

I-245 プレストレス応力を例とするPC連続合成桁の剛性マトリックス解析

岩手大学工学部	正 員	宮本 裕
岩手県庁土木部	正 員	沖野智章
秋田大学鉱山学部	正 員	川上 洵
岩手大学工学部	正 員	岩崎正二

1. ま え が き

プレキャスト部材と場所打ちコンクリートを組み合わせた、PC連続合成桁の応力解析に関して、著者らはこれまで、乾燥収縮応力については発表済みである⁵⁾。そこでは同時に彦坂の実用式²⁾による応力法に対応する剛性マトリックス法(変位法)の一般式を提案し、特別な場合、つまり主桁のクリープを無視した場合は、著者らがすでに発表した鋼合成桁の解⁴⁾に一致することを確かめてある。

著者らの提案した一般式によると、乾燥収縮差による応力、主桁プレストレスによる応力、主桁自重による応力、床版自重による応力などの解析は、理論的にはそれぞれ可能であるが、具体的に解を求め既存の応力法と比較することは、今後の研究の基礎として重要である。

したがって本報告では、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行い、それを彦坂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ことを発表する。

2. 解 析 理 論

ここでは、脚字1はプレキャスト主桁、脚字2は場所打床版に関する量を表す。

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。

$$M_{10} = \frac{I_1}{I_v} M_0, \quad N_{10} = \frac{a_2}{a} N_0 + \frac{A_1 a_1}{I_v} M_0, \quad M_{20} = \frac{I_2}{n I_v} M_0, \quad N_{20} = \frac{a_1}{a} N_0 - \frac{A_1 a_1}{I_v} M_0 \quad (1)$$

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。

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

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

$$\left. \begin{aligned} M_{1t}^0 &= \alpha N \frac{\varphi^2}{\varphi} \{1 - \exp(-\alpha \varphi)\}, \quad N_{1t}^0 = -N_{2t}^0 = N \frac{\varphi^2}{\varphi} \{1 - \exp(-\varphi_2)\} \\ M_{2t}^0 &= \left(\frac{m I_2}{n I_1} M_{10} - M_{20} \right) \{1 - \exp(-\varphi_2)\} \\ &\quad + \frac{I_2}{n I_1} \alpha N \frac{\alpha}{1 - \alpha} \{1 - \exp(-\varphi_2)\} \frac{\varphi^2}{\varphi} - (1 - \exp(-\alpha \varphi)) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\text{ただし, } N = \frac{E_2 A_2 S_n}{\varphi_{2n}} - N_{20} + \frac{m A_2}{n A_1} (N_{10} - \frac{A_1 a}{I_1} M_{10}), \quad m = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} \quad (m \text{ は定数})$$

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

また 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、さらに $t \rightarrow \infty$ における両者の乾燥収縮ひずみ差を S_n 、 φ_2 の終局値を φ_{2n} とする。

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。なお当然 $S_n=0$ 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のに対して、ここでは、次の剛性マトリックスを用いる。

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

ここで、剛性マトリックスの荷重項として $\bar{M}_{1t}^0 = \{1 - \exp(-\varphi_1)\} M_{10} + M_{1t}^0$ とおく。この剛性マトリックスを用いて Q_v と M_v が求められるが、その M_v から、 $M_{1tt} = M_v(I_1/I_v)$ として M_{1tt} を計算することができる。詳しくは文献⁵⁾を参照されたい。

3. 計算例

Fig. 1のような日本道路公団が採用した、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。ここで $P = 535.1 \text{ t}$ (5244 kN)とする。

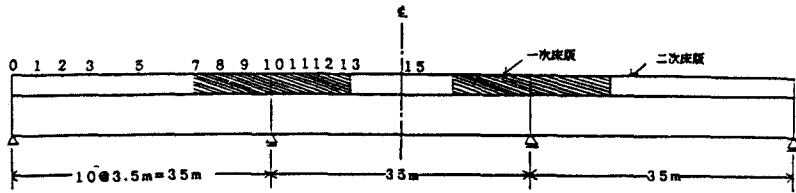


Fig. 1

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

ここでは、クリープ係数差が比較的小さいものと大きいものとを例にあげたが、文献²⁾の全体の結果についても、本報告と彦坂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析, 土木学会論文報告集, No. 199, 1972
- 2) 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, 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