

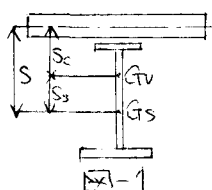
石川島播磨重工業(株) 正〇小嶋 初徳

北大 正渡 迅 昇

岩手大 正宮 本 裕

1 まえがき 連続合成桁における中間支点附近に生じる負の曲げモーメントを処理する方法に支点移動法がある。この場合、連続合成桁の各部に生じる応力の従来の解析法として文献1を参照、これに、これらの方法は変断面を有する多径間の連続合成桁の場合には、ほぼほぼ複雑になる欠点がある。ここで電子計算機に適した剛性マトリックス法を使えば、これらの欠点を補うことができる。

2. 断面諸値と記号

 E_c = コンクリートのヤング係数 E_s = 鋼のヤング係数 $n = E_s/E_c$ I_s = 鋼桁の断面二次モーメント A_s = 鋼桁の断面積 I_c = コンクリート床版の断面二次モーメント A_c = コンクリート床版の断面積 I_v = 合成桁の断面二次モーメント A_v = 合成桁の断面積 ϕ = フリーフォーム係数

3. 剛性マトリックスの誘導

一般の桁の微分方程式

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = 0$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = C_1$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = C_1 \cdot x + C_2$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{1}{2} C_1 \cdot x^2 + C_2 \cdot x + C_3$$

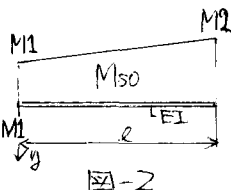
$$y = \frac{1}{8} C_1 \cdot x^4 + \frac{1}{2} C_2 \cdot x^3 + C_3 \cdot x^2 + C_4$$

 M_{s0} の傾く桁の微分方程式

$$M - EI \frac{d^4 y}{dx^4} = M_{s0} = \frac{M_2 - M_1}{l} x + M_1$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{M_2 - M_1}{2lEI} \cdot x^2 - \frac{M_1}{EI} \cdot x + D_1$$

$$y = -\frac{M_2 - M_1}{6lEI} \cdot x^3 - \frac{M_1}{2EI} \cdot x^2 + D_1 \cdot x + D_2$$

 M_{s0} による断面力はなにも考えず。

荷重体系が2つあり、これらを重ね合わせる

$$y(x) = \frac{1}{8} A_1 x^4 + \frac{1}{2} A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 - \frac{M_2 - M_1}{6lEI} x^3 - \frac{M_1}{2EI} x^2$$

$$y(x) = \frac{1}{8} A_1 x^4 + A_2 x^3 + A_3 x^2 - \frac{M_2 - M_1}{2lEI} x^3 - \frac{M_1}{EI} x^2$$

$$\frac{M(x)}{EI} = -y''(x) = -A_1 x - A_2$$

$$\frac{Q(x)}{EI} = -y'''(x) = -A_1$$

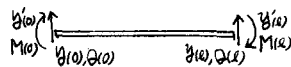
 $x=0$ で $y=y(0)$, $y' = y'(0)$, $M=M(0)$, $Q=Q(0)$ より A_1, A_2, A_3 , A_4 を求め、 $x \cdot l$ としマトリックスで表わし変換して剛性マトリックスを得る。

4. 解析方法 図-3に示す等断面・等径間の2径間連続合成桁を例として解析手順を説明する。

1. 図3(a)のように連続合成桁の鋼桁部を架設し、その後図-3(b)のように中間支点をJack-upする。

鋼桁に生じる応力は剛性マトリックスを使って次のように解析できる。

$$\begin{bmatrix} Q_A \\ M_A \\ Q_B \\ M_B \end{bmatrix} = EI_s \begin{bmatrix} 12/l^3 - 6/l^2 & 12/l^3 - 6/l^2 & 4/l & 6/l^2 \\ 4/l & 6/l^2 & 2/l & 3/l \\ \text{Sym.} & & & \\ 12/l^3 - 6/l^2 & 12/l^3 - 6/l^2 & 4/l & 6/l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_A \\ y_A' \\ y_B \\ y_B' \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} Q_B \\ M_B \\ Q_C \\ M_C \end{bmatrix} = EI_s \begin{bmatrix} 12/l^3 - 6/l^2 & 12/l^3 - 6/l^2 & 4/l & 6/l^2 \\ 4/l & 6/l^2 & 2/l & 3/l \\ \text{Sym.} & & & \\ 12/l^3 - 6/l^2 & 12/l^3 - 6/l^2 & 4/l & 6/l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_B \\ y_B' \\ y_C \\ y_C' \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} \Sigma Q_A \\ \Sigma M_A \\ \Sigma Q_B \\ \Sigma M_B \\ \Sigma Q_C \\ \Sigma M_C \end{bmatrix} = EI_s \begin{bmatrix} 12/l^3 & -6/l^2 & -12/l^3 & -6/l^2 & 0 & 0 \\ -6/l^2 & 4/l & 6/l^2 & 2/l & 0 & 0 \\ -12/l^3 & 6/l^2 & 24/l^3 & 0 & -12/l^3 & -6/l^2 \\ -6/l^2 & 2/l & 0 & 8/l & 6/l^2 & 2/l \\ 0 & -12/l^3 & 6/l^2 & -12/l^3 & 6/l^2 & 0 \\ -6/l^2 & 2/l & 6/l^2 & 4/l & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_A \\ y_A \\ y_B \\ y_B \\ y_C \\ y_C \end{bmatrix} - \Delta \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 6/l^2 \\ -6/l^2 \end{bmatrix} = EI_s \begin{bmatrix} 4/l & 6/l^2 & 2/l & 0 \\ 2/l & 0 & 8/l & 2/l \\ 0 & -6/l^2 & 2/l & 4/l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_A' \\ y_B' \\ y_C' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_A' \\ y_B' \\ y_C' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3\Delta/2l \\ 0 \\ -3\Delta/2l \end{bmatrix}$$

この様にして求めた未知節点変位を各剛性マトリクスAに代入して断面力は求められる。

$$M_B = -\frac{3}{l^2} \Delta \cdot EI_s$$

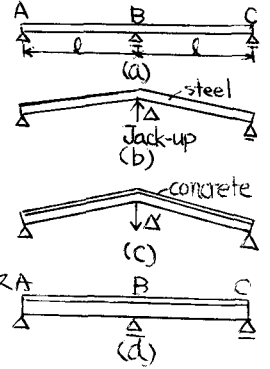


図-3

Ⅰ 図-3(c)のようにJack-upしたまま床版部にコンクリートを打設し適当な後図-3(a)のようにJack-downさせる。この場合Ⅰと同様の計算法により、合成断面の各部に生じる曲げモーメント M_v は求められる。ここで支点Bには下降量を Δ' 、断面2次モーメントを I_v とすればよい。この曲げモーメント M_v を合成断面の各部に弾性配分する。

$$N_{co} = N_{so} = M_v \cdot \frac{S_c \cdot A_c}{I_v}$$

$$M_{co} = M_v \cdot \frac{I_c}{I_v}$$

$$M_{so} = M_v \cdot \frac{I_s}{I_v}$$

Ⅱ クリープ

i) 単純合成桁の場合

$$\alpha = \frac{A_s \cdot E_s}{A_v \cdot E_v}$$

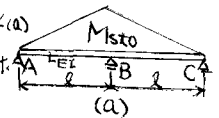
$$N_{cto} = N_{sto} = N_{co} \cdot (1 - e^{-\alpha t})$$

$$M_{cto} = M_{co} (1 - e^{-\alpha t}) - \frac{S_c \cdot I_c}{n \cdot I_s} \cdot N_{co} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})$$

$$M_{sto} = S \cdot N_{sto}$$

ii) 単純合成桁とした場合、鋼桁に生じた曲げモーメント M_{sto} を荷重とした図-4(a)

のような連続桁を考え、そこで表わした剛性マトリクスを使い、曲げモーメント M_{stc} を求める。(図-4(b))



iii) ii) で求めた曲げモーメント M_{stc} に I_v/I_s を乗じ、合成断面に換算した曲げモーメント M_{vct} を求める。(図-4(c))



iv) 合成断面の各部の断面力 $N_{ct} = N_{st} = N_{ct}(t=0) - N_{ct}(t=\infty)$

$$M_{ct} = M_{ct}(t=0) - M_{ct}(t=\infty), \quad M_{st} = M_{st}(t=0) + M_{st}(t=\infty)$$

$$t=0$$

$$t=\infty$$

$$N_{ct}(t=0) = M_{vct} \cdot \frac{S_c \cdot A_c}{n \cdot I_v}$$

$$N_{ct}(t=\infty) = N_{ct}(t=0) \cdot \left(\frac{e^{-\alpha t}}{\alpha} + \rho n - \frac{1}{\alpha} \right) \frac{1}{\rho n}$$

$$M_{ct}(t=0) = M_{vct} \cdot \frac{I_c}{n \cdot I_v}$$

$$M_{ct}(t=\infty) = M_{ct}(t=0) \cdot \left\{ \left(\frac{e^{-\alpha t}}{\alpha} - 1 + \frac{e^{-\beta t}}{1 - \alpha} \right) \frac{S_c \cdot A_c \cdot \rho c}{n \cdot I_s} + e^{-\beta t} + \rho n - 1 \right\} \frac{1}{\rho n}$$

$$M_{st}(t=0) = M_{vst} \cdot \frac{I_s}{I_v}$$

$$M_{st}(t=\infty) = N_{ct}(t=\infty) \cdot S$$

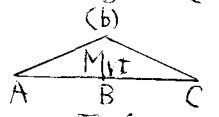


図-4

v) クリープによる連続合成桁の断面力

$$N_c = N_s = N_{co} + N_{ct}$$

$$M_c = M_{co} + M_{ct}$$

$$M_s = M_{so} + M_{st}$$

5. 計算例

連続合成桁(長洲橋)の支点、下降クリープ応力

(参考文献) 1) 橋、連続合成桁橋, 理工図書

2) 川島 宮本, 剛性マトリクスによる連続桁の支点下降応力解析, 昭和2. 東に支部概要集

		SATLER	$n(1+\rho)$	橋	安宅	BLASZK-OWIAK	WALTER	本方法
4	σ_{cu}	-13.9	-17.4	-13.5	-12.8	-14.9	-19.9	-10.2
	σ_{cl}	-10.3	-10.5	-10.7	-12.5	-9.4	-0.1	-9.0
	σ_{su}	-250.	-221.	-203.	-253.	-250.	-240.	-220.
	σ_{sl}	491.	448.	420.	415.	421.	400.	336.
10	σ_{cu}	-32.1	-42.6	-36.0	-27.8	-35.4	-55.0	-32.6
	σ_{cl}	-25.8	-23.4	-24.8	-28.7	-20.6	4.3	-25.4
	σ_{su}	-568.	-491.	-483.	-572.	-553.	-579.	-549.
	σ_{sl}	1398.	1480.	1368.	1305.	1395.	1451.	1407.