

I - 24 剛性マトリックス法によるPC連続合成桁のプレストレス応力解析

岩手大学工学部 学生員 ○沖野 智章

岩手大学工学部 正 員 宮本 裕

岩手大学工学部 正 員 岩崎 正二

1. ま え が き

連続合成桁の応力解析に関して、筆者らはこれまで、鋼合成桁についての剛性マトリックスを用いた変形法によるものを発表してきた。PC合成桁については、乾燥収縮応力については発表済みである。本報告では、PC合成桁の主桁プレストレスによるクリープ応力解析をし、それを彦坂氏の実用式による応力法の解と比較検討し、理論の妥当性を確かめたものである。

2. 解 析 理 論

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初期断面力は、 N_{10} は $t=0$ における鋼材緊張力により求められ、 $N_{20}=M_{20}=0$ で、 M_{10} はPC鋼材の曲線配置により、偏心距離を e 、鋼材緊張力を P として単純に $M_{10}=P \times e$ で求められる。

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} だけ変化するが、PC連続合成桁では2次不静定モーメントが発生するため、これらの変化量は2次不静定モーメントが生じない場合の解と、2次不静定モーメントに起因する量との和になる。

$$M_{1t} = M_{1t}^0 + M_{1tt}, \quad N_{1t} = N_{1t}^0 + N_{1tt} = -N_{2t}, \quad M_{2t} = M_{2t}^0 + M_{2tt}, \quad N_{2t} = N_{2t}^0 + N_{2tt} \quad (1)$$

ここで、 M_{1t}^0 、 N_{2t}^0 、 M_{2t}^0 は、それぞれ以下の式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} M_{1t}^0 &= \alpha N \frac{\varphi^2}{\varphi} \{1 - \text{EXP}(-\alpha \varphi)\}, \quad N_{2t}^0 = -N_{1t}^0 = N \frac{\varphi^2}{\varphi} \{1 - \text{EXP}(-\alpha \varphi)\} \\ M_{2t}^0 &= \left\{ \frac{m I_2}{n I_1} M_{10} - M_{20} \right\} \{1 - \text{EXP}(-\varphi_2)\} \\ &\quad + \frac{I_2}{n I_1} \alpha N \frac{\alpha}{1 - \alpha} \{1 - \text{EXP}(-\varphi_2) - \frac{\varphi^2}{\varphi} (1 - \text{EXP}(-\alpha \varphi))\} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\text{ただし, } N = -N_{20} + \frac{m A_2}{n A_1} (N_{10} - \frac{A_1 \alpha}{I_1} M_{10}), \quad m = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} \quad (m \text{ は定数})$$

$$\alpha = 1 / \left\{ 1 + \frac{A_2}{n A_1} \left(1 + \frac{A_1 \alpha^2}{I_1} \right) \right\}, \quad \varphi = \left(1 + \frac{1 - \alpha}{\alpha} m \right) \varphi_2 = \varphi_2 + \frac{1 - \alpha}{\alpha} \varphi_1$$

φ_1 、 φ_2 は $t=0$ 以降のプレキャスト桁および床版のクリープ係数とする。

さらに M_{1tt} 、 N_{2tt} 、 M_{2tt} は、それぞれ文献²⁾では応力法で計算している。

これに対して、変形法では M_{1tt} 、 N_{2tt} 、 M_{2tt} を剛性マトリックスを用いて求めることができる。

$$\begin{Bmatrix} Q_v(0)/E_1 I_v \\ M_v(0)/E_1 I_v \\ Q_v(l)/E_1 I_v \\ M_v(l)/E_1 I_v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 12/l^3 & -6/l^2 & -12/l^3 & -6/l^2 \\ & 4/l & 6/l^2 & 2/l \\ & & 12/l^3 & 6/l^2 \\ & & & 4/l \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} y(0) \\ y'(0) \\ y(l) \\ y'(l) \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} (\bar{M}_{1t}^0(1) - \bar{M}_{1t}^0(2))/(E_1 I_1 l) \\ -\bar{M}_{1t}^0(1)/E_1 I_1 \\ (\bar{M}_{1t}^0(2) - \bar{M}_{1t}^0(1))/(E_1 I_1 l) \\ \bar{M}_{1t}^0(2)/E_1 I_1 \end{Bmatrix}$$

ただし、 $M_{1t}^0 = \{1 - \text{EXP}(-\varphi_1)\} M_{10} + M_{1t}^0$ として変形法で求めた M_v から $M_{1tt} = M_v (I_1 / I_v)$ として求めることができる。 N_{2tt} を求めるには、上記の剛性マトリックスの荷重項において M_{1t}^0 の代わりに

$$\bar{N}_{2t}^0 = \alpha M_{1t}^0 \frac{\alpha}{\alpha - \alpha} - \{1 - \text{EXP}(-\alpha \varphi')\} \left(\alpha N \frac{\varphi^2}{\varphi} \frac{\alpha}{\alpha - \alpha} + \frac{\varphi_1}{\varphi} M_{10} \right)$$

$N_{2tt} = \frac{A_2 a}{n I_1} (M_v \frac{I_1}{I_v})$ として求まる。ただし $\bar{\alpha} = 1 / (1 + \frac{A_2}{n A_1})$, $\varphi' = \varphi_2 + (\frac{1 - \bar{\alpha}}{\bar{\alpha}}) \varphi_1$ とする。

同様に M_{2tt} を求めるには, M_{1t}^0 の代わりに

$\bar{M}_{2t}^0 = (1 - \text{EXP}(-\varphi_2)) (\alpha N \frac{\alpha}{1 - \alpha} + m M_{10}) - M_{1t}^0 \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ を代入して求めた M_v から

$M_{2tt} = \frac{I_2}{n I_1} (M_v \frac{I_1}{I_v})$ として求めることができる。

これによって, 式(3)の断面力変化量が求められれば, クリープ応力が次式で算定される。

主桁下縁 $\sigma_{1t} = \frac{N_{1t}}{A_1} + \frac{M_{1t}}{I_1} y_1$, 主桁上縁 $\sigma_{1t}' = \frac{N_{1t}}{A_1} - \frac{M_{1t}}{I_1} y_1$,

床版下縁 $\sigma_{2t} = \frac{N_{2t}}{A_2} + \frac{M_{2t}}{I_2} y_2$, 床版上縁 $\sigma_{2t}' = \frac{N_{2t}}{A_2} - \frac{M_{2t}}{I_2} y_2$,

3. 計算例

Fig. 1 のような変断面3径間連続合成桁について, 本報告の剛性マトリックス法による値と文献²⁾による値とを比較した。

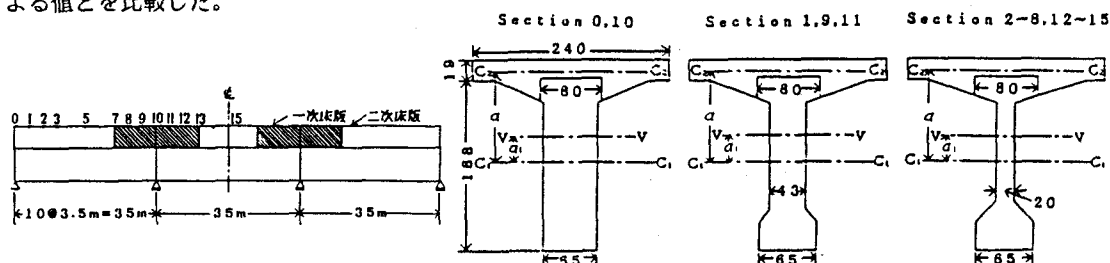


Fig. 1

Table 1

主桁のヤング係数 $E_1 = 3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 床版のヤング係数 $E_2 = 3.25 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

桁上の位置	⑤			⑩			⑮		
応力 (kg/cm ²)	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}'	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}'	σ_{1t}	σ_{1t}'	σ_{2t}'
$\varphi_1=0.8$ 本報告	36.4	-34.1	0.8	37.0	-16.8	-25.4	65.2	-46.4	-12.3
$\varphi_2=2.0$ 彦坂氏	37.7	-34.9	0.8	38.9	-17.1	-25.6	67.8	-48.0	-11.7
$\varphi_1=0.4$ 本報告	18.8	-19.3	0.9	21.7	-13.9	-9.3	34.2	-28.9	-3.6
$\varphi_2=4.0$ 彦坂氏	19.5	-19.8	0.7	22.3	-14.4	-9.1	35.7	-30.0	-3.9

クリープ係数差が比較的小さいものと大きいものを例に挙げたが, 本報告と彦坂氏による値はよく一致している。

【参考文献】

- 1) 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, 1972
- 2) 彦坂: PC 連続合成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, June 1973
- 3) 宮本, 渡辺: 変断面連続合成桁のPC鋼材によるプレストレスのクリープ応力解析, 土木学会第35回年次学術講演会講演概要集 I-33, 1980
- 4) Miyamoto: Berechnung des Durchlaufverbundträgers mit Hilfe des Weggrößenverfahrens, FG Werkstoffmechanik TH Darmstadt FF-7/ 1982
- 5) 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, 土木学会構造工学論文集 Vol.36A, 1990