

P C連続曲線箱桁の断面変形の影響について

山口大学工学部 学生会員 ○山下哲志
 (株)大林組 正会員 上高克弘
 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。ねじり剛性の大きなP C箱桁も適用支間が拡大され、各々70~90mの連続曲線箱桁も供用されている。こうした桁は薄肉構造であるため、断面変形が予想される。然るに現行の道路橋示方書にも規定されておらず、また中間隔壁の効果も断面変形を前提としなければ評価できない。

本報告では、はりの一次元断面変形解析理論を、実橋として多用される変断面P C連続曲線箱桁に適用し、断面変形挙動を明らかにすると共に、それに伴う付加応力の特性を把握し、中間隔壁の補剛効果について検討し、設計に有為な資料を得んとするものである。

2. 支配方程式

P C箱桁の断面形には数種のタイプがあるが、ここでは図-1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1であるので、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、次式のようになる¹⁾。

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

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、 R_s は曲率半径、 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 、 Φ は断面変形のそり関数。

3. 解析方法

式(1)の支配方程式を、変断面連続桁の解析が可能となるよう、有限要素離散化解析を行う。

4. 解析モデル

解析モデルは、曲率半径 $R=300m$ の実橋をモデル化し、図-2に示す諸元を有する3径間連続P C曲線箱桁を対象とする。この桁において、中間隔壁のない桁をmodel 1、各支間に1枚配置した桁をmodel 2、また中間隔壁を2~3枚配置した桁をmodel 3とする。いずれも支点上では断面変形は

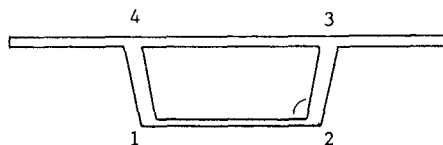


図-1 逆台形箱桁

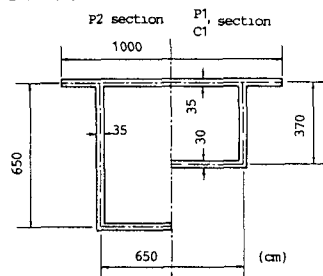


図-2 解析モデル諸元

完全拘束されている。P C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、本解析では単位体積重量 2.5t/m^3 の死荷重と示方書L-20荷重をモデル化した偏載活荷重の満載とする。コンクリートのヤング係数は $3.5 \times 10^5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ とする。

5. 解析結果

図-3に内曲側載荷の場合の断面変形の橋軸方向の変化を示す。中間支点部および中間隔壁により断面変形が抑えられ、隔壁を1枚配置するだけで、断面変形角は1/3程度に成ることが分かる。またこの載荷条件で、断面変形惹起荷重である桁の曲げモーメントが最大となる点(D1)とそうでない点(D2)の隔壁前後の断面変形は異なった性状を示している。

図-4(a)(b)にはmodel 1、2の内曲側載荷による節点1、2の軸方向付加応力および断面剛のはり理論による応力を示す。断面変形を生じた桁では、はり理論による応力と付加応力を加えたものが実際の応力となる。付加応力は支点および中間隔壁部でそのピークを生じる。すなわち、隔壁により断面変形は防止できるが、逆にそれに伴う付加応力は最大となる。内曲側載荷と外曲側載荷では付加応力の符号が逆になり、内曲側載荷では節点1で引張応力が足し合わされることになる。表-1にmodel 1~3について、着目断面(D1,D4)において節点1or2の引張付加応力とはり理論による応力との比を示す。この表から、付加応力ははり理論による応力の10~13パーセントになり、無視し得ないことが分かる。またmodel 2は実橋の、model 3は示方書にしたがった中間隔壁の配置であるが、必ずしも中間隔壁が多いほうが付加応力は低下していない。

なお、紙面の都合上詳細な検討は、講演時に譲る。

表-1 付加応力のはり理論による応力に対する比

3連統桁・内曲側載荷・曲率半径300m (%)				
荷重	スパン	model 1	model 2	model 3
活荷重	径間1(D1)	11.9	19.4	16.0
	径間2(D4)	22.8	25.2	20.5
死荷重	径間1(D1)	3.4	9.6	8.8
	径間2(D4)	10.3	7.8	12.5
全荷重	径間1(D1)	6.7	11.0	9.8
	径間2(D4)	12.4	10.6	13.8

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)白杵 : 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

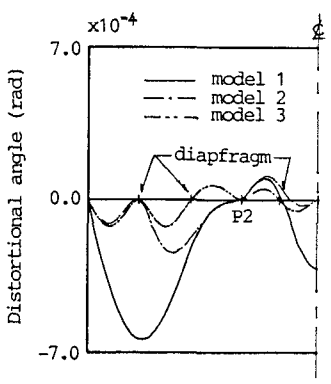


図-3 断面変形軸方向変化

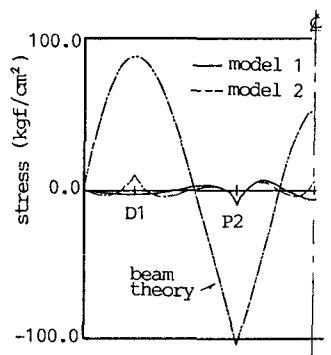


図-4 (a) 節点1 応力変化

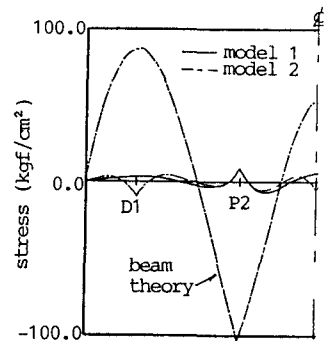


図-4 (b) 節点2 応力変化