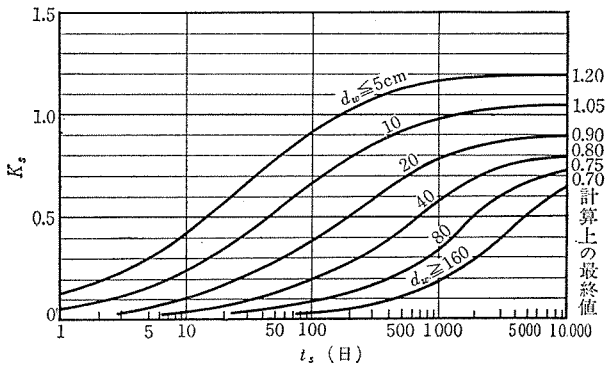




表一 基準フロー値および基準乾燥収縮度

部材の状態	大気 の 相対湿度 %	基準乾燥 収縮度 $\epsilon_{s,0}$	基 準 フ ロー 値 $\phi_0$	有 効 厚 に 対 す る 係 数 $C$
水 中	—	$+10 \cdot 10^{-5}$	0.8	30
著しく湿潤な大気中	90	$-10 \cdot 10^{-5}$	1.3	5
一般の屋外	70	$-25 \cdot 10^{-5}$	2.0	1.5
乾燥した大気中	40	$-40 \cdot 10^{-5}$	3.0	1

コンシステンシーの範囲が K1 の場合あるいは K3 の場合には  $\phi_0$  および  $\epsilon_{s,0}$  の値を約 25% 減じ、あるいは増加する。



図一三 乾燥収縮度曲線

次に乾燥収縮度は次式で表わされる。

$$\epsilon_{st} = \epsilon_{s0}(K_{st} - K_{sa}) \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $\epsilon_{s0}$  : 基準乾燥収縮度であり、環境条件およびコンクリートのコンシステンシーに影響される

$K_{st}$  : 乾燥収縮値の有効部材厚および時間に影響する係数

$t$  : 求める時刻までのコンクリートの有効材令 (コンクリートの硬化時の温度等に影響される)

$a$  : 考慮しはじめる時のコンクリートの有効材令

$\epsilon_{s0}$ ,  $K_s$  の値は表一、図一三 に示される。

### 3. 各構造系におけるクリープにより発生する不静定力の計算例

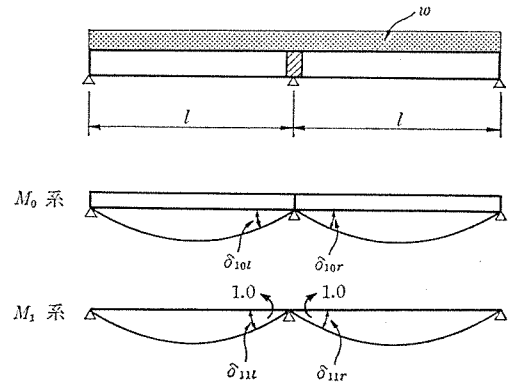
#### (1) 単純桁を支点上で連結する場合 (図一四)

同材令の単純桁を架設し、中間支点上の連結した場合のクリープによる不静定モーメントを計算する。

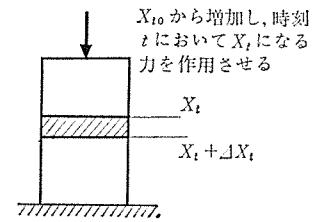
まず発生する不静定力による変形量を計算するために図一五のようなコンクリート供試体を考える。

$X_t$  から  $X_t + \Delta X_t$  の間のクリープ+弾性変形は次の3項より成り

- 1)  $X_t$  によるフロー値  $\dots\dots\dots X_t \delta_{11} d\phi$
- 2)  $\Delta X_t$  による遅れ弾性  $\dots\dots\dots 0.4 \Delta X_t \delta_{11}$



図一四 単純桁を支点上で連結する場合の構造系



図一五 不静定力による変形量の計算のためのモデル図

3)  $\Delta X_t$  による弾性  $\dots\dots\dots \Delta X_t \delta_{11}$

となる。

ゆえに  $X_t$  から  $X_t + \Delta X_t$  の間における変形量は

$$X_t \delta_{11} d\phi + 0.4 \Delta X_t \delta_{11} + \Delta X_t \delta_{11} = X_t \delta_{11} d\phi + 1.4 \Delta X_t \delta_{11}$$

時刻  $t$  において  $dt$  間、すなわち  $d\phi$  間における連続条件は

$$\delta_{10} d\phi + X_t \delta_{11} d\phi + 1.4 \Delta X_t \delta_{11} = 0 \dots\dots\dots (3a)$$

ここに  $\phi$  : クリープフロー値

$\delta_{10}$  : 荷重項

$\delta_{11}$  : 性状係数

$\phi' = \frac{\phi}{1.4}$ ,  $X_L = -\frac{\delta_{10}}{\delta_{11}}$  とおき (3a) 式をまとめると

$$-X_L d\phi' + X_t d\phi' + dX_t = 0$$

一般解は

$$X_t - X_L = C \cdot e^{-\phi'} \dots\dots\dots (3b)$$

遅れ弾性が初期にすべて終了すると仮定すると、初期条件として、 $\phi=0$  のとき、すなわち  $\phi'=0$  のとき、

$$X_{t0} = \frac{0.4}{1.4} X_L \dots\dots\dots (3c)$$

とおけば、 $C = -\frac{1}{1.4} X_L$

ゆえにクリープによる不静定力  $X_t$  は

$$X_t = X_L \left( 1 - \frac{e^{-\phi'}}{1.4} \right) \dots\dots\dots (3)$$

ここに  $X_L$  : 同時施工の場合の支点モーメントとなる。

報 告

計算例として、スパン  $l=25.0$  m, 桁の架設時の材令 50 日, フロー基準値  $\phi_0=2.0$  の場合のクリープによる不静定モーメント  $X_t$  を計算する。

有効部材厚  $d=20$  cm, 早強セメント使用の場合のフロー値は 図-1 より

$$\phi = 2.0 \times (1.55 - 0.85) = 1.4$$

$$\phi' = \frac{1.4}{1.4} = 1.0$$

$$\delta_{10} = 13\,020, \delta_{11} = 16.67$$

$$X_L = -\frac{\delta_{10}}{\delta_{11}} = -781 \text{ t}\cdot\text{m}$$

クリープにより発生する不静定モーメントは

$$\begin{aligned} X_t &= -781 \times \left(1 - \frac{e^{-1.0}}{1.4}\right) \\ &= -781 \times 0.737 \\ &= -576 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

となる。

(2) 材令差のある場合 (分割施工の場合) (図-6)

2 径間連続桁を施工段階に分けて施工する場合のクリープによる不静定モーメントを計算する。

フロー値は,

$$\phi_l = \phi_l - 0.4$$

$$\phi_r = \phi_r - 0.4$$

$$\alpha = \frac{\phi_l}{\phi_r}$$

$$\delta_{10} = \delta_{10l} + \delta_{10r} \text{ (荷重項)}$$

$$\delta_{11} = \delta_{11l} + \delta_{11r} \text{ (性状係数)}$$

材令差を考慮した荷重項, 性状係数は

$$\delta_{10}^* = \alpha \delta_{10l} + \delta_{10r}$$

$$\delta_{11}^* = \alpha \delta_{11l} + \delta_{11r}$$

とおく。

図-7 のコンクリート供試体を考える。

$4X_t$  間におけるクリープ+弾性による変形量は

- 1)  $X_t$  によるフロー値  $\dots\dots\dots X_t(\alpha\delta_{11l} + \delta_{11r}) \cdot 4\phi$
- 2)  $4X_t$  による遅れ弾性  $\dots\dots\dots 4X_t(\delta_{11l} + \delta_{11r}) \cdot 0.4$
- 3)  $4X_t$  による弾性  $\dots\dots\dots 4X_t(\delta_{11l} + \delta_{11r})$

ゆえに  $4X_t$  間における変形量は

$$X_t \delta_{11}^* 4\phi + 1.4 4X_t \delta_{11}$$

で表わされる。

$d\phi$  間における連続条件は

$$(\delta_{10}^* + \delta_{11}^* X_0) d\phi + X_t \delta_{11}^* d\phi + 1.4 dX_t \delta_{11} = 0 \dots\dots\dots (4a)$$

$$\beta = \frac{\delta_{11}}{\delta_{11}^*}$$

$$X_L = -\frac{\delta_{10}^*}{\delta_{11}^*}$$

とおき, 上式をまとめると

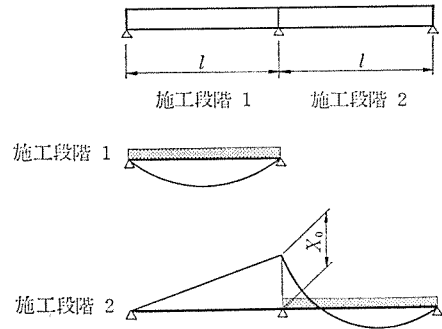


図-6 分割施工の場合の構造系

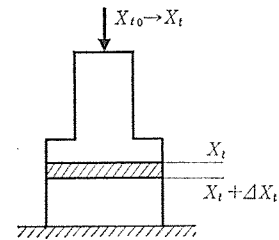


図-7 不静定力による変形量の計算のためのモデル図

$$(X_0 - X_L)d\phi + X_t d\phi + 1.4 \beta dX_t = 0$$

一般解は

$$X_t + X_0 - X_L = c \cdot e^{-\phi'/\beta} \dots\dots\dots (4b)$$

初期条件として,  $\phi'=0$  のとき

$$0.4(X_0 - X_L) + 1.4 \beta X_t = 0$$

すなわち

$$X_t = \frac{0.4}{1.4 \beta} (X_L - X_0) \dots\dots\dots (4c)$$

であるので  $C = -(X_L - X_0) \left(1 - \frac{0.4}{1.4 \beta}\right)$

ここで

$$r = 1 - \frac{0.4}{1.4 \beta} \dots\dots\dots (4d)$$

とおくと, クリープにより発生する不静定力は

$$X_t = (X_L - X_0)(1 - r \cdot e^{-\phi'/\beta}) \dots\dots\dots (4)$$

となる。

計算例として, スパン  $l=25$  m, 桁自重  $w=10$  t/m,  $\phi_l=2.18$ ,  $\phi_r=2.62$ ,  $\beta=1.11$  の場合について計算を行うと,

$$X_L = -781 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_0 = -391 \text{ t}\cdot\text{m} \text{ (第 2 径間施工後の弾性 2 次モーメント)}$$

$$r = 1 - \frac{0.4}{1.4 \times 1.11} = 0.743$$

$$X_t = (-781 + 391)(1 - 0.743 \times e^{-\phi'/1.11})$$

$$= -390 \times 0.822$$

$$= -321 \text{ t}\cdot\text{m}$$

ゆえに最終不静定モーメントは

$$X_{t\infty} = -391 - 321 = -712 \text{ t}\cdot\text{m}$$

(3) 斜張構造系

今、図-8 のような斜張構造系に持続荷重  $w$  が作用し、ザイル力  $X_0$  が作用する場合のコンクリートのクリープによる不静定ザイル力を計算する。

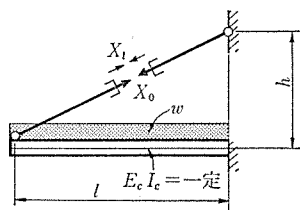


図-8 斜張構造系

弾性方程式における荷重項、性状係数は次のようになる。

$$\delta_{10}^B = \int \frac{M_0 M_1}{E_c I_c} ds$$

$$\delta_{11}^B = \int \frac{M_1^2}{E_c I_c} ds + \int \frac{N_1^2}{E_c A_c} ds + \int \frac{N_{1s}^2}{E_s A_s} ds$$

コンクリートの変形のみによる荷重項、性状係数およびザイルのみの性状係数は、

$$\delta_{10}^B = \delta_{10} \dots \dots \dots (\text{主桁のみの変形})$$

$$\delta_{11}^B = \int \frac{M_1^2}{E_c I_c} ds + \int \frac{N_1^2}{E_c A_c} ds \dots \dots \dots (\text{主桁のみの変形})$$

$$\delta_{11}^S = \int \frac{N_{1s}^2}{E_s A_s} ds \dots \dots \dots (\text{ザイルのみの変形})$$

で表わされる。

ここにサフィックス  
B : コンクリート  
S % ザイル  
を表わす。

次に図-9 の供試体を考える。

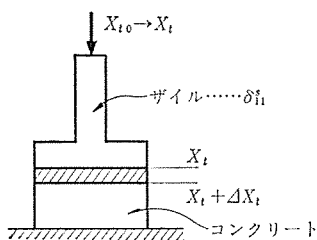


図-9 不静定力による変形量の計算のためのモデル図

$4X_t$  間におけるクリープ+弾性による変形量は

- 1)  $X_t$  によるフロー値  $\dots \dots X_t \delta_{11}^B d\phi$
- 2)  $4X_t$  による遅れ弾性  $\dots \dots 4X_t \delta_{11}^B \cdot 0.4$
- 3)  $4X_t$  による弾性  $\dots \dots 4X_t (\delta_{11}^B + \delta_{11}^S)$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$(\delta_{10}^B + \delta_{11}^B X_0) d\phi + X_t \delta_{11}^B d\phi + dX_t \delta_{11}^B \cdot 0.4 + dX_t (\delta_{11}^B + \delta_{11}^S) = 0 \dots \dots \dots (5a)$$

ここで  $\delta_{11}^V = \delta_{11}^B + \frac{\delta_{11}^S}{1.4}$

とおき、(5a) 式をまとめると

$$\left( \frac{\delta_{10}^B}{\delta_{11}^B} + X_0 + X_t \right) d\phi + 1.4 \frac{\delta_{11}^V}{\delta_{11}^B} dX_t = 0$$

$$\alpha = \frac{\delta_{11}^V}{\delta_{11}^B}$$

$$X_B = -\frac{\delta_{10}^B}{\delta_{11}^B} \quad (\text{斜材を剛とした場合、すなわちザイルが伸びないとした場合のザイル力})$$

とおくと

$$(X_t + X_0 - X_B) d\phi + 1.4 \alpha dX_t = 0$$

一般解は

$$X_t + X_0 - X_B = C \cdot e^{-\phi'/\alpha} \dots \dots \dots (5b)$$

初期条件として、 $\phi' = 0$  のとき

$$0.4 \cdot (X_0 - X_B) + 1.4 \alpha X_t = 0$$

であるから

$$X_t = -\frac{0.4}{1.4 \alpha} (X_0 - X_B) \dots \dots \dots (5c)$$

となり、

$$r = 1 - \frac{0.4}{1.4 \alpha} \quad \text{とおき (5b) 式をまとめると}$$

$$X_t = (X_B - X_0) (1 - r \cdot e^{-\phi'/\alpha}) \dots \dots \dots (5)$$

となる。

計算例として、図-8 の斜張構造系で行う。

スパン  $l = 50$  m,  $h = 28.87$  m,  $w = 16$  t/m

コンクリート断面積  $A_c = 6.40$  m<sup>2</sup>

” 断面 2 次モーメント  $I_c = 4.68$  m<sup>4</sup>

ザイル断面積  $A_s = 0.0141$  m<sup>2</sup>

コンクリートヤング係数  $E_c = 3.5 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>

ザイルのヤング係数  $E_s = 1.8 \times 10^7$  t/m<sup>2</sup>

の場合、

$$\phi = \phi_0 (1.55 - 0.85) = 2.0 \times 0.7 = 1.4 \quad (\text{材令 50 日})$$

$$\phi' = \frac{1.4}{1.4} = 1.0$$

$$\delta_{10}^B = -3820 \times 10^{-4}$$

$$\delta_{11}^B = 8.653 \times 10^{-4}$$

$$\delta_{11}^S = 6.378 \times 10^{-4}$$

$$\delta_{11}^V = 2.275 \times 10^{-4}$$

$$\delta_{11}^V = 6.378 + 1.625 = 8.003$$

$$\alpha = \frac{8.003}{6.378} = 1.255$$

$$X_B = \frac{3820}{6.378} = 598.9 \text{ t}$$

また  $X_0 = \frac{-\delta_{10}^B}{\delta_{11}^B} = \frac{3820}{8.653} = 441.5$  t (一体打とした場合) のザイル力とすると、クリープにより発生する不静定力は、

$$X_t = (598.9 - 441.5) \times \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{0.4}{1.4 \times 1.255} \right) \cdot e^{-1.0/1.255} \right\} = 157.4 \times 0.652 = 102.6 \text{ t}$$

ゆえに最終ザイル力  $X_{t\infty}$  は

$$X_{t\infty} = 441.5 + 102.6 = 544.1 \text{ t} \left( \frac{X_{t\infty}}{X_B} = \frac{544.1}{598.9} = 91\% \right)$$

となる。

(4) クリープの影響を考慮した場合の乾燥収縮による不静定力

クリープの影響を考慮した場合の、乾燥収縮による不静定力の計算として、図-10 のような 2 ヒンジラーメン構造について検討する。

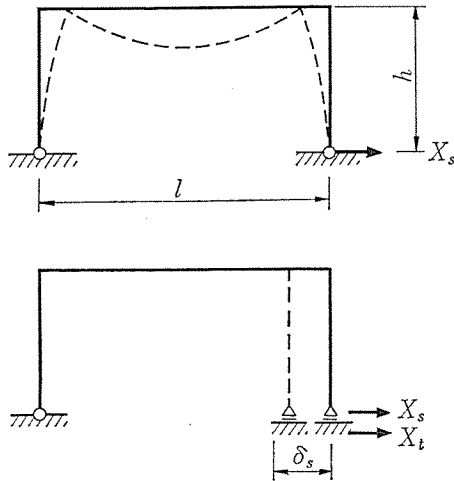


図-10 クリープの影響を考慮した場合の乾燥収縮による不静定力の計算のための構造系 (2 ヒンジラーメン)

今、近似的に、乾燥収縮曲線がクリープフロー曲線に比例するとすれば

$$d\epsilon_s = \frac{\epsilon_\infty}{\phi_\infty} \cdot d\phi$$

$$d\delta_s = \frac{\delta_{s\infty}}{\phi_\infty} \cdot d\phi$$

$d\phi$  間における連続条件は、

$$-\frac{\delta_s}{\phi_\infty} \cdot d\phi + X_t \delta_{11} d\phi + 1.4 dX_t \delta_{11} = 0 \dots\dots (6a)$$

ここで、 $X_s = \frac{\delta_s}{\delta_{11}}$  とおき、上式をまとめると

$$\left( X_t - \frac{X_s}{\phi_\infty} \right) d\phi + 1.4 dX_t = 0$$

一般解は

$$X_t - \frac{X_s}{\phi_\infty} = C \cdot e^{-\phi/1.4} \dots\dots (6b)$$

となる。

初期条件として、 $\phi=0$  のとき、 $X_t=0$  なる条件で解くとクリープの影響を考慮した不静定力は、

$$X_t = X_s \cdot \frac{1 - e^{-\phi/1.4}}{\phi_\infty} \dots\dots (6)$$

(5) 支点沈下が生ずる場合のコンクリートのクリープによる不静定力

支点沈下が生ずる場合のクリープにより発生する不静定力の計算においては、支点沈下が

- 1) 急激に生ずる場合
- 2) 徐々に生ずる場合

の 2 つの場合に分けて検討する。

- 1) 急激な支点沈下の場合 (図-11)

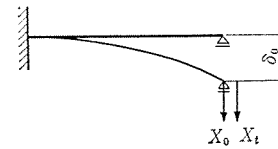


図-11 支点沈下が生ずる場合の構造系

支点沈下量を  $\delta_0$  とすると、弾性不静定力

$$X_0 = \frac{\delta_0}{\delta_{11}}$$

が生ずる。

$d\phi$  間における連続条件式は

$$X_0 \delta_{11} d\phi + X_t \delta_{11} d\phi + 1.4 dX_t \delta_{11} = 0 \dots\dots (7a)$$

一般解は

$$X_t + X_0 = C \cdot e^{-\phi/1.4} \dots\dots (7b)$$

初期条件として、 $\phi=0$  のとき

$$X_t = -\frac{0.4}{1.4} X_0 \dots\dots (7c)$$

であるので、クリープによる不静定力は

$$X_t = -X_0 \left( 1 - \frac{e^{-\phi/1.4}}{1.4} \right)$$

となる。

ゆえに最終反力  $X_{t\infty}$  は

$$X_{t\infty} = X_0 + X_t = \frac{X_0}{1.4} \cdot e^{-\phi/1.4} \dots\dots (7)$$

となる。

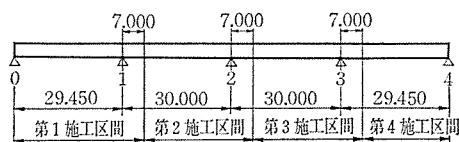
- 2) 徐々に沈下する場合

支点が徐々に沈下する場合、沈下速度が近似的にクリープフロー値に比例するとした場合のクリープの影響を考慮した不静定力は、乾燥収縮による不静定力の場合と同様な形となる。すなわち

$$X_{t\infty} = X_0 \frac{1 - e^{-\phi/1.4}}{\phi_\infty} \dots\dots (8)$$

ここに  $X_0$ : 最終沈下量  $\delta_0$  による弾性不静定力

以上、一次不静定構造物におけるクリープによる不静定力の計算を、遅れ弾性値 0.4 が载荷直後に全部終了するものとして計算したが、多径間連続橋のように施工段階が多く、しかも施工サイクルの短い (例えば 15 日サイクル) 場合、遅れ弾性の項に時間的変化があるとして、 $0.4 K_V$  として考える必要があると思われる。



図—12

そこで計算例として、図—12 に示すような 4 径間連続橋について計算を行い、従来の方法と比較する。

(6) 多径間連続橋 (分割施工の場合)

1) フロー値、遅れ弾性係数および計算式

各施工区間の施工日数を  $t_1=t_2=t_3=t_4=15$  日 とする (この内、コンクリート打設後  $\Delta t=4$  日で支保工を撤去するものとする)。

1-1) フロー値の計算

施工段階 2

$$\phi(1,2) = \phi_0 [\phi(t_2+t_3+\Delta t) - \phi(t_2+\Delta t)]$$

$$\phi(2,2) = \phi_0 [\phi(t_3+\Delta t) - \phi(\Delta t)]$$

$$\alpha(1,2) = \frac{\phi(1,2)}{\phi(2,2)}, \quad \alpha(2,2) = \frac{\phi(2,2)}{\phi(2,2)}$$

施工段階 3

$$\phi(1,3) = \phi_0 [\phi(t_2+t_3+t_4+\Delta t) - \phi(t_2+t_3+\Delta t)]$$

$$\phi(2,3) = \phi_0 [\phi(t_3+t_4+\Delta t) - \phi(t_3+\Delta t)]$$

$$\phi(3,3) = \phi_0 [\phi(t_4+\Delta t) - \phi(\Delta t)]$$

$$\alpha(1,3) = \frac{\phi(1,3)}{\phi(3,3)}, \quad \alpha(2,3) = \frac{\phi(2,3)}{\phi(3,3)},$$

$$\alpha(3,3) = \frac{\phi(3,3)}{\phi(3,3)} = 1.0$$

施工段階 4 (最終施工段階)

$$\phi(1,4) = \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(t_2+t_3+t_4+\Delta t)]$$

$$\phi(2,4) = \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(t_3+t_4+\Delta t)]$$

$$\phi(3,4) = \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(t_4+\Delta t)]$$

$$\phi(4,4) = \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(\Delta t)]$$

$$\alpha(1,4) = \frac{\phi(1,4)}{\phi(4,4)}, \quad \alpha(2,4) = \frac{\phi(2,4)}{\phi(4,4)},$$

$$\alpha(3,4) = \frac{\phi(3,4)}{\phi(4,4)},$$

$$\alpha(4,4) = \frac{\phi(4,4)}{\phi(4,4)} = 1.0$$

コンクリートは早強セメントを使用し、有効部材厚  $d=20$  cm とし、フロー基準値  $\phi_0=2.0$  とすると、フロー値の計算値は次のようになる。

有効材令としては、早強セメントを使用するので 2 倍する。

施工段階 2

$$\phi(1,2) = \phi_0 [\phi\{2 \times (15+15+4)\} - \phi\{2 \times (15+4)\}]$$

$$= \phi_0 [\phi(68) - \phi(38)]$$

$$= 2.0 \times [0.76 - 0.63] = 0.26$$

$$\begin{aligned} \phi(2,2) &= \phi_0 [\phi(38) - \phi(18)] \\ &= 2.0 \times [0.63 - 0.35] = 0.56 \end{aligned}$$

$$\alpha(1,2) = \frac{\phi(1,2)}{\phi(2,2)} = \frac{0.26}{0.56} = 0.464$$

$$\alpha(2,2) = \frac{\phi(2,2)}{\phi(2,2)} = 1.0$$

施工段階 3

$$\begin{aligned} \phi(1,3) &= \phi_0 [\phi(98) - \phi(68)] \\ &= 2.0 \times [0.85 - 0.76] = 0.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(2,3) &= \phi_0 [\phi(68) - \phi(38)] \\ &= 2.0 \times [0.76 - 0.63] = 0.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(3,3) &= \phi_0 [\phi(38) - \phi(18)] \\ &= 0.56 \end{aligned}$$

$$\alpha(1,3) = \frac{0.18}{0.56} = 0.321$$

$$\alpha(2,3) = \frac{0.26}{0.56} = 0.464$$

$$\alpha(3,3) = 1.0$$

施工段階 4

$$\begin{aligned} \phi(1,4) &= \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(98)] \\ &= 2.0 \times [1.55 - 0.85] = 1.40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(2,4) &= \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(68)] \\ &= 2.0 \times [1.55 - 0.76] = 1.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(3,4) &= \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(38)] \\ &= 2.0 \times [1.55 - 0.63] = 1.84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(4,4) &= \phi_0 [\phi(\infty) - \phi(8)] \\ &= 2.0 \times [1.55 - 0.35] = 2.40 \end{aligned}$$

$$\alpha(1,4) = \frac{1.40}{2.40} = 0.583$$

$$\alpha(2,4) = \frac{1.58}{2.40} = 0.658$$

$$\alpha(3,4) = \frac{1.84}{2.40} = 0.767$$

$$\alpha(4,4) = 1.0$$

1-2) 遅れ弾性係数  $K_V$  の計算

施工段階 2

$$K_V(1,2) = K_V(t_2)$$

$$\beta(1,2) = 1.0$$

施工段階 3

$$K_V(1,3) = K_V(t_3+t_4) - K_V(t_2)$$

$$K_V(2,3) = K_V(t_4)$$

$$\beta(1,3) = \frac{K_V(1,3)}{K_V(2,3)}, \quad \beta(2,3) = 1.0$$

施工段階 4

$$K_V(1,4) = 1 - K_V(t_3+t_4)$$

$$K_V(2,4) = 1 - K_V(t_4)$$

$$K_V(3,4) = 1.0$$

$$\beta(1, 4) = \frac{K_V(1, 4)}{K_V(3, 4)}, \quad \beta(2, 4) = \frac{K_V(2, 4)}{K_V(3, 4)},$$

$$\beta(3, 4) = 1.0$$

遅れ弾性値の計算値は次のようになる。

施工段階 2

$$K_V(1, 2) = K_V(15) = 0.433$$

$$\beta(1, 2) = 1.0$$

施工段階 3

$$\begin{aligned} K_V(1, 3) &= K_V(15+15) - K_V(15) \\ &= K_V(30) - K_V(15) = 0.503 - 0.433 \\ &= 0.070 \end{aligned}$$

$$K_V(2, 3) = K_V(15) = 0.433$$

$$\beta(1, 3) = \frac{0.070}{0.433} = 0.162$$

$$\beta(2, 3) = 1.0$$

施工段階 4

$$K_V(1, 4) = 1 - K_V(15+15) = 1 - 0.503 = 0.497$$

$$K_V(2, 4) = 1 - K_V(15) = 1 - 0.433 = 0.567$$

$$K_V(3, 4) = 1.0$$

$$\beta(1, 4) = 0.497, \quad \beta(2, 4) = 0.567, \quad \beta(3, 4) = 1.0$$

2) クリープにより発生する 2 次モーメントの計算 (図-13)

計算式は次のようになる。

施工段階 1

支点 1 には  $m_0(1)$  が生じ、クリープによる 2 次モーメントは生じない。

施工段階 2

第 2 施工区間支保工撤去時、弾性 2 次モーメントが発生し、これを  $X_1(2)$  とする。

第 2 施工区間支保工撤去後

$$\text{支点 1 には } M_1 = m_0(1) + X_1(2)$$

$$\text{支点 2 には } M_2 = m_0(2)$$

が生じている。

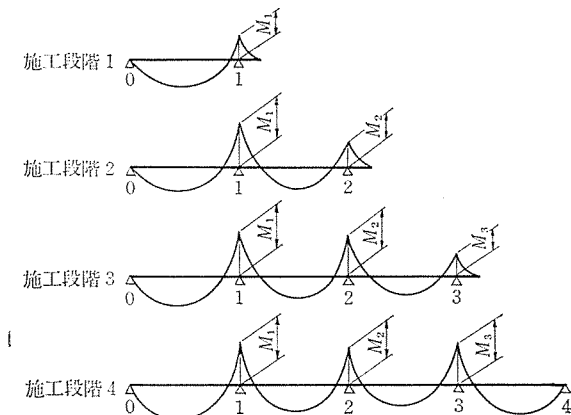


図-13 各施工段階の曲げモーメント

第 2 施工区間支保工撤去後、第 3 施工区間支保工を撤去するまでに、クリープにより支点 1 に不静定モーメントが発生する。このモーメントを  $X_{t1}(2)$  とする。

第 2 施工区間支保工撤去直後における  $M_1, M_2$  も含んだ区分荷重項は

$$\delta_{10}(1) = \delta_{10}^g(1) + M_1\delta_{11}(1) + M_2\delta_{12}(1)$$

$$\delta_{10}(2) = \delta_{10}^g(2) + M_1\delta_{11}(2) + M_2\delta_{12}(2)$$

次に材令差を考慮した性状係数、荷重項および遅れ弾性をも考慮した性状係数は

$$\delta_{11}^* = \alpha(1, 2)\delta_{11}(1) + \alpha(2, 2)\delta_{11}(2)$$

$$\delta_{10}^* = \alpha(1, 2)\delta_{10}(1) + \alpha(2, 2)\delta_{10}(2)$$

$$\delta_{11}^V = [1 + 0.4K_V(1, 2)] \cdot \delta_{11}$$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$\delta_{11}^V \frac{dX_{t1}}{d\phi} + \delta_{11}^* X_{t1} + \delta_{10}^* = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

で表わされる。

初期条件として、近似的に次のようになる。

$$\delta_{10}^V(1) = \delta_{10}^g + [m_0(1) + X_1(2)]\delta_{11} + m_0(2)\delta_{12}$$

とおくと

$$\begin{aligned} 0.4\beta(1, 2)K_V(1, 2)\delta_{10}^V(1) \\ + [1 + 0.4K_V(1, 2)]\delta_{11}X_{t10} = 0 \end{aligned}$$

すなわち、

$$X_{t10} = - \frac{0.4\beta(1, 2)K_V(1, 2)}{[1 + 0.4K_V(1, 2)]} \cdot \frac{\delta_{10}^V(1)}{\delta_{11}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

として、 $\phi=0$  のとき  $X_t = X_{t10}$  なる条件で、 $\phi = \phi(2, 2)$  の場合の  $X_{t1}$  を求める。

第 3 施工区間支保工撤去までに

$$\text{支点 1 には } M_1 = m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2)$$

$$\text{支点 2 には } M_2 = m_0(2)$$

が生じている。

施工段階 3

第 3 施工区間支保工撤去時、弾性 2 次モーメントが発生し、これを  $X_1(3), X_2(3)$  とする。

第 3 施工区間支保工撤去直後

$$M_1 = m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) + X_1(3)$$

$$M_2 = m_0(2) + X_2(3)$$

$$M_3 = m_0(3)$$

が生じている。

クリープにより発生する不静定モーメントを  $X_{t1}(3), X_{t2}(3)$  とする。

区分荷重項は

$$\delta_{10}(1) = \delta_{10}^g(1) + M_1\delta_{11}(1) + M_2\delta_{12}(1)$$

$$\delta_{10}(2) = \delta_{10}^g(2) + M_1\delta_{11}(2) + M_2\delta_{12}(2)$$

$$\delta_{20}(1) = \delta_{20}^g(1) + M_1\delta_{12}(1) + M_2\delta_{22}(1)$$

$$\delta_{20}(2) = \delta_{20}^g(2) + M_1\delta_{12}(2) + M_2\delta_{22}(2) + M_3\delta_{23}(2)$$

$$\delta_{20}(3) = \delta_{20}^g(3) + M_2\delta_{22}(3) + M_3\delta_{23}(3)$$

材令差を考慮した性状係数, 荷重項および遅れ弾性をも考慮した性状係数は

$$\delta_{11}^* = \alpha(1, 3)\delta_{11}(1) + \alpha(2, 3)\delta_{11}(2)$$

$$\delta_{12}^* = \alpha(1, 3)\delta_{12}(1) + \alpha(2, 3)\delta_{12}(2)$$

$$\delta_{22}^* = \alpha(1, 3)\delta_{22}(1) + \alpha(2, 3)\delta_{22}(2) + \alpha(3, 3)\delta_{22}(3)$$

$$\delta_{10}^* = \alpha(1, 3)\delta_{10}(1) + \alpha(2, 3)\delta_{10}(2)$$

$$\delta_{20}^* = \alpha(1, 3)\delta_{20}(1) + \alpha(2, 3)\delta_{20}(2) + \alpha(3, 3)\delta_{20}(3)$$

$$\delta_{11}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{11}$$

$$\delta_{12}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{12}$$

$$\delta_{22}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{22}$$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$\begin{aligned} \delta_{11}^V \frac{dX_{t1}}{d\phi} + \delta_{12}^V \frac{dX_{t2}}{d\phi} + \delta_{11}^* X_{t1} + \delta_{12}^* X_{t2} + \delta_{10}^* &= 0 \\ \delta_{12}^V \frac{dX_{t1}}{d\phi} + \delta_{22}^V \frac{dX_{t2}}{d\phi} + \delta_{12}^* X_{t1} + \delta_{22}^* X_{t2} + \delta_{20}^* &= 0 \\ \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

となる。

初期条件として, 近似的に次のようになる。

$$\delta_{10}^V(1) = \delta_{10}^g + [m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2)]\delta_{11} + m_0(2)\delta_{12}$$

$$\delta_{10}^V(2) = X_1(3)\delta_{11} + X_2(3)\delta_{12} = 0$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}^V(1) &= \delta_{20}^g + [m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) \\ &\quad + X_1(3)]\delta_{12} + [m_0(2) + X_2(3)]\delta_{22} \\ &\quad + m_0(3)\delta_{23} \end{aligned}$$

$$\delta_{10}^V = \beta(1, 3)\delta_{10}^V(1) + \beta(2, 3)\delta_{10}^V(2)$$

$$\delta_{20}^V = \beta(2, 3)\delta_{20}^V(1)$$

$$\delta_{11}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{11}$$

$$\delta_{12}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{12}$$

$$\delta_{22}^V = [1 + 0.4 K_V(2, 3)]\delta_{22}$$

とおき, 初期条件として

$$\begin{aligned} 0.4 K_V(2, 3)\delta_{10}^V + \delta_{11}^V X_{t10} + \delta_{12}^V X_{t20} &= 0 \\ 0.4 K_V(2, 3)\delta_{20}^V + \delta_{12}^V X_{t10} + \delta_{22}^V X_{t20} &= 0 \end{aligned} \dots(12)$$

この連立方程式を解き,  $X_{t10}, X_{t20}$  を求め,  $\phi=0$  の

とき  $X_{t1} = X_{t10}, X_{t2} = X_{t20}$  なる条件で,  $\phi = \phi(3, 3)$  の場合の  $X_{t1}, X_{t2}$  を求める。

第4施工区間支保工撤去までに

$$\begin{aligned} \text{支点1には } M_1 &= m_0(1) + X_1(2) \\ &\quad + X_{t1}(2) + X_1(3) \\ &\quad + X_{t1}(3) \end{aligned}$$

$$\text{支点2には } M_2 = m_0(2) + X_2(3) + X_{t2}(3)$$

$$\text{支点3には } M_3 = m_0(3)$$

が生じている。

施工段階4

第4施工区間支保工撤去時, 弾性2次モーメントが発生し, これを  $X_1(4), X_2(4), X_3(4)$  とする。

第4施工区間支保工撤去後

$$M_1 = m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) + X_1(3) + X_{t1}(3) + X_1(4)$$

$$M_2 = m_0(2) + X_2(3) + X_{t2}(3) + X_2(4)$$

$$M_3 = m_0(3) + X_3(4)$$

第4施工区間支保工撤去後,  $t = \infty$  までにクリープにより発生する2次モーメントを  $X_{t1}(4), X_{t2}(4), X_{t3}(4)$  とする。

区分荷重項は

$$\delta_{10}(1) = \delta_{10}^g(1) + M_1\delta_{11}(1) + M_2\delta_{12}(1)$$

$$\delta_{10}(2) = \delta_{10}^g(2) + M_1\delta_{11}(2) + M_2\delta_{12}(2)$$

$$\delta_{20}(1) = \delta_{20}^g(1) + M_1\delta_{12}(1) + M_2\delta_{22}(1)$$

$$\delta_{20}(2) = \delta_{20}^g(2) + M_1\delta_{12}(2) + M_2\delta_{22}(2) + M_3\delta_{23}(2)$$

$$\delta_{20}(3) = \delta_{20}^g(3) + M_2\delta_{22}(3) + M_3\delta_{23}(3)$$

$$\delta_{30}(2) = \delta_{30}^g(2) + M_2\delta_{23}(2) + M_3\delta_{33}(2)$$

$$\delta_{30}(3) = \delta_{30}^g(3) + M_2\delta_{23}(3) + M_3\delta_{33}(3)$$

$$\delta_{30}(4) = \delta_{30}^g(4) + M_3\delta_{33}(4)$$

材令差を考慮した性状係数, 荷重項および遅れ弾性を考慮した性状係数は

$$\delta_{11}^* = \alpha(1, 4)\delta_{11}(1) + \alpha(2, 4)\delta_{11}(2)$$

$$\delta_{12}^* = \alpha(1, 4)\delta_{12}(1) + \alpha(2, 4)\delta_{12}(2)$$

$$\begin{aligned} \delta_{22}^* &= \alpha(1, 4)\delta_{22}(1) + \alpha(2, 4)\delta_{22}(2) \\ &\quad + \alpha(3, 4)\delta_{22}(3) \end{aligned}$$

$$\delta_{23}^* = \alpha(2, 4)\delta_{23}(2) + \alpha(3, 4)\delta_{23}(3)$$

$$\begin{aligned} \delta_{33}^* &= \alpha(2, 4)\delta_{33}(2) + \alpha(3, 4)\delta_{33}(3) \\ &\quad + \alpha(4, 4)\delta_{33}(4) \end{aligned}$$

$$\delta_{10}^* = \alpha(1, 4)\delta_{10}(1) + \alpha(2, 4)\delta_{10}(2)$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}^* &= \alpha(1, 4)\delta_{20}(1) + \alpha(2, 4)\delta_{20}(2) \\ &\quad + \alpha(3, 4)\delta_{20}(3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{30}^* &= \alpha(2, 4)\delta_{30}(2) + \alpha(3, 4)\delta_{30}(3) \\ &\quad + \alpha(4, 4)\delta_{30}(4) \end{aligned}$$

$$\delta_{11}^V = 1.4\delta_{11}, \delta_{12}^V = 1.4\delta_{12}, \delta_{22}^V = 1.4\delta_{22}$$

$$\delta_{23}^V = 1.4\delta_{23}, \delta_{33}^V = 1.4\delta_{33}$$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$\begin{aligned} \delta_{11}^V \frac{dX_{t1}}{d\phi} + \delta_{12}^V \frac{dX_{t2}}{d\phi} + \delta_{11}^* X_{t1} + \delta_{12}^* X_{t2} + \delta_{10}^* &= 0 \\ \delta_{12}^V \frac{dX_{t1}}{d\phi} + \delta_{22}^V \frac{dX_{t2}}{d\phi} + \delta_{23}^V \frac{dX_{t3}}{d\phi} + \delta_{12}^* X_{t1} + \delta_{22}^* X_{t2} + \delta_{23}^* X_{t3} + \delta_{20}^* &= 0 \\ \delta_{23}^V \frac{dX_{t2}}{d\phi} + \delta_{33}^V \frac{dX_{t3}}{d\phi} + \delta_{23}^* X_{t2} + \delta_{33}^* X_{t3} + \delta_{30}^* &= 0 \\ \dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

初期条件として

$$\delta_{10}^V(1) = \delta_{10}^g + [m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2)]\delta_{11} + m_0(2)\delta_{12}$$



$$\begin{aligned} \delta_{10}^V(2) &= X_{t1}(3)\delta_{11} + X_{t2}(3)\delta_{12} \\ \delta_{10}^V(3) &= X_1(4)\delta_{11} + X_2(4)\delta_{12} = 0 \\ \delta_{20}^V(2) &= \delta_{20}^g + [m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) + X_1(3) \\ &\quad + X_{t1}(3)]\delta_{12} + [m_0(2) + X_2(3) \\ &\quad + X_{t2}(3)]\delta_{22} + m_0(3)\delta_{23} \\ \delta_{20}^V(3) &= X_1(4)\delta_{12} + X_2(4)\delta_{22} + X_3(4)\delta_{23} = 0 \\ \delta_{30}^V(3) &= \delta_{30}^g + [m_0(2) + X_2(3) + X_{t2}(3) \\ &\quad + X_2(4)]\delta_{23} + [m_0(3) + X_3(4)]\delta_{33} \\ &\quad + m_0(4)\delta_{34} \\ \delta_{10}^V &= \beta(1,4)\delta_{10}^V(1) + \beta(2,4)\delta_{10}^V(2) \\ &\quad + \beta(3,4)\delta_{10}^V(3) \\ \delta_{20}^V &= \beta(2,4)\delta_{20}^V(2) + \beta(3,4)\delta_{20}^V(3) \\ \delta_{30}^V &= \beta(3,4)\delta_{30}^V(3) \end{aligned}$$

とおくと、初期条件は

$$\begin{aligned} 0.4 K_V(3,4)\delta_{10}^V + \delta_{11}^V X_{t10} + \delta_{12}^V X_{t20} \\ 0.4 K_V(3,4)\delta_{20}^V + \delta_{12}^V X_{t10} + \delta_{22}^V X_{t20} + \delta_{23}^V X_{t30} = 0 \\ 0.4 K_V(3,4)\delta_{30}^V + \delta_{23}^V X_{t20} + \delta_{33}^V X_{t30} = 0 \end{aligned} \dots\dots\dots(14)$$

この連立方程式を解き、 $X_{t10}$ 、 $X_{t20}$ 、 $X_{t30}$  を求め、 $\phi=0$  のとき  $X_{t1}=X_{t10}$ 、 $X_{t2}=X_{t20}$ 、 $X_{t3}=X_{t30}$  なる条件で  $\phi=\phi(4,4)$  の場合の  $X_{t1}(4)$ 、 $X_{t2}(4)$ 、 $X_{t3}(4)$  を求める。  
したがって最終曲げモーメントは  
 $M_1 = m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) + X_1(3) + X_{t1}(3) + X_1(4) + X_{t1}(4)$   
 $M_2 = m_0(2) + X_2(3) + X_{t2}(3) + X_2(4) + X_{t2}(4)$   
 $M_3 = m_0(3) + X_3(4) + X_{t3}(4)$

となる。

クリープにより発生する2次のモーメントの計算例として、図-12に示すようなスパン  $l=30$  m で、張出し長さ  $l_1=7.0$  m、 $w=23.925$  t/m、中間横桁重量  $P=7.02$  t、 $I_c=2.3375$  m<sup>4</sup> の分割施工の場合について計算する。  
区分荷重項、区分性状係数は表-2のようになる。

施工段階 1

支点 1 における曲げモーメントは

$$M_1 = m_0(1) = -586.1 \text{ t}\cdot\text{m}$$

施工段階 2

第 2 施工区間支保工撤去時、弾性 2 次モーメントが発生する。

$$\begin{aligned} X_1(2) &= -989.8 \text{ t}\cdot\text{m} \\ m_0(2) &= -586.1 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

この時の支点 1、2 の合計曲げモーメントは

$$\begin{aligned} M_1 &= -1575.9 \text{ t}\cdot\text{m} \\ M_2 &= -586.1 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

表-2 区分性状係数および区分荷重項

		$\delta_{ik}$			$\delta_{i0}$
		1	2	3	0
1	(1)	6.575	0.290	—	13 588
	(2)	1.943	1.828	—	8 935
	計	8.518	2.118	—	22 523
2	(1)	0.290	0.058	—	520
	(2)	1.828	6.593	0.290	13 681
	(3)	—	1.943	1.828	8 935
	計	2.118	8.594	2.118	23 136
3	(1)	—	—	0.058	520
	(2)	—	0.290	6.584	13 626
	(3)	—	1.828	1.876	8 377
	計	—	2.118	8.518	22 523

区分荷重項は

$$\begin{aligned} \delta_{10}(1) &= \delta_{10}^g(1) + M_1\delta_{11}(1) + M_2\delta_{12}(1) \\ &= 13\,588 + (-1\,575.9) \times 6.575 \\ &\quad + (-586.1) \times 0.290 \\ &= 3\,056 \\ \delta_{10}(2) &= \delta_{10}^g(2) + M_1\delta_{11}(2) + M_2\delta_{12}(2) \\ &= 8\,935 + (-1\,575.9) \times 1.943 \\ &\quad + (-586.1) \times 1.828 \\ &= 4\,802 \end{aligned}$$

次に材令差を考慮した性状係数、荷重項および遅れ弾性をも考慮した性状係数は

$$\begin{aligned} \delta_{11}^* &= \alpha(1,2)\delta_{11}(1) + \alpha(2,2)\delta_{11}(2) \\ &= 0.464 \times 6.575 + 1.0 \times 1.943 = 4.994 \\ \delta_{10}^* &= \alpha(1,2)\delta_{10}(1) + \alpha(2,2)\delta_{10}(2) \\ &= 0.464 \times 3\,056 + 1.0 \times 4\,802 = 6\,220 \\ \delta_{11}^V &= [1 + 0.4 K_V(1,2)]\delta_{11} \\ &= [1 + 0.4 \times 0.433] \times 8.518 = 9.992 \end{aligned}$$

連続条件式は

$$9.992 \frac{dX_{t1}}{d\phi} + 4.994 X_{t1} + 6\,220 = 0$$

となり、初期条件として

$$\begin{aligned} \delta_{10}^V(1) &= \delta_{10}^g + [m_0(1) + X_1(2)]\delta_{11} + m_0(2)\delta_{12} \\ &= 22\,523 + (-1\,575.9) \times 8.518 + (-586.1) \\ &\quad \times 2.118 \\ &= 7\,858 \end{aligned}$$

とおくと、初期条件は

$$\begin{aligned} X_{t10} &= -\frac{0.4 K_V(1,2)}{\delta_{11}^V} \cdot \delta_{10}^V(1) \\ &= -\frac{0.4 \times 0.433}{9.992} \times 7\,858 = -136.5 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

そして  $\phi=0$  のとき、 $X_{t1}=-136.5$  t·m なる条件で  $\phi=\phi(2,2)=0.56$  の場合の  $X_{t1}$  を求めると

$$X_{t1} = -407.3 \text{ t}\cdot\text{m}$$

となり、第 3 施工区間支保工撤去前に

支点 1 には  $M_1 = -1575.9 - 407.3 = -1983.2 \text{ t}\cdot\text{m}$

支点 2 には  $M_2 = -586.1 \text{ t}\cdot\text{m}$

が生じている。

施工段階 3

第 3 施工区間支保工撤去時、弾性 2 次モーメントが発生する。

$$X_1(3) = 259.9 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_2(3) = -1044.9 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$m_0(3) = -586.1 \text{ t}\cdot\text{m}$$

第 3 施工区間支保工撤去直後

$$\begin{aligned} \text{支点 1 には } M_1 &= -1575.9 - 407.3 + 259.9 \\ &= -1723.3 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{支点 2 には } M_2 = -586.1 - 1044.9 = -1631.0 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{支点 3 には } M_3 = -586.1 \text{ t}\cdot\text{m}$$

が生じている。

区分荷重項は

$$\begin{aligned} \delta_{10}(1) &= 13588 + (-1723.3) \times 6.575 \\ &\quad + (-1631.0) \times 0.290 = 1784 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{10}(2) &= 8935 + (-1723.3) \times 1.943 \\ &\quad + (-1631.0) \times 1.828 = 2605 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}(1) &= 520 + (-1723.3) \times 0.290 \\ &\quad + (-1631.0) \times 0.058 = -74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}(2) &= 13681 + (-1723.3) \times 1.828 \\ &\quad + (-1631.0) \times 6.593 + (-586.1) \times 0.290 \\ &= -392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}(3) &= 8935 + (-1631.0) \times 1.943 + (-586.1) \\ &\quad \times 1.828 = 4695 \end{aligned}$$

材令差を考慮した性状係数、荷重項および遅れ弾性をも考慮した性状係数は

$$\delta_{11}^* = 0.321 \times 6.575 + 0.464 \times 1.943 = 3.012$$

$$\delta_{12}^* = 0.321 \times 0.290 + 0.464 \times 1.828 = 0.941$$

$$\begin{aligned} \delta_{22}^* &= 0.321 \times 0.058 + 0.464 \times 6.593 + 1.0 \times 1.943 \\ &= 5.021 \end{aligned}$$

$$\delta_{10}^* = 0.321 \times 1784 + 0.464 \times 2605 = 1781$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}^* &= 0.321 \times (-74) + 0.464 \times (-392) \\ &\quad + 1.0 \times 4695 = 4489 \end{aligned}$$

$$\delta_{11}^V = 1.173 \times 8.518 = 9.992$$

$$\delta_{12}^V = 1.173 \times 2.118 = 2.484$$

$$\delta_{22}^V = 1.173 \times 8.594 = 10.081$$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$\begin{aligned} 9.992 \frac{dX_{t1}}{d\phi} + 2.484 \frac{dX_{t2}}{d\phi} + 3.012 X_{t1} \\ + 5.941 X_{t2} + 1781 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.484 \frac{dX_{t1}}{d\phi} + 10.081 \frac{dX_{t2}}{d\phi} + 0.941 X_{t1} \\ + 5.021 X_{t2} + 4489 = 0 \end{aligned}$$

初期条件として

$$\begin{aligned} \delta_{10}^V(1) &= 22523 + (-1983.2) \times 8.518 \\ &\quad + (-586.1) \times 2.118 = 4389 \end{aligned}$$

$$\delta_{10}^V(2) = 0$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}^V(2) &= 23136 + (-1723.3) \times 2.118 \\ &\quad + (-1631.0) \times 8.594 + (-586.1) \times 2.118 \\ &= 4228 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{10}^V &= \beta(1,3)\delta_{10}^V(1) + \beta(2,3)\delta_{10}^V(2) \\ &= 0.162 \times 4389 + 0 = 711 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{20}^V &= \beta(2,3)\delta_{20}^V(2) \\ &= 1.0 \times 4228 = 4228 \end{aligned}$$

とおくと、初期条件は

$$\begin{aligned} 0.173 \times 711 + 1.173 \times 8.518 X_{t10} + 1.173 \\ \times 2.118 X_{t20} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.173 \times 4228 + 1.173 \times 2.118 X_{t10} + 1.173 \\ \times 8.518 X_{t20} = 0 \end{aligned}$$

となり、上式を解くと

$$X_{t10} = 6.1 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_{t20} = -74.1 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$\phi=0$  のとき  $X_{t1} = 6.1 \text{ t}\cdot\text{m}$ ,  $X_{t2} = -74.1 \text{ t}\cdot\text{m}$  なる条件で

$\phi = \phi(3,3) = 0.56$  の場合の  $X_{t1}$ ,  $X_{t2}$  を求めると

$$X_{t1}(3) = -34.8 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_{t2}(3) = -264.0 \text{ t}\cdot\text{m}$$

となる。

第 4 施工区間支保工撤去までに

$$\begin{aligned} \text{支点 1 には } M_1 &= m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) + X_1(3) \\ &\quad + X_{t1}(3) \\ &= -1723.3 - 34.8 = -1758.1 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{支点 2 には } M_2 &= m_0 + X_2(3) + X_{t2}(3) \\ &= -1631.0 - 264.0 = -1895.0 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{支点 3 には } M_3 &= m_0(3) \\ &= -586.1 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

が生じている。

施工段階 4

第 4 施工区間支保工撤去時、弾性 2 次モーメントが発生する。

$$X_1(4) = -74.6 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_2(4) = 300.0 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$X_3(4) = -1142.3 \text{ t}\cdot\text{m}$$

第 4 施工区間支保工撤去後

$$\text{支点 1 には } M_1 = -1758.1 - 74.6 = -1834.5 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{支点 2 には } M_2 = -1895.0 + 300.0 = -1595.0 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{支点 3 には } M_3 = -586.1 - 1142.3 = -1728.4 \text{ t}\cdot\text{m}$$

が生じている。

第 4 施工区間支保工撤去後、 $t = \infty$  において、すなわ

報 告

ち

$$\phi(4,4) = \phi_0[\phi(\infty) - \phi(8)] = 2.0 \times (1.55 - 0.35) = 2.40$$

により 2 次モーメントが発生する。

区分荷重項は

$$\begin{aligned} \delta_{10}(1) &= 13\,588 + (-1\,834.5) \times 6.575 \\ &\quad + (-1\,595.0) \times 0.290 = 1\,064 \\ \delta_{10}(2) &= 8\,935 + (-1\,834.5) \times 1.943 \\ &\quad + (-1\,595.0) \times 1.828 = 2\,455 \\ \delta_{20}(1) &= 520 + (-1\,834.5) \times 0.290 \\ &\quad + (-1\,595.0) \times 0.058 = -105 \\ \delta_{20}(2) &= 13\,681 + (-1\,834.5) \times 1.828 \\ &\quad + (-1\,595.0) \times 6.593 + (-1\,728.4) \\ &\quad \times 0.290 = -690 \\ \delta_{20}(3) &= 8\,935 + (-1\,595.0) \times 1.943 + (-1\,728.4) \\ &\quad \times 1.828 = 2\,676 \\ \delta_{30}(2) &= 520 + (-1\,595.0) \times 0.290 + (-1\,728.4) \\ &\quad \times 0.058 = -43 \\ \delta_{30}(3) &= 13\,626 + (-1\,595.0) \times 1.828 \\ &\quad + (-1\,728.4) \times 6.584 = -669 \\ \delta_{30}(4) &= 8\,377 + (-1\,728.4) \times 1.876 = 5\,135 \end{aligned}$$

材令差を考慮した性状係数、荷重項および遅れ弾性を考慮した性状係数は

$$\begin{aligned} \delta_{11}^* &= 0.583 \times 6.575 + 0.658 \times 1.943 = 5.112 \\ \delta_{12}^* &= 0.583 \times 0.290 + 0.658 \times 1.828 = 1.372 \\ \delta_{22}^* &= 0.583 \times 0.058 + 0.658 \times 6.593 \\ &\quad + 0.767 \times 1.943 = 5.862 \\ \delta_{23}^* &= 0.658 \times 0.290 + 0.767 \times 1.828 = 1.593 \\ \delta_{33}^* &= 0.658 \times 0.058 + 0.767 \times 6.584 + 1.0 \times 1.876 \\ &= 6.964 \\ \delta_{10}^* &= 0.583 \times 1\,064 + 0.658 \times 2\,455 = 2\,236 \\ \delta_{20}^* &= 0.583 \times (-105) + 0.658 \times (-690) + 0.767 \\ &\quad \times (2\,676) = 1\,537 \\ \delta_{30}^* &= 0.658 \times (-43) + 0.767 \times (-669) + 1.0 \\ &\quad \times 5\,135 = 4\,594 \\ \delta_{11}^V &= 1.4 \times 8.518 = 11.925 \\ \delta_{12}^V &= 1.4 \times 2.118 = 2.965 \\ \delta_{22}^V &= 1.4 \times 8.594 = 12.032 \\ \delta_{23}^V &= 1.4 \times 2.118 = 2.965 \\ \delta_{33}^V &= 1.4 \times 8.518 = 11.925 \end{aligned}$$

$d\phi$  間における連続条件式は

$$\begin{aligned} 11.925 \frac{dX_{t1}}{d\phi} + 2.965 \frac{dX_{t2}}{d\phi} + 5.112 X_{t1} \\ + 1.372 X_{t2} + 2236 = 0 \\ 2.965 \frac{dX_{t1}}{d\phi} + 12.032 \frac{dX_{t2}}{d\phi} + 2.965 \frac{dX_{t3}}{d\phi} \\ + 1.372 X_{t1} + 5.862 X_{t2} + 1.593 X_{t3} + 1\,537 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.965 \frac{dX_{t2}}{d\phi} + 11.925 \frac{dX_{t3}}{d\phi} + 1.593 X_{t2} \\ + 6.964 X_{t2} + 4\,594 = 0 \end{aligned}$$

初期条件として

$$\begin{aligned} \delta_{10}^V(1) &= 4\,389 \\ \delta_{10}^V(2) &= (-34.8) \times 8.518 + (-264.0) \times 2.118 \\ &= -856 \\ \delta_{10}^V(3) &= 0 \\ \delta_{20}^V(2) &= 23\,136 + (-1\,723.3 - 34.8) \times 2.118 \\ &\quad + (-1\,631.0 - 264.0) \times 8.594 \\ &\quad + (-586.1) \times 2.118 = 1\,885 \\ \delta_{20}^V(3) &= 0 \\ \delta_{30}^V(3) &= 22\,523 + (-1\,895.0 + 300.0) \times 2.118 \\ &\quad + (-586.1 - 1\,142.3) \times 8.518 = 4\,422 \\ \delta_{10}^V &= 0.497 \times 4\,389 + 0.567 \times (-859) + 1.0 \times 0 \\ &= 1\,696 \\ \delta_{20}^V &= 0.567 \times 1\,885 + 1.0 \times 0 = 1\,069 \\ \delta_{30}^V &= 1.0 \times 4\,422 = 4\,422 \end{aligned}$$

とおくと、初期条件は

$$\begin{aligned} 0.4 \times 1\,696 + 11.925 X_{t10} + 2.965 X_{t20} = 0 \\ 0.4 \times 1\,069 + 2.965 X_{t10} + 12.032 X_{t20} \\ + 2.965 X_{t30} = 0 \\ 0.4 \times 4\,422 + 2.965 X_{t20} + 11.925 X_{t30} = 0 \end{aligned}$$

とおき、上式を解くと

$$\begin{aligned} X_{t10} &= -62.0 \text{ t}\cdot\text{m} \\ X_{t20} &= 20.6 \text{ t}\cdot\text{m} \\ X_{t30} &= -165.2 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$\phi=0$  のとき  $X_{t1} = -62.0 \text{ t}\cdot\text{m}$ ,  $X_{t2} = 20.6 \text{ t}\cdot\text{m}$ ,  $X_{t3} = -165.2 \text{ t}\cdot\text{m}$  なる条件で  $\phi=2.40$  の場合の  $X_{t1}$ ,  $X_{t2}$ ,  $X_{t3}$  を求めると

$$\begin{aligned} X_{t1}(4) &= -307.4 \text{ t}\cdot\text{m} \\ X_{t2}(4) &= 23.2 \text{ t}\cdot\text{m} \\ X_{t3}(4) &= -542.1 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

となり、最終曲げモーメントは

$$\begin{aligned} \text{支点 1 において } M_1 &= m_0(1) + X_1(2) + X_{t1}(2) \\ &\quad + X_1(3) + X_{t1}(3) + X_1(4) \\ &\quad + X_{t1}(4) = -1\,834.5 - 307.4 \\ &= -2\,141.9 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{支点 2 において } M_2 &= m_0(1) + X_2(3) + X_{t2}(3) \\ &\quad + X_2(4) + X_{t2}(4) = -1\,595.0 \\ &\quad + 23.2 = -1\,571.8 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{支点 3 において } M_3 &= m_0(3) + X_3(4) + X_{t3}(4) \\ &= -1\,728.4 - 542.2 \\ &= -2\,270.6 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

となる。

4. 従来の方法との比較

(1) 両者のクリープ係数  $\varphi$  を同じとした場合の各構造系における不静定力の比較

ただし、遅れ弾性を考慮した場合のクリープ係数は、 $\phi = \varphi - 0.4$  として計算したものである。

1) 単純桁を支点上で連結する場合

従来の Dischinger の式は次式で表わされる。

$$X_t = X_L(1 - e^{-\varphi}) \dots\dots\dots(3')$$

ここに  $X_L$ ; 同時施工の場合の支点モーメント

両者の比較は、表-3 のようになり、 $\varphi = 1.0 \sim 3.0$  の範囲で 85~93% となっている。

2) 材令差のある場合 (分割施工の場合)

従来の方法によると、その不静定力  $X_t$  は次式で表わされる。

$$X_t = (X_L - X_0)(1 - e^{-\varphi\beta}) \dots\dots\dots(4')$$

$$\text{ここに } \beta = \frac{\delta_{11}}{\delta_{11}^*}$$

となる。

第1径間と第2径間との施工材令差が 15日, 30日, 60日の場合について比較する (図-6)。

セメントは、早強セメントを使用し、有効部材厚  $d = 20 \text{ cm}$  とし、クリープフロー基準値  $\phi_0 = 2.0$  とすると、フロー値およびクリープ係数は表-4 のようになる。

両者の不静定力の比較は表-5 のようになり、材令差が大きいほど両者の差が大きくなっている。

3) 斜張構造系

従来の方法による場合は次式で表わすことができる。

$$\delta_{10}^B d\varphi + \delta_{11}^B X_0 d\varphi + \delta_{11}^B X_t d\varphi + dX_t \delta_{11} = 0$$

$$\beta = \frac{\delta_{11}}{\delta_{11}^B}, X_B = -\frac{\delta_{10}^B}{\delta_{11}^B}$$

とおき、まとめると

$$-X_B d\varphi + X_0 d\varphi + X_t d\varphi + \beta dX_t = 0$$

一般解は

$$X_t + X_0 - X_B = C \cdot e^{-\varphi/\beta}$$

初期条件として、 $\varphi = 0$  のとき  $X_t = 0$  なる条件により不静定力  $X_t$  は次式のようになる。

$$X_t = (X_B - X_0)(1 - e^{-\varphi/\beta}) \dots\dots\dots(5')$$

クリープ係数  $\varphi$  に対する不静定力  $X_t$  を比較すると、表-6 のようになる (ただし、このときの構造系は図-8 に示すとおりである。ここに、 $\alpha = 1.255$ ,  $\beta = 1.357$ ,  $\gamma = 0.772$  とし、 $X_0 = 441.5 \text{ t}$  の場合とする)。

両者の比較は、 $\varphi = 1.0 \sim 3.0$  の範囲で 87~93% となっている。

4) クリープの影響を考慮した場合の乾燥収縮による不静定力

表-3 従来の Dischinger の方法と遅れ弾性を考慮した場合の比較

クリープ係数	従来の Dischinger の方法	遅れ弾性を考慮	遅れ弾性を考慮した場合の従来の方法に対する%
$\varphi$	$1 - e^{-\varphi}$	$1 - \frac{e^{-\phi/1.4}}{1.4}$	
1.0	0.632	0.535	85
1.5	0.777	0.674	86
2.0	0.865	0.772	89
2.5	0.918	0.841	92
3.0	0.950	0.888	93

表-4 施工材令差が 15, 30, 60 日の場合のフロー値およびクリープ係数

材令差	フロー値		従来のクリープ係数	
	$\phi_L$	$\phi_R$	$\varphi_L$	$\varphi_R$
15 日	1.54	2.18	1.94	2.58
30 日	1.24	2.18	1.64	2.58
60 日	0.96	2.18	1.36	2.58

表-5 材令差のある場合の、従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合との不静定力の比較

	従来の方法			遅れ弾性を考慮した場合		
	15日	30日	60日	15日	30日	60日
$\alpha = \phi_L/\phi_R$	0.752	0.636	0.527	0.706	0.569	0.440
$\delta_{10}^*$	11 410	10 650	9 940	11 110	10 210	9 370
$\delta_{11}^*$	14.59	13.63	12.72	14.21	13.07	12.00
$\beta = \frac{\delta_{11}}{\delta_{11}^*}$	1.14	1.22	1.31	1.17	1.27	1.39
$X_L - X_0$	-390	-390	-390	-390	-390	-390
$\gamma = 1 - \frac{0.4}{1.4\beta}$	—	—	—	0.756	0.775	0.794
$X_t$	t·m -349	t·m -343	t·m -335	t·m -312	t·m -301	t·m -289
従来の方法に対する%				(89%)	(88%)	(86%)

表-6 斜張構造系における従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合の比較

クリープ係数	従来の方法	遅れ弾性を考慮	遅れ弾性を考慮した場合の従来の方法に対する%
$\varphi$	$1 - e^{-\varphi/\beta}$	$1 - \gamma \cdot e^{-\phi/\alpha}$	
1.0	0.521	0.451	87
1.5	0.669	0.587	88
2.0	0.771	0.689	89
2.5	0.842	0.766	91
3.0	0.890	0.824	93

表-7 クリープの影響を考慮した乾燥収縮による不静定力の従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合の比較

クリープ係数	従来の方法	遅れ弾性を考慮	遅れ弾性を考慮した場合の従来の方法に対する%
$\varphi$	$\frac{1 - e^{-\varphi}}{\varphi}$	$\frac{1 - e^{-\phi/1.4}}{\phi}$	
1.0	0.632	0.581	92
1.5	0.542	0.495	91
2.0	0.433	0.426	98
2.5	0.367	0.370	100
3.0	0.317	0.325	103

従来の方法による場合は次式で表わされる。

$$X_t = X_s \cdot \frac{1 - e^{-\varphi}}{\varphi} \dots\dots\dots(6')$$

従来の方法と、遅れ弾性を考慮した場合の不静定力の比較は表-7のようになる。

両者を比較すると、 $\varphi=1.0\sim 3.0$  の範囲で 92~103% となっている。

5) 急激な支点沈下の生じた場合

表-8 急激な反点沈下の生ずる場合の、従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合との比較

クリープ係数	従来の方法	遅れ弾性を考慮	遅れ弾性を考慮した場合の従来の方法に対する%
$\varphi$	$e^{-\varphi}$	$\frac{1}{1.4} e^{-\varphi/1.4}$	
1.0	0.368	0.465	126
1.5	0.223	0.326	146
2.0	0.135	0.228	169
2.5	0.082	0.159	194
3.0	0.050	0.112	224

表-9 4 径間連続橋 (分割施工)

(単位: t·m)

	支点番号	1	2	3
施工段階 1	従来の方法	- 586.1		
	遅れ弾性考慮	- 586.1		
	%	—		
2	従来の方法	-1944.7	- 586.1	
	遅れ弾性考慮	-1983.2	- 586.1	
	%	102%	—	
3	従来の方法	-1821.4	-1818.7	- 586.1
	遅れ弾性考慮	-1758.1	-1895.0	- 586.1
	%	97%	104%	—
4	従来の方法	-2207.4	-1582.4	-2301.5
	遅れ弾性考慮	-2141.9	-1571.8	-2270.6
	%	97%	99%	99%

ただし、従来の方法は  $\varphi=2.80$  とし、クリープ曲線を  $\varphi=2.8 \times (1 - e^{-t/70})$  として計算した。[文献 6] の方法により計算]

表-10 従来の方法において  $\varphi=2.0$  とした場合と、遅れ弾性を考慮した場合との比較

		①	②			③	④	⑤		
クリープ係数		Dischinger の公式	2 径間分割施工の場合			斜張構造系	乾燥収縮	急激な支点沈下		
従来の方法	$\varphi=2.0$	$1 - e^{-\varphi}$	$1 - e^{-\varphi/\beta}$			$1 - e^{-\varphi/\beta}$	$\frac{1 - e^{-\varphi}}{\varphi}$	$e^{-\varphi}$		
		0.865	15 日	30 日	60 日	0.771	0.433	0.135		
遅れ弾性を考慮した方法	有効部材厚	クリープ係数	$1 - \frac{e^{-\varphi/1.4}}{1.4}$	$1 - \gamma \cdot e^{-\varphi/\beta}$			$1 - \gamma \cdot e^{-\varphi/\alpha}$	$\frac{1 - e^{-\varphi/1.4}}{\varphi}$	$\frac{\varphi - \varphi/1.4}{1.4}$	
			0.871	15 日	30 日	60 日	0.803	0.342	0.129	
			$d=20$ cm	$\varphi=2.80$	0.842	0.820	0.792	0.792	0.351	0.138
			$d=30$	$\varphi=2.70$	0.836	0.814	0.790	0.777	0.360	0.151
			$d=40$	$\varphi=2.50$	0.849	0.825	0.807	0.772	0.366	0.155
			$d=50$	$\varphi=2.54$	0.845	0.820	0.803	0.776	0.370	0.159
$d=60$	$\varphi=2.50$	0.841	0.817	0.802	0.784					
遅れ弾性を考慮した方法の従来の方法に対する%		101~97%	101~98%	101~99%	104~103%	104~99%	79~85%	96~118%		

従来の方法による場合、次式で表わされる。

$$X_{t\infty} = X_0 e^{-\varphi} \dots\dots\dots(7')$$

従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合の不静定力の比較は表-8のようになる。両者を比較するとクリープ係数  $\varphi=1.0\sim 3.0$  の範囲で 126~224% と非常に大となっている。

6) 多径間連続橋 (分割施工) の場合。

従来の方法としては文献 6) によるが、クリープ係数  $\varphi=2.8$  とした場合と、遅れ弾性を考慮した場合 (クリープ係数  $\varphi=2.4+0.4=2.8$ ) との曲げモーメント比較表-9のようになる。

表-9 から、両者の最終値の差はほとんどないが、各施工段階途中での曲げモーメントはかなり異なっている。

(2) 従来の方法において  $\varphi=2.0$  とした場合と、有効部材厚を  $d=20\sim 60$  cm として、遅れ弾性を考慮した場合との比較

従来の方法では、通常の断面で早強セメントを使用しコンクリート打設後 4~5 日で載荷される場合のクリープ係数は  $\varphi=2.0$  として用いられている。

これに対し、遅れ弾性を考慮した場合、有効部材厚によりフロー値および進行度がかなり異なってくるものである。また、現在よく使用されている箱型断面 ( $H=3.0$  m)、ホロースラブ断面 ( $H=1.0$  m) での有効部材厚  $d$  を計算すると 60 cm 前後となっているようである。

そこで、従来の方法で  $\varphi=2.0$  とした場合と有効部材厚を 20~60 cm に変え遅れ弾性を考慮した場合とを、各構造系において比較した。

両者の比較は表-10, 11 のようになる。

表-10 から、構造系 ①~③ までは両者の差は 4% 以内に入っており、差はほとんどないが、構造系 ④, ⑤

表-11 4 径間連続橋（分割施工）において、従来の方法と遅れ弾性を考慮した場合との支点曲げモーメントの比較

(単位: t・m)

		支点番号	1	2	3
構造系⑥	1	従来の方法	- 586.1		
		遅れ弾性を考慮 %	- 586.1		
	2	従来の方法	-1856.1	- 586.1	
		遅れ弾性を考慮 %	-1983.2	- 586.1	
3	従来の方法	-1719.1	-1774.5	- 586.1	
	遅れ弾性を考慮 %	-1758.1	-1895.0	- 586.1	
4	従来の方法	-2126.2	-1564.2	-2245.0	
	遅れ弾性を考慮 %	-2141.9	-1571.8	-2270.6	

ただし、従来の方法では  $\phi=2.0$  とし、クリープ曲線を  $\phi=2.0 \times (1-e^{-t/170})$  として計算した。[文献 6) の方法により計算]

の場合は 15~21% の差が生じている。

構造系 ⑥ (表-11) における比較は、最終状態での曲げモーメントの差はほとんどないが、各施工段階がの曲げモーメントは 7% 程度の差が生じている。

### 5. おわりに

以上、遅れ弾性を考慮した場合のクリープによる不静定力について計算を行い、従来の方法と比較した結果、次のような結論を得た。

① 両者のクリープ係数を同じとした場合の不静定力の計算値は全体的に従来の方法に対して 85~90% (支点沈下の場合は除く) になった。しかし。

② 従来の方法で、 $\phi=2.0$  とした場合と、遅れ弾性を考慮し有効部材厚を  $d=20\sim60$  cm とした場合では、単純桁を支点上で連結する場合、2 径間連続桁の分割施工の場合、斜張構造系等においては約 4% の差の範囲に入っている。

③ 多径間連続桁の分割施工における各施工段階での断面力では 7% 程度の差が生じている。

④ 材令差が大きくなる場合、遅れ弾性の影響が無視できなくなる。また

⑤ このように材令差を考慮する場合、早強セメントが普通セメントかによりフロー進行度が異なってくるため、その影響も大きくなる傾向にある。

⑥ コンクリート桁のたわみ等の変形量の計算では、クリープ係数  $\phi=\phi+0.4$  が従来の値より大となるので変形量は大きくなる。

以上のように DIN, CEB 等の取り扱っているクリープフロー値、遅れ弾性係数を使用して各種の計算を行ったが、従来の方法と比較し多少の差が生ずることが分った。将来の PC 部材の設計においてこれらの条件を考慮することは我が国において重要な要素となる傾向にある事を考えて、検討を行った次第である。

今後の課題として、環境条件、有効部材厚、温度等の諸条件を考えたクリープ係数の確立が望まれる。

最後に、本検討が PC 部材の設計に当たって何らかの参考資料となれば幸いである。

### 参 考 文 献

- 1) 猪股俊司: プレストレストコンクリートに対するクリープの影響, プレストレストコンクリート Vol. 18, No. 2, April 1976.
- 2) 百島祐信・訳: コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮, H. リュツシュ著
- 3) 猪股俊司: クリープ問題における回復クリープ成分無視の影響, コンクリート工学 Vol. 15, No. 1, Jan. 1977.
- 4) Prof. Dr.-Ing. Hubert Rüschi & Dr. Ing.: Dieter Jungwirth Berücksichtigung der Einflüsse von Kriechen und Schwinden auf das Verhalten der Tragwerke Stahlbeton-Spannbeton Band 2.
- 5) Fritz Leonhardt: Vorlesungen über Massivbau Erster Teil.
- 6) 荒川・若狭・野村: 分割施工される連続桁の断面力 プレストレストコンクリート, Vol. 14, No. 3, 1972.
- 7) Beton-Kalender, 1975.

1977. 3. 9・受付

### ▶ 刊行物案内 ◀

## プレストレスト コンクリート 第7回 FIP 大会特集増刊号 (英文)

体 裁: B5判 117 頁

定 価: 1800 円 (会員特価 1500 円)

送 料: 200 円

内 容: 1974 年 5 月ニューヨークで開かれた FIP (国際プレストレッシング連盟) 大会にわが国より提出された論文 (英文) をとりまとめたもので、詳細は会誌 16 巻 2 号参照。