

(94) 中間横けたを省略したPC箱けた橋の設計

—北海道縦貫自動車道大岸橋—

川田建設(株) 東京支店 正会員 ○今井平佐
 日本道路公団 北海道支社 正会員 高橋昭一
 日本道路公団 京浜管理事務所 小林 良
 川田建設(株) 開発部 正会員 野田行衛

1. はじめに

近年、公共工事費の縮減が強く叫ばれる中で、新しい構造形式の開発、従来の構造や工法の改善、工期の短縮などがきわめて重要な課題となってきた。張出し工法によるPC箱けた橋の施工はすでに一般的になっているが、さらに構造や工期短縮への改善は不可欠である。このような社会の趨勢を鑑み、今回北海道縦貫自動車道大岸橋において、中間横けたを省略した箱けた橋の設計施工を実施した。本稿は、中間横けた省略の設計検討結果について報告をするものである。

2. 大岸橋上部工の設計計算概要

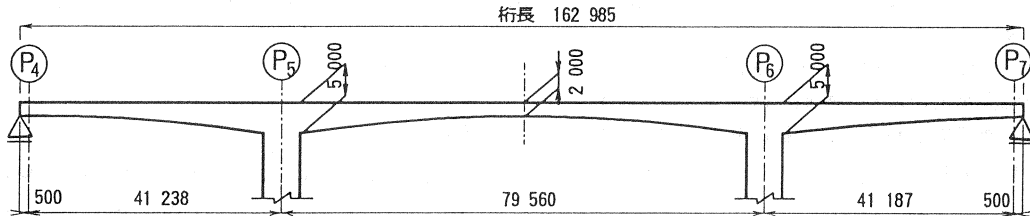


図-1 大岸橋一般図

本橋は、支間長が41.238m+79.560m+41.187mからなる3径間連続ラーメンのプレストレストコンクリート箱けた橋である(図-1)。本橋の特徴は、床版を従来のフルプレストレス構造に対してパーシャルプレストレス構造として設計を行ったこと、および下床版のハンチおよび中間横けたを省略した構造を採用し、施工の省力化を図った点である。

道路橋示方書Ⅲ8.2においては、1支間に1箇所以上の中間横けたを設けること、またその場合40m程度の間隔に配置することが規定されているが、これらの規定に対して明確な根拠が示されていない。本橋においては中間横けたを取り除いた場合の箱けたの挙動を扱った理論^{1)、2)}に基づき、これらを設計に適用することを試みた。箱断面の中間横けたを省略した場合には偏心荷重による断面変形が生じ、これにより軸方向応力と横曲げモーメントが付加される。したがって、これらの応力は従来の主方向と横方向の計算の中で考慮する必要がある。

3. 断面変形理論の概要

中間横けたを省略した箱けた橋における断面変形荷重 P_w による断面変形に関する基本式は次式で与えられる。

$$W_w^{IV} + 4\lambda^4 W_w = 4 \frac{\lambda^4}{K} P_w \quad (1)$$

ただし、 $\lambda = 4 \sqrt{\frac{K}{4EI_{si}}}$

W_w ; ウェブたわみ K ; ラーメン剛性、 I_{si} ; 仮想断面二次モーメント、 E ; 弾性係数

式(1)は弾性支承上のはりと等価な式であり、ラーメン剛性をバネ定数とし、仮想断面二次モーメントをはりの抵抗モーメントとした解析モデルから断面変形のたわみと断面力を求めることができる。

断面変形荷重は、ねじりモーメント差から生じるもので、図-2はウェブ上に作用する偏心荷重を分解した力をあらわし、偏心荷重の1/4が断面変形荷重になる。

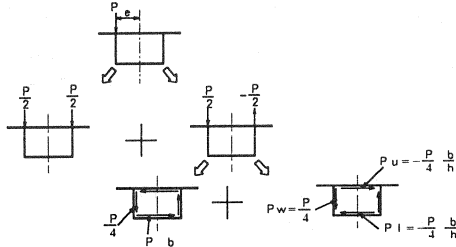


図-2 荷重の分解

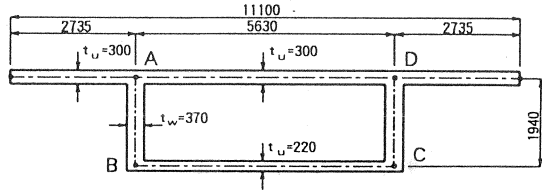


図-3 スパン中央断面の寸法(mm)

4. 断面変形計算

断面変形による軸方向と横方向の断面力は、平面構造解析プログラムの影響線解析により計算する。本橋は三径間連続けた橋であるが、中央径間の横けたを省略することから、ここでは断面変形の影響が最も大きいスパン中央の断面に着目する。中央径間のセンターに着目する場合には単径間に置き換えてもほとんど値は変わらないことから、解析モデルを単純スパンとして計算する¹⁾。スパン中央の断面部材の寸法を図-3に示す。

(1) 仮想断面二次モーメント I_{si}

弾性支承上のはりの断面二次モーメントにあたり、次式で求められ、本橋の分布は図-4のようになる。

$$I_{si} = \frac{(\alpha_u + 2)(\alpha_l + 2) - 1}{\alpha_u + \alpha_l + 6} I_w \quad (2)$$

$$\alpha_u = \frac{12I_u}{A_w b^2}, \quad \alpha_l = \frac{12I_l}{A_w b^2}, \quad I_w = \frac{t_w h^3}{12}, \quad A_w = t_w \cdot h$$

(2) ラーメン剛性 K

弾性支承上のはりにおけるバネ定数となり、次式で求められる。本橋のラーメン剛性の分布は図-5のようになる。

$$K = \frac{48E \bar{I}_w \bar{a}_u \bar{a}_l + 6}{b^2 h \bar{a}_u \bar{a}_l + 2\bar{a}_u + 2\bar{a}_l + 3} \quad (3)$$

$$\bar{a}_u = b \bar{I}_w / h \bar{I}_u, \quad \bar{a}_l = b \bar{I}_w / B \bar{I}_l, \\ \bar{I}_w = \frac{t_w^3}{12}, \quad \bar{I}_u = \frac{t_u^3}{12}, \quad \bar{I}_l = \frac{t_l^3}{12}$$

(3) 特性値 λ の計算

λ は、横方向と軸方向剛性の比率をあらわし、本橋における値をプロットすると図-6のよう

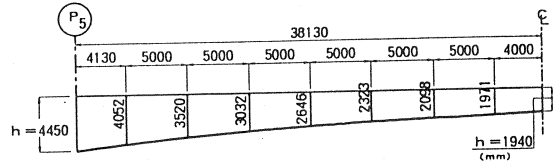


図-4 解析モデルの桁高と仮想断面二次モーメントの分布

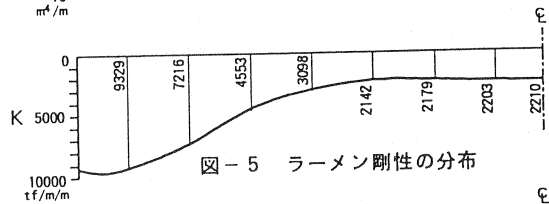


図-5 ラーメン剛性の分布

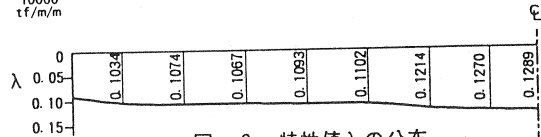


図-6 特性値 λ の分布

になる。ここで $E=3.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とした。
 K や I_{si} が断面変化に応じて値が大きく変化するのに対し、 λ の値は変化が小さいことがわかる。

(4) 断面変形による断面力

応力照査位置はスパン中央断面とし、軸方向と横方向の影響線から算出する。

解析モデルは、図-7に示すように弾性支承上のはりとして影響線縦距を求める。

1) 軸方向影響線

解析結果から、スパン中央における軸方向曲げモーメント影響線は図-8のようになる。また、横方向の断面力を算出するためのたわみの影響線は図-9となる。

2) 横方向影響線

横方向の影響線は、Bettiの定理を利用して求めると図-10のようになる。

3) 断面変形荷重

$$p_{1.w} = (p_1 + p_2)(l+i)/4 = 0.370 \text{ tf/m}^2$$

$$p_{2.w} = p_2(l+i)/4 = 0.096 \text{ tf/m}^2$$

4) 活荷重による軸方向曲げモーメントの計算

図-8と図-9および図-10のような荷重状態に対して断面力を計算する。

軸方向曲げモーメントは次式で求められる。

$$M_{o.w} = A_o \int \eta P_{1.w} dx \quad (4)$$

$$= 22.782 \text{ tfm}$$

(5) 軸方向応力の計算

ウェブ上縁および下縁の軸方向応力 $\sigma_{w.u}$ 、 $\sigma_{w.l}$ は次式から求められ、断面内の応力分布は図-11となる。

$$e_u = \frac{\alpha_u + 3}{\alpha_u + \alpha_l + 6} h, \quad \sigma_{w.u} = \frac{M_{o.w}}{I_{si}} e_u$$

$$= 0.356 \text{ m} \quad = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$$

$$e_l = \frac{\alpha_l + 3}{\alpha_u + \alpha_l + 6} h, \quad \sigma_{w.l} = \frac{M_{o.w}}{I_{si}} e_l$$

$$= 1.586 \text{ m} \quad = -5.6 \text{ kgf/cm}^2 \quad (5)$$

(6) 活荷重による横曲げモーメントの計算

横曲げモーメントは次式により求める。

たわみ W_w は、図-9と図-10の影響線面積から

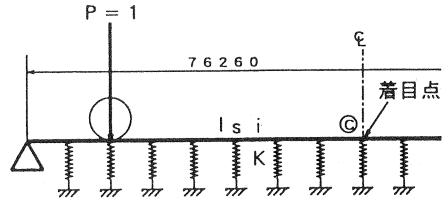


図-7 弾性支承上のはりモデル

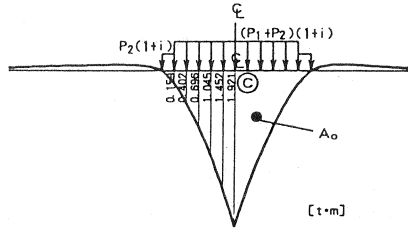


図-8 軸方向曲げモーメント影響線

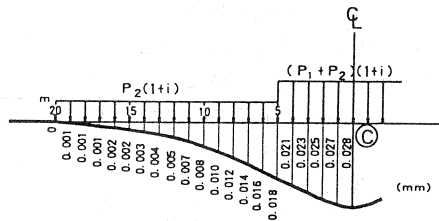


図-9 たわみ影響線

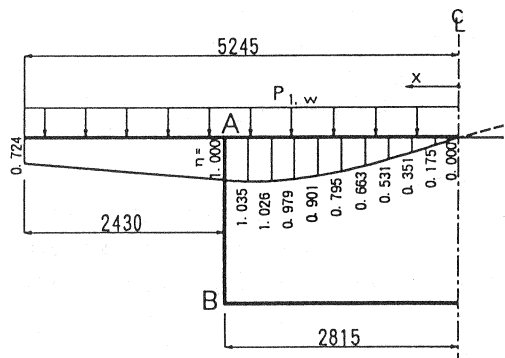


図-10 横方向影響線

求められ、

$$W_w = 1.671 \times 10^{-3} \text{ m}$$

となる。

A点の曲げモーメント

$$m_a = \frac{b}{2(\alpha + 1)} K W_w = 1.730 \text{ tfm}$$

B点の曲げモーメント

$$m_b = -\frac{\alpha b}{2(\alpha + 1)} K W_w = -0.870 \text{ tfm}$$

ここで

$$\alpha = \frac{\alpha_u + 3}{\alpha_i + 3}$$

(6)

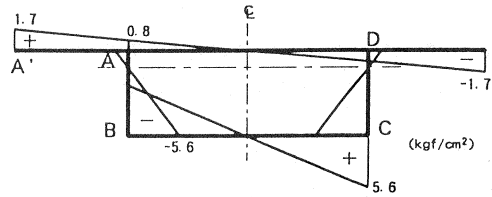


図-1 1 軸方向応力分布

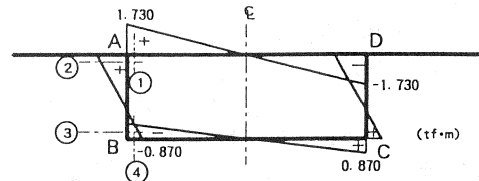


図-1 2 横曲げモーメント

5. 断面力と応力度の比較

断面変形により生ずる軸方向応力は主方向の応力の中で考慮する。横曲げモーメントは横方向の計算中で考慮するが、ここでは箱ラーメンとして求めた曲げモーメントと加算した断面力を使用する。設計荷重時におけるスパン中央断面の活荷重による軸方向発生応力度を表-1に示し、表-2に各々の横方向の断面力とその比率を示す。なお、表-2の①~④は、図-12の断面位置を示す。

表-1から、活荷重を偏載荷したときの対称荷重と断面変形荷重による軸方向応力の合計値は、全載荷の対称荷重による応力値よりも小さく、全載荷時の状態で設計を行った(1)>(2)+(3))。

横方向に関して、断面変形により生ずる横曲げモーメントは、箱ラーメンとしたときの断面力に対して12~50%になる。

断面変形による値は、かなり小さい値であるが、もともと下床版の曲げモーメントは小さいことから、相対的に影響が大きくなる。

6. おわりに

今回の計算結果から断面変形による応力値は、かなり小さく、下床版の横方向鉄筋にある程度余裕を持たせれば十分に安全であると思われる。

表-1 活荷重による軸方向応力の比較

	(1)全載荷 対称荷重	(2)偏載荷 対称荷重	(3)断面変形 荷重	(2)+(3)
$\sigma_{A'}$	19.8	6.5	1.7	8.2
σ_A	19.8	6.5	0.8	7.3
σ_B	-30.3	-9.9	-5.6	-15.5

表-2 横方向曲げモーメント

	箱ラーメンの 断面力 (tfm)	断面変形 の 断面力 (tfm)	断面変形断面 力の比率 %
①	-14.682	-1.730	11.7
②	-9.292	-1.730	18.6
③	-2.399	-0.870	36.3
④	-1.773	-0.870	49.1

参考文献

- 1) 野田行衛：一室PC箱桁橋の中間横桁について、プレストレストコンクリート vol. 33, No. 1, pp62-70, 1991.
- 2) 野田行衛, 出光隆：中間横桁のないプレストレストコンクリート1室箱桁橋の設計法に関する研究、土木学会論文集、No. 514/V-27, pp85-95, 1995. 5.