

I-15 斜め支承によるプレストレス構造

広島建設コンサルタント

正員 坂田静雄

○ 正員 副島 勝

1. まえがき

骨組構造物に於て、移動端を傾斜させると反力は支梁の移動可能方向に垂直なる反力のみが作用し、その鉛直及び水平方向の分力が生ずる。この水平方向の反力の作用位置を軸線より偏心させることによって桁にプレストレスを与え、桁応力の調整を計るものである。本稿では、単純合成桁について基本式を導き、数値計算を行なつて、その適用が可能であり、且つ経済的であることを提案するものである。

2. 水平反力による断面力と桁応力の計算式

(1) 垂直荷重による水平反力

反力の垂直分力は $\Sigma M = 0$ より定まるが、水平分力は同時に両端に生じ $\Sigma H = 0$ よりその方向は反対でその値は等しくなる。右図のように力の三角形を作ると

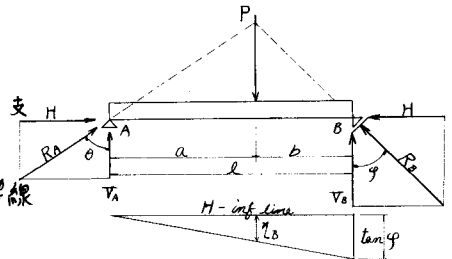
$$H = V_B \tan \varphi = P \frac{a}{l} \tan \varphi \quad (\varphi = \text{const.})$$

$$H = V_A \tan \theta = P \frac{b}{l} \tan \theta \quad (\theta = \text{Variable})$$

よより、B支梁反力 R_B の傾斜角 φ は常に一定であるが、A支梁反力 R_A の傾斜角 θ は、 $\tan \theta = \frac{a}{b} \tan \varphi$ となる。

固定端より x の距離に作用する $P = 1$ による水平反力影響線縦距は $y_B = \frac{x}{l} \tan \varphi$ となり、 H の影響線は右図の如くなる。

固定端に荷重が作用した場合の水平反力は0となり、移動端に作用した場合の水平反力が最大となる。



(2) 水平反力による単純合成桁の桁応力

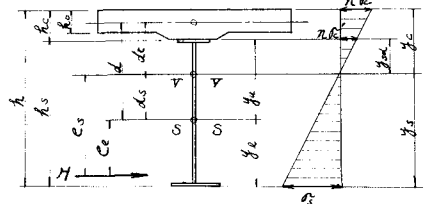
合成前死荷重による水平反力 H_d 、合成後荷重による水平反力 H_c を算出し、その作用位置を軸線よりそれぞれ e_s 、 e_s だけ偏心させた場合の水平反力による桁応力は次式で表わされる。(圧縮を正とする)

$$(i) \text{ 合成前 } H_{fs} = -\frac{H_d}{A_s} + \frac{H_d \cdot e_s}{I_s} y_u \quad (\text{鋼桁応力})$$

$$(ii) \text{ 合成後 } H_{fc} = -\frac{H_c}{n A_v} + \frac{H_c \cdot e_s}{n \cdot I_v} y_c \quad (\text{コンクリート応力})$$

$$H_{fcs} = -\frac{H_c}{A_v} + \frac{H_c \cdot e_s}{I_v} y_{sd} \quad (\text{鋼桁応力})$$

垂直荷重による応力を M_{fs} で表せば、水平反力による桁応力との合成応力は、 $\sigma = M_{fs} + H_{fs}$ となる。



(3) 水平反力による単純合成桁の床版コンクリートのクリープ荷重

合成後死荷重による水平反力を H_d' とする。合成桁設計施工指針の符号を用い、又圧縮を正とする

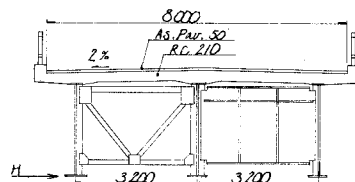
$$H_{Nco} = \frac{A_c \cdot d_c}{n \cdot I_v} H_d' e_s - \frac{A_c}{n \cdot A_v} H_d', \quad H_{Nso} = -\frac{A_c \cdot d_e}{n \cdot I_v} - \frac{A_s}{A_v} H_d'$$

$$H_{Mco} = -\frac{I_c}{n \cdot I_v} H_d' e_s, \quad H_{Mso} = -\frac{I_s}{I_v} H_d' e_s$$

垂直荷重との合成クリープ荷重は $N_{co} = M_{Nco} + H_{Nco}$, $M_{co} = M_{Mco} + H_{Mco}$ で表わされる。

3. 単純合成桁の数値計算例

支間47.0m, 中翼8.0mの単純合成桁に於いて, 斜支承角度を $\varphi = 45^\circ$ とした場合の中桁の応力について, 通常の合成桁と主桁断面及び応力について比較すると下表の如くなる。



	通常の合成桁		斜め支承合成桁									
	鋼桁断面	鋼桁断面		桁重による応力	水平反力による応力	計	乾燥収縮	70-70	計	温度変化	計	
Sec 1. (中央断面)	I-UF 48.0×3.2=153.6 Mst=729 t-m Mc=620" Vst=Hd=61.8 t Vc=Hc=43.0"	I-UF 48.0×3.2=153.6 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 84.0×3.2=268.8 As=629.4	I-UF 48.0×3.2=153.6 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 66.0×3.2=211.2 As=571.8 (91%)	σ_{cu} -40.6 σ_{cl} -22.7 σ_u -1794 σ_l 2248	1.9 -0.6 35 -382	-38.7 -23.3 -1759 1866	5.6 7.0 -230 42	0.5 -0.02 -11 2	-32.6 -16.3 -2000 1910	-3.7 -7.6 -199 36	-36.3 -23.9 -2199 1946	
Sec 2.	I-UF 37.0×2.8=103.6 Mst=556 t-m Mc=473" Vst=Hd=61.8 t Vc=Hc=38.4"	I-UF 37.0×2.8=103.6 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 66.0×3.0=198.0 As=508.6	I-UF 37.0×2.8=103.6 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 50.0×2.8=140.0 As=450.6 (89%)	σ_{cu} -34.4 σ_{cl} -16.7 σ_u -1811 σ_l 2365	2.2 -0.8 61 -493	-32.2 -17.5 -1750 1872	4.4 6.1 -250 57	0.4 -0.1 -10 2	-27.4 -11.5 -2010 1931	-2.5 -6.7 -205 45	-29.9 -18.2 -2215 1976	
Sec 3.	I-UF 27.0×1.5=40.5 Mst=328 t-m Mc=279" Vst=Hd=61.8 t Vc=Hc=35.9"	I-UF 27.0×1.5=40.5 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 40.0×2.5=100.0 As=347.5	I-UF 27.0×1.5=40.5 I-Web 230.0×0.9=207.0 I-LF 31.0×1.5=46.5 As=294.0 (85%)	σ_{cu} -25.8 σ_{cl} -7.5 σ_u -1930 σ_l 2765	1.8 -3.4 170 -910	-24.0 -10.9 -1760 1855	2.5 4.6 -278 100	0.2 -0.2 -8 5	-21.3 -6.5 -2046 1960	-0.6 -5.6 -212 75	-21.9 -12.1 -2258 2035	
				許容応力		σ_{ua} -1800 σ_{la} 1900			-2070 1995		-2340 2280	

Sec. 3

Sec. 2

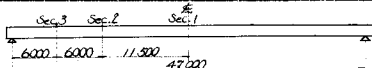
Sec. 1

6000

6000

11,500

2



上表から, 鋼桁の上フランジ及びウェブは通常の合成桁と全く同じで, 下フランジが46~79%減少し, 各断面の鋼桁断面積は85~91%に減少していることが分かる。支間47.0m及び30.0mの2通について, 通常の合成桁に対する経済性を比較すると, 主桁1本当り鋼重は $\frac{20.9}{23.0} = 90.9\%$ (47.0m), $\frac{7.8}{8.6} = 90.7\%$ (30.0m) に減少し, 単純合成桁1連当り (皆除く) 鋼重は $\frac{68.5}{74.6} = 91.8\%$ (47.0m), $\frac{29.3}{31.8} = 92.1\%$ (30.0m) に減少して, 支間長に関わらず総鋼重に於て, 8%程度の経済性が生ずることが分かる。

4. 温度変化

温度変化により斜め可動支承部は桁端が上下する。従って本型式は偶数スパンを有するものに適用し, 斜め可動支承は橋脚上におく必要がある。今, 桁端上下による縦断勾配の変化を見ると

$$\Delta l = \pm \frac{l}{2000}, \quad \Delta h = \pm \Delta l \cdot \tan \varphi, \quad \varphi = 45^\circ \text{ の場合 } \Delta h = \pm \frac{l}{2000}, \quad \frac{\Delta h}{l} = 0.05\%$$

となるので, 縦断勾配の変化は0.05%で実用的に無視出来る数値である。

5. 考察

斜め支承の水平反力によるフレストレス効果を単純合成桁に適用して見て, 何れも支障なく, 且つ, 極めて経済的であることが分った。下記の要に考慮すればそのメリットは更に増大するであろう。

- 桁間隔を出来るだけ大きくとり, 桁本数を少なくする。
- 桁高制限を有し, 通常の合成桁で設計困難な場合。
- 上部工水平反力の影響を少なくするため, 地盤が比較的に良好であること。

この方法は他の橋梁型式に適用しても極めて効果的であることが推測される。最後に著者の発想に御支援下された九大工博山崎教授に謝意を表します。