図-5

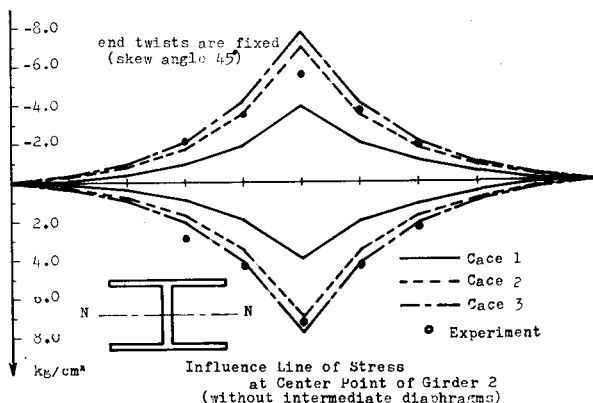


図-6

参考文献

- D.A. Ghali: Analysis of Continuous Skew Concrete Girder Bridges. Proc. of the 1st. Symp. on Concrete Bridge Design, ACI publication sp-23 ② 考項, 内容: ス変数差分法による多主桁合成斜橋の解析, 昭和47年度土木学会西部支部研究発表会論文集, ③ 考項, 内容, 長尾: 多主桁合成斜橋の力学的特性について, 土木学会第28回年次学術講演会概要集, 昭和48.10.