

I-171 曲線合成箱桁の断面変形挙動について

琉球大学 正員 有住 康則
 山口大学 正員 浜田 純夫
 琉球大学 正員 大城 武

1. まえがき

近年、道路橋において曲線合成箱桁が用いられるようになってきた。曲線箱桁では、中間ダイヤフラムの配置が不十分な場合、鉛直荷重のみによっても断面変形によって大きな橋軸方向の直応力が生じ、設計においては十分な配慮が必要である。鋼曲線箱桁の断面変形については多くの研究報告があり、簡易設計式の提案も行われている^{1)~3)}。しかし、箱桁断面を有する曲線合成桁の断面変形に関する研究は少なく、高い剛性を有するコンクリートスラブの断面変形挙動へ与える影響等十分解明されていないのが現状である。本研究は、Dabrowskiによって導かれた断面変形に関する基礎式を差分法を用いて解析を行い、曲線合成箱桁の断面変形挙動について考察を行った。

2. 解析法

曲線箱桁の断面変形に関する基礎方程式は次のようになる¹⁾²⁾。

$$\frac{d^4 \gamma}{ds^4} + 4\lambda^4 \gamma = \frac{1}{EI_{DW}} \left(\rho \frac{M_x}{R} + \frac{m}{2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda^4 = K_f / 4EI_{DW} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 γ :ずり角、 M_x :曲げモーメント、 m :偏心トルク、 R :曲率半径、 I_{DW} :断面変形に関するそり定数、 ρ :無次元形状係数及び K_f :閉ラメンの曲げ剛性である。本研究では、基礎式(1)を差分法を用いて解析を行った。高精度差分式を適用した場合、任意点*i*において基礎式(1)は次のようになる。

$$[-1, 12, -39, 56 + 24\lambda^4 \Delta^4, -39, 12, -1] \{ \gamma \} = 6\Delta^4 \left(\rho M_{x_i} / R + m_i / 2 \right) / EI_{DW} \dots\dots (3)$$

$$\{ \gamma \}^T = \langle \gamma_{i-3}, \gamma_{i-2}, \gamma_{i-1}, \gamma_i, \gamma_{i+1}, \gamma_{i+2}, \gamma_{i+3} \rangle \dots\dots\dots (4)$$

ここで Δ は差分間隔である。なお、任意点に中間ダイヤフラムが配置された場合についても、式(3)に中間ダイヤフラムの剛度の影響を考慮して解析を行うことができる。

単純曲線箱桁の中央断面の内側部分に集中荷重が载荷した場合の断面変形によるそり応力分布について、本解析結果と坂井らによるブロック有限要素法による解析結果⁴⁾の比較を図-1に示す。なお、本曲線箱桁には、板厚2cmの中間ダイヤフラム6個が等間隔に配置されている。本解析結果は坂井らの解析結果とよく一致していると考えられる。

3. パラメトリック解析

曲線合成箱桁の断面変形挙動を明かにするため、図-2に示すモデルについてパラメトリック解析を行った。変化させたパラメーターは、中間ダイヤフラム間隔(L_D)、中心角(α)及びコンクリートスラブの張り出し部の長さ(B_1)である。なお、中間ダイヤフラムの剛度は無限大とした。荷重は等分布荷重満載及び集中荷重が桁内側の腹板上に载荷した場合についてそれぞれ解析を行った。結果は断面変形によるそり応力と曲げによる最大直応力の比(σ_{DW} / σ_b)で示した。また、中井ら¹⁾、Heinsら²⁾及び坂井ら³⁾によって提案された簡易式との比較も行った。

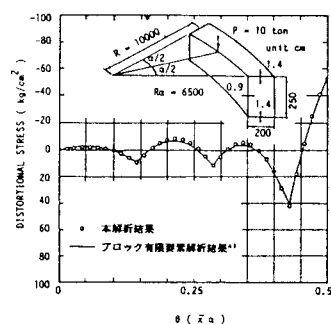


図-1 ずり応力分布

ダイヤフラム間隔の影響 ---- 図-3、4に中間ダイヤフラム間隔とスパン(L)の比を変化させた場合の σ_{DW}/σ_b の値を示す。なお、桁の中心角は 60° 、コンクリートスラブの張り出し部の長さ(腹板間隔)の比(B_1/B)は0.5である。図から明らかなように、ダイヤフラム間隔が大きくなると断面変形によるずり応力は放物線状に増大する。また、本計算例の場合、他で提案された簡易式は曲線合成箱桁に適用した場合も応力比が10%以下なら安全側にあると考えられる。

中心角の影響 ---- 中心角を変化させた場合の σ_{DW}/σ_b の値を図-5、6に示す。ここで、 $L_D/L=0.1$ 、 $B_1/B=0.5$ である。応力比は中心角が大きくなると、等分布荷重の場合は比例的に増大するが、集中偏心荷重の場合はさほど変化しない。

張り出し部の長さの影響 ---- 図-7、8にコンクリートスラブの張り出し部の長さを変化させた場合の σ_{DW}/σ_b の値を示す。ここで、 $L_D/L=0.1$ 、中心角 60° である。張り出し部の長さが大きくなると応力比は多少減少するが、その影響は小さいものと考えられる。

4. あとがき

箱桁断面を有する曲線合成桁の断面変形挙動を解明するため、Dabrowskiによって導かれた断面変形に関する基礎式を差分法を用いて解析を行い、また、中間ダイヤフラム間隔、中心角及びコンクリートスラブの張り出し部の長さを種々変化させたパラメトリック解析を行った。

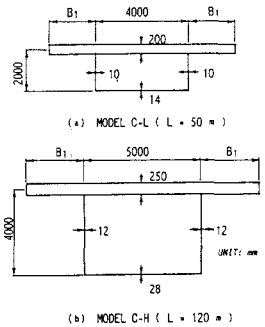


図-2 解析モデル

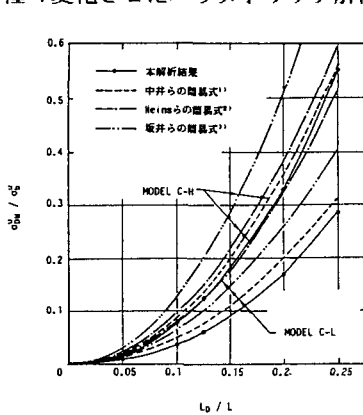


図-3 配置間隔の影響(等分布荷重)

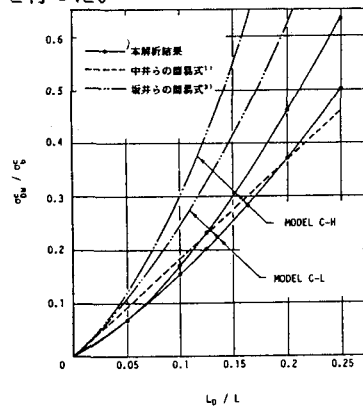


図-4 配置間隔の影響(集中荷重)

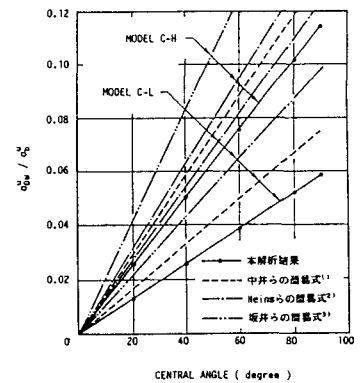


図-5 中心角の影響(等分布荷重)

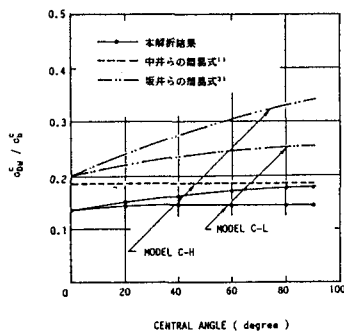


図-6 中心角の影響(集中荷重)

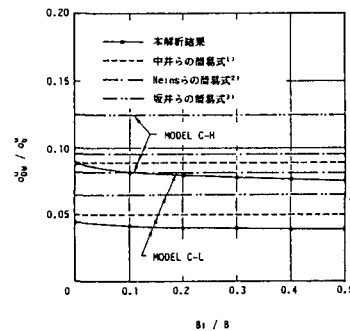


図-7 張り出し部の影響(等分布荷重)

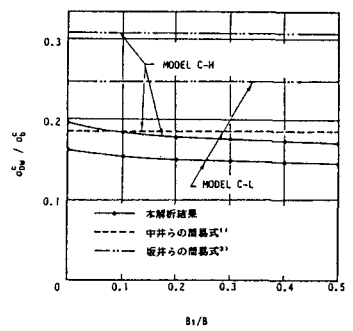


図-8 張り出し部の影響(集中荷重)

参考文献

- 1) 中井・村山：ダイヤフラムを有する曲線箱桁のずり応力の解析と設計への応用、土木学会論文報告集、No.309、1981年5月。
- 2) Oleinik, J.C. and Heins, C.P.: Diaphragms for Curved Box Beam Bridges, Proc. ASCE, Vol.101, No.5T10, 1975.
- 3) 坂井・長井：曲線箱桁の中間ダイヤフラム設計法に関する一提案、土木学会論文報告集、No.305、1981年1月。
- 4) 坂井・長井：ブロック有限要素法による薄肉曲線箱桁の立体解析、土木学会論文報告集、No.295、1980年3月。