

V-331 PC連続曲線箱桁橋の中間隔壁の効果について

山口大学工学部 正会員 ○高海克彦
 (株)大林組 正会員 上高克弘
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫

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りと思われる。ねじり剛性の大きなPC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となるため、断面変形およびそれに伴う付加応力の発生が予想される。然るに現在の設計ではこうしたことは考慮されておらず、断面補剛のための中間隔壁について、支間中央あるいは40m間隔に配置するとしているのみである。しかし中間隔壁の効果は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PC連続曲線箱桁に適用し、断面変形挙動特性を明らかにすると共に、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

図-1のようなPC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、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⁾。

$$EI_2 \frac{\theta_2''''}{R_s^4} + f \theta_2 - A \cdot m_t - B \cdot M_w - C \cdot M_x / R_s = 0 \quad (1)$$

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、 A 、 B 、 C は断面形によって決まる定数、 m_t は外荷重トルク、 M_w 、 M_x はそれぞれはり理論によるバイモーメントおよび曲げモーメント、 R_s は曲率半径、 E はヤング係数である。式(1)の第3項以降が断面変形惹起荷重である。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

変断面連続桁の解析が可能となるよう、式(1)から剛性方程式を導き、かつ中間隔壁を考慮した有限要素解析を行う。荷重項には、前もって断面剛を仮定するはり理論による解析によって得られた断面力を与える。

4. 解析モデル

解析モデルは、曲率半径 $R=300$ m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PC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、実橋

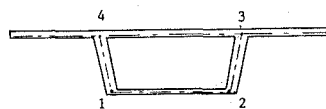


図-1 単一箱桁

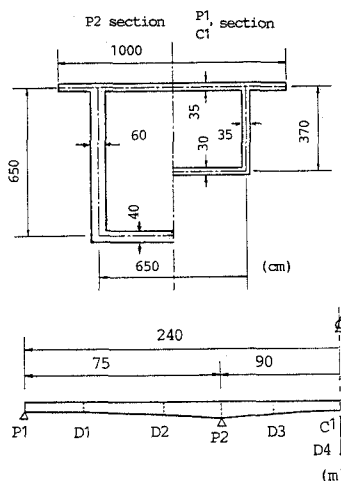


図-2 解析モデル諸元

と同じく各支間に1枚配置した桁をmodel 2、また中間隔壁を増やして2～3枚とした桁をmodel 3とする。いずれも支点上では断面変形は完全拘束されている。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、本解析では導入プレストレス算定前段階を想定し、単位体積重量2.5t/m³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3.5x10⁵kgf/cm²とする。

5. 解析結果

偏載活荷重を内曲側に載荷する場合の断面変形の橋軸方向変化を図-3に示す。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程度に成り、補剛効果の高いことが分かる。また、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ている。

図-4にはmodel 1、2の内曲側載荷における、節点1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。節点2では付加応力は節点1と絶対値が等しく異符号となる。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であり、節点1で図のように引張応力どうしが足し合わされることになる。図から分かるように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支点および中間隔壁部で最大となっている。これは式(2)から分かるように、この個所で断面変形は零でも、 θ_2 の二階の微係数がピークとなるためである。表-1、2にmodel 1～3について、偏載活荷重を内曲側と外曲側に載荷した場合、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、いずれの場合も付加応力ははり理論による応力の4～13パーセントで、特に内曲側載荷でその比率が高くなっており、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減少していない。中間隔壁は断面変形惹起荷重となる死荷重を増加させることを考慮して、隔壁の効果的な配置方法について検討する必要がある。

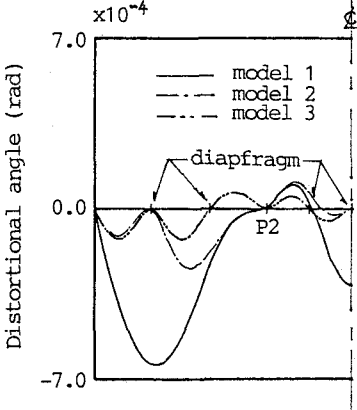


図-3 断面変形軸方向変化

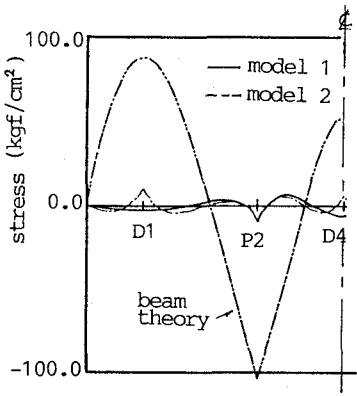


図-4 節点1の応力変化

表-1 応力比（内曲側載荷）

3連続桁・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

表-2 応力比（外曲側載荷）

3連続桁・外曲側載荷・曲率半径300m (％)				
荷重	スパン	model 1	model 2	model 3
活荷重	径間1 (D1)	3.0	0.5	1.8
	径間2 (D4)	1.6	12.9	0.9
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)	3.4	8.3	7.8
	径間2 (D4)	8.3	4.2	10.5

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)高海 et al：PC曲線箱桁の断面変形に対する曲率の影響について、第43回年次学術講演会概要集