

曲率の差異を考慮した曲線箱桁の一次元断面変形解析

山口大学工学部 学生員 ○上高克弘

山口大学工学部 正会員 浜田純夫

山口大学工学部 正会員 高海克彦

1. まえがき

近年の高強度材料の開発および施工技術の革新に伴って、土木構造物の薄肉化、長大化が図られ、今後もこの傾向は増々広がると思われる。また、アウターケーブルの採用によりウェブ厚の減少が図られるなど、P C 橋梁もその例にもれない。こうした状況においては、現行の道路橋示方書にも規定されておらず、また従来ほとんど問題にされてこなかった断面変形の影響を、検討する必要があると思われる。また、曲率の大きな道路橋ランプ部などをP C 箱桁で処理することもあり、この場合断面内の曲率の差異によって断面変形の影響が違って来るとと思われる。

本研究では、筆者らが先に開発した一次元理論¹⁾を、P C 箱桁の断面変形解析に適用した、この一次元理論を修正し、曲がりばりにおいて断面内の曲率変化を厳密に考慮する場合の断面変形の定式化を行い、P C 箱桁の断面変形解析に適用することにより、その設計に有為な資料を得んとするものである。

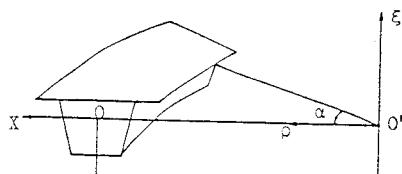


図-1 曲がりばり全体系

2. 支配方程式

P C 箱桁には数種のタイプがあるが、ここでは図-2のような逆台形単室箱桁を考える。4角形断面では、変形後の断面の閉合条件から断面変形角(ずり角)の自由度は1¹⁾となる。また、図-1に示すような座標系について、断面内の曲率の変化を厳密に考慮する場合とそうでない場合の支配方程式を導く。

いま、ウェブとフランジの接合点(節点)2の変形角を θ_2 とし、中間隔壁を有する曲線箱桁の断面変形の支配方程式を仮想仕事式から導けば、次式のようにになる。

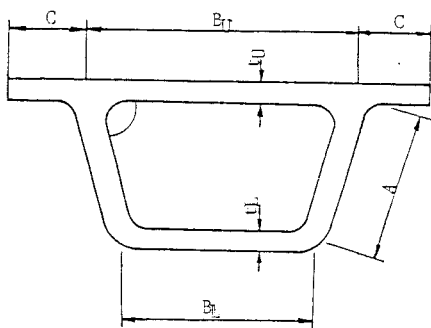


図-2 箱桁断面

$$\int_0^{\phi} \left(E I_2 \frac{\theta_2''''}{R_s^4} + f \theta_2 - F \right) \delta \theta_2 d\alpha + \sum K \theta_2(z_k) \delta \theta_2(z_k) = 0 \quad (1)$$

ここに、 I_2 は断面変形に関する断面定数、 f は横方向曲げ剛性に関する定数、 F は断面変形の荷重項、 K は隔壁の剛性、 n は隔壁枚数、 z_k は隔壁位置、 α は開角、 E はヤング係数である。

断面変形に伴う桁軸方向垂直応力は、 θ_2 によって次のように表わされる。

$$\sigma_d = E \frac{R_s}{\rho} \left(\Psi \frac{\theta_2''}{R_s^2} - \Phi \frac{\theta_2}{R_s} \right) \quad (2)$$

ここに、 Ψ は断面変形のそり関数。

上の断面で、曲率を断面内に一定とすれば、 Ψ の関数値はほぼ図心に関して正負が逆対称となる。しかし、断面内に曲率の変化を考慮すれば、必ずしも対称とはならない。

3. 解析モデル例

図-2に示す、支間30mの単純PC箱桁を解析モデルとする。本モデルは図-1の特例として扱える。桁端部は剛なダイヤフラムで断面変形は防止され、中間隔壁は用いない。PC箱桁を解析する場合考慮する主荷重には、死荷重、活荷重、プレストレス力などがあるが、本解析の場合には偏載活荷重を用いる。偏載荷重としては、L-20をモデル化して単位長さ当り10.4tを節点4上に載荷する。

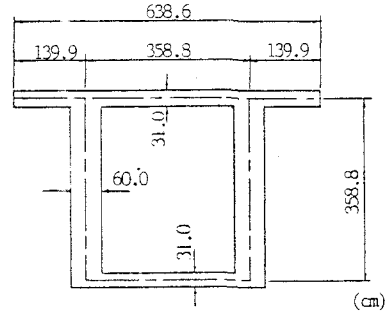


図-3 断面諸元

4. 解析結果

図-5にはり理論による応力と曲率半径の関係を示す。これは、曲率の考慮に関わらず、ほぼ同様の分布状態である。図-4、6、7にはそれぞれ、断面変形角、節点3、4の付加応力の曲率を考慮しない場合に対する曲率を考慮する場合の増加率を示す。断面変形角は曲率の増大により、曲率半径が100mより小さくなると曲率の影響が急激に現われる。付加応力は、節点4で増加を示し、その増加率は曲率半径300mで40%を越える。

なお、紙面の都合上詳細な検討は、講演時に譲る。

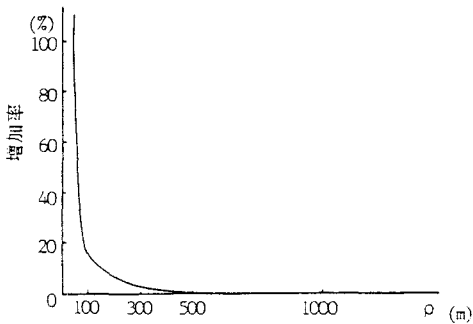


図-4 曲率半径考慮による断面変形 θ_s の増加率と曲率半径の関係

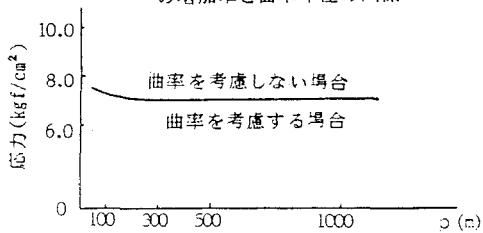


図-5 はり理論による応力と曲率半径の関係

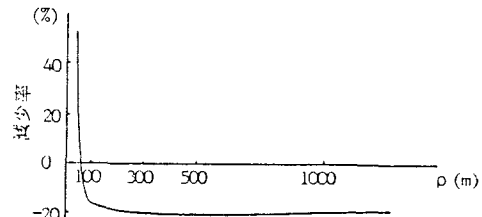


図-6 付加応力の減少率と曲率半径の関係
節点3

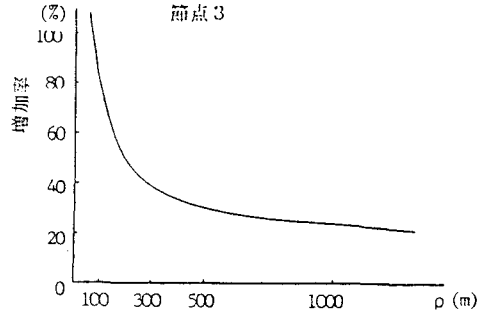


図-7 付加応力の増加率と曲率半径の関係
節点4

参考文献

- 1) 高海 et al : 薄肉閉断面曲線ばりの断面変形挙動の定式化について、第41回年次学術講演会概要集
- 2) HIKOSAKA et al : FORMATION OF DISTORTIONAL BEHAVIOR OF THIN-WALLED CURVED BEAM WITH OPEN CROSS SECTION, PROC.OF JSCE Vol.2, No.1, April 1985
- 3) 臼杵 : コンクリート1室箱桁橋の弾性解析、橋梁と基礎、84-7
- 4) 西野 et al : ひずみ場の仮定に基づく薄肉曲がりばりの静的挙動の定式化、土木学会論文報告集、第247号