

I - 5

連続PC合成桁の主桁プレストレスによる応力解析

岩手大学工学部 正員 宮本 裕 ○正員 岩崎正二 正員 出戸秀明
東洋建設株式会社 柳沼利信

1. まえがき

自動車専用道路の建設において、工期を短縮し高品質のプレキャスト部材を活用するために、プレキャストPC桁と現場打ち床版を組み合わせたプレストレストコンクリート合成桁（PC合成桁）が広く用いられている。

筆者らはこれまで、鋼合成桁の解法として剛性マトリックス法（変位法・変形法）による解法を発表してきた³⁾。これらの成果をさらにPC合成桁の乾燥収縮応力解析にまで発展させて、拡張された連続合成桁の一般理論を提案してきた⁴⁾。その際連続合成桁に関する基本式は彦坂によるものを用いた。この論文では今までの著者らの理論をさらに押し進めて、従来の研究で残した部分（主桁プレストレス応力解析）を発表する。

2. 解析理論

記号および断面諸値

この論文で用いられる記号と断面諸値は文献²⁾に従う（詳細は省略）。

合成桁に作用する外力としてのモーメント M_0 と合成断面の重心に働く軸力 N_0 が与えられると、各断面への配分量は次式で求められる。

$$M_{10} = \frac{I_1}{I_v} M_0, \quad N_{10} = \frac{\alpha_2}{\alpha} N_0 + \frac{A_1 \alpha_1}{I_v} M_0, \quad M_{20} = \frac{I_2}{n I_v} M_0, \quad N_{20} = \frac{\alpha_1}{\alpha} N_0 - \frac{A_1 \alpha_1}{I_v} M_0 \quad (1)$$

この式(1)の断面力による応力が次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} \text{主桁下縁 } \sigma_{10} &= \frac{N_{10}}{A_1} + \frac{M_{10}}{I_1} y_1, & \text{主桁上縁 } \sigma_{10}' &= \frac{N_{10}}{A_1} - \frac{M_{10}}{I_1} y_1', \\ \text{床版下縁 } \sigma_{20} &= \frac{N_{20}}{A_2} + \frac{M_{20}}{I_2} y_2, & \text{床版上縁 } \sigma_{20}' &= \frac{N_{20}}{A_2} - \frac{M_{20}}{I_2} y_2', \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

時刻 $t=0$ のときの各断面に分配された断面力 M_{10} 、 N_{10} 、 M_{20} 、 N_{20} はコンクリートのクリープおよび収縮により M_{1t} 、 N_{1t} 、 M_{2t} 、 N_{2t} だけ変化して、応力は次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} \text{主桁下縁 } \sigma_{1t} &= \frac{N_{1t}}{A_1} + \frac{M_{1t}}{I_1} y_1, & \text{主桁上縁 } \sigma_{1t}' &= \frac{N_{1t}}{A_1} - \frac{M_{1t}}{I_1} y_1', \\ \text{床版下縁 } \sigma_{2t} &= \frac{N_{2t}}{A_2} + \frac{M_{2t}}{I_2} y_2, & \text{床版上縁 } \sigma_{2t}' &= \frac{N_{2t}}{A_2} - \frac{M_{2t}}{I_2} y_2', \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

3. 計算例

Fig.1のような3径間連続PC合成桁を考える。これは日本道路公団が採用しているPC連続合成桁（変断面、支間 35m+35m+35m）の一例であり、参考文献²⁾の計算例と比較することができる。その施工順序は次のとおりである。

- (1) 主桁を製作ヤードで作製し、プレストレッシングを行う。
- (2) プレストレッシングを完了した主桁を、約90日後に単純桁として橋脚上の仮支承上に置く。横桁コンクリートを打設、緊張する。
- (3) 支点上の横桁を打設して主桁の連結ケーブルを緊張する。
- (4) 1次床版を打設して床版ケーブルを緊張する。
- (5) 2次床版を打設する。
- (6) 地覆、高欄、舗装工事を実施する。

Table 1 Geometrical moment of inertia and other measurements

断面	0, 10	1, 9, 11	2~8, 12~15
A_1 (cm ²)	12637	9536	6748
I_1 (cm ⁴)	3.921×10^7	3.427×10^7	3.053×10^7
I_v (cm ⁴)	7.357×10^7	6.626×10^7	5.957×10^7
α_1 (cm)	27.4	33.5	42.7
α (cm)	98.4	99.2	101.8
y_1 (cm)	96.9	96.2	93.6
y_1' (cm)	93.1	93.8	96.4
α	0.3861	0.3438	0.2961
$\bar{\alpha}$	0.7217	0.6618	0.5807

主桁のPC鋼材断面積は $A_p=66.89\text{cm}^2$,
床版断面は $A_2=5248\text{cm}^2$,

$I_2=3.01 \times 10^5\text{cm}^4$ で、他の断面諸値は
Table 1 のようになる。

また材料の諸定数は $E_1=3.5 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$,
 $E_2=3.25 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$, $n=E_1/E_2=$

1.08, $S_n=9 \times 10^{-5}$ であり、クリープ係数
は参考文献4) にならって、① $\varphi_1=0.8$,
 $\varphi_2=2$, ② $\varphi_1=0.4$, $\varphi_2=4$ とした。

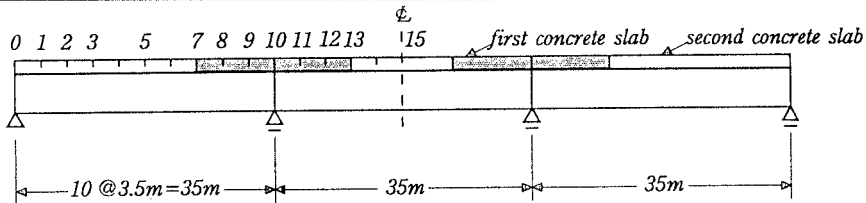


Fig.1 Three-spanned continuous composite prestressed concrete girder

(2) 主桁プレストレスによるクリープ応力

計算開始時刻 $t=0$ におけるPC鋼材の平均引張応力度を 80kgf/mm^2 とすれば、鋼材緊張力は $80 \times 66.89 \times 10^2 = 535.1 \times 10^3\text{kgf} = 535.1\text{tf}$ となり、主桁プレストレスのみによるクリープの影響を解析する場合のPC合成桁の初期断面力は、 $N_{10} = -535.1\text{tf}$, $N_{20} = M_{20} = 0$ で曲げモーメント $M_{10} = P \cdot e$ である。ここに P はPC鋼材の有効緊張力であり、 e はPC鋼材の主桁の重心からの偏心距離である。

これより式(2)で初期応力 σ_{10} , σ_{10}' , σ_{20} , σ_{20}' を求められる。次に式(3)を使ってクリープ応力が求められる。これらの応力を合計したものが Table 2 である。

Table 2 Prestressed stress (kgf/cm²)

	断面	5			10			15		
クリープ係数	応力	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}
$\varphi_1=0.8$	彦坂 ⁴⁾	37.7	-34.9	0.8	38.9	-17.1	-25.6	67.8	-48.0	-11.7
$\varphi_2=2$	本方法	36.4	-34.1	0.8	37.0	-16.8	-25.4	65.2	-46.4	-12.3
$\varphi_1=0.4$	彦坂 ⁴⁾	19.5	-19.8	0.7	22.3	-14.4	-9.1	35.7	-30.0	-3.9
$\varphi_2=4$	本方法	18.8	-19.3	0.9	21.7	-13.9	-9.3	34.2	-28.9	-3.6

Table 2 を見ると、2つの方法による計算結果はかなりよく一致している。

4. あとがき

彦坂の提案した連続合成桁に関する一般的理論を、これを変位法で解析し、主桁プレストレスによるクリープ応力の計算結果を示した。本研究の一部は著者らの共同研究であり、今後もこの研究を続ける予定である。

参考文献

- 彦坂:変断面連続合成桁橋のクリープおよび収縮応力解法, 土木学会論文報告集, No. 199, pp. 21-31, 1972.
- 彦坂:PC合成連続桁のクリープおよび収縮応力解析, プレストレストコンクリート, Vol. 15, No. 3, pp. 20-28, 1973.
- 渡辺・宮本・小嶋:剛性マトリックスによる連続合成桁の乾燥収縮および温度差応力解析, 橋梁と基礎, Vol. 12, No. 6, pp. 13-17, 1978.
- 宮本・川上・小泉・石田:剛性マトリックス法によるPC連続合成桁の乾燥収縮応力解析, 土木学会編構造工学論文集 Vol. 36A, pp. 1685-1292, 1990.