

PC3径間連続桁分割施工におけるクリープ により発生する2次不静定力について

西山啓伸*・中村恒一**
徳良賢一*・山本浩生**

1. まえがき

連続桁の分割施工を行なうと連続桁完成順序ともなう弾性理論による不静定力は連続桁完成後に生ずるコンクリートのクリープにより変化する。コンクリートのクリープにより発生する不静定力は、

(1) 自重に対して一括施工をすれば発生しないが、分割施工をするとコンクリートの材令の差およびクリープを生ずる構造系列の移行により不静定力が発生する。

(2) スプレストレスに対しては特定の場合をのぞいて一括施工の場合も不静定は発生するが分割施工をすることにより自重における同じように不静定力が変化する。

ここでは3径間連続桁を第1次施工、第2次施工と2回に分けて施工した場合に、コンクリートのクリープにより発生する不静定力を猪股博士の論文を適用して解析したものである。

本例題は、首都高速道路1号線(106)工区の立体交差部の3径間連続桁で、分割点および径間割は現地の交通事情の制約を受け決定されたものである。

2. 自重のみを考慮した場合のコンクリートの クリープにより発生する2次不静定力

いま、第1次施工と第2次施工に分けて3径間連続桁を架設するものとする。

第1次施工では図-1のように張出部を有する単純桁として施工し、つぎに支保工を図-2の第2次施工区間に転用して、第2次施工区間を施工し3径間連続桁を完成する。

図-1 第1次施工桁自重による
曲げモーメント図

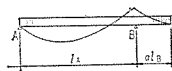


図-1の状態では不静定は生じないが、第2次施工の自重は図-2のように

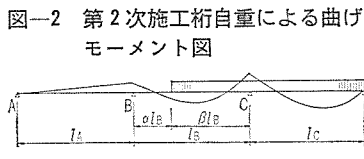


図-2 第2次施工桁自重による曲げ
モーメント図

* 首都高速道路公団第一建設部

** オリエンタルコンクリートKK技術部

3径間連続桁の分割点から支点Dまでの区間に載荷した状態であるので不静定力が生ずる。

いま第2次施工完了直後においては、施工順序にしたがって自重が作用した場合の弾性理論による曲げモーメントのみである。第2次施工後、時間の経過とともにコンクリートにクリープが起こると支点B,C上に2次不静定力が発生する。この2次不静定力の発生を考慮して解を求める。

(1) クリープ曲線の仮定

クリープ曲線をつぎのように仮定する。

$$\varphi = \varphi_n(1 - e^{-xt})$$

第1次施工直後より第2次施工終了までの時間を t_1 とすると、第1次、第2次施工のコンクリートのクリープ係数はそれぞれ

$$\text{第1次施工区間} \quad \varphi = e^{-xt} \cdot \varphi(t - t_1)$$

$$\text{第2次施工区間} \quad \varphi = \varphi(t - t_1)$$

となる。

(2) 第2次施工直後の曲げモーメント

いま $t = t_1$ (第2次施工完了直後)ときはクリープによる2次不静定力は発生しないから、弾性理論で求められる不静定力が生ずるのみである。ここに支点B,Cの不静定曲げモーメントをそれぞれ X_B, X_C とすると、支点B,Cで相対角変化がそれぞれ0となる条件より

$$X_B \tau_{BB} + X_C \tau_{BC} - \tau_{dB} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$X_B \tau_{CB} + X_C \tau_{CC} - \tau_{dC} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

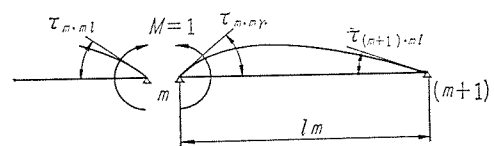
両式を解いて X_B, X_C が求められる。ここで $\tau_{BB}, \tau_{BC}, \tau_{CB}, \tau_{CC}$ は

$$\tau_{d \cdot m \cdot r} = \tau_{d \cdot m \cdot r}^I + \tau_{d \cdot m \cdot r}^{II}$$

$$\tau_{d \cdot m \cdot l} = \tau_{d \cdot (m+1) \cdot l}^I + \tau_{d \cdot (m+1) \cdot l}^{II}$$

図-4は $\beta \cdot l_m$ 区間に自重が作用した場合に単純桁としたときの支点 $m, (m+1)$ のたわみ角。

図-3 支点 m に単位モーメントが作用した場合のたわみ角図



$$\tau_{m \cdot l} = \tau_{m \cdot l}^I + \tau_{m \cdot l}^{II}$$

図-4

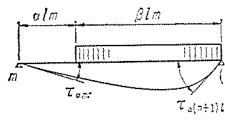


図-5

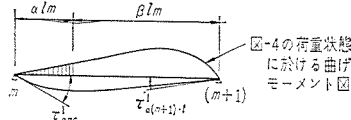


図-4の荷重状態に於ける曲げモーメント図

図-5は $\beta \cdot l_m$ 区間に自重が作用した場合に曲げモーメント図を $1/EJ_2$ 倍した弾性荷重の $\alpha \cdot l_m$ 区間のみを考えたとき、単純桁としての支点 $m, (m+1)$ のたわみ角。

図-6

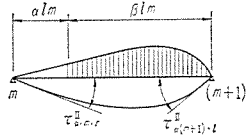


図-6は $\beta \cdot l_m$ 区間に自重が作用した場合に $\beta \cdot l_m$ 区間のみを考えたとき、単純桁としての支点 $m, (m+1)$ のたわみ角。

(3) コンクリートのクリープが起ったのちに発生する2次不静定力の計算

$\alpha \cdot l_m, \beta \cdot l_m$ 区間は分割点の左右の区間であり、クリープ係数が異なるのでクリープにより発生するモーメントを求めるときには分けて考える。

第2次施工直後、すなわち $t=t_1$ 時における支点 B, Cでの連続条件式を求めるとつぎのようになる。

ここで $t=t_1 + \Delta t$ における発生モーメントを $\Delta X_{Bt}, \Delta X_{Ct}$ とすると支点 B, C で相対角変化がそれぞれ0となる条件より

$$(X_B + \Delta X_{Bt}) \{ \tau_{BB \cdot I} \cdot e^{-xt} + \tau_{BBr \cdot I} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{BBr \cdot II} \} d\varphi + d\Delta X_{Bt} \cdot \tau_{BB} - \{ \tau_{d \cdot BI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{dB \cdot I} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{dB \cdot II} \} d\varphi + (X_C + \Delta X_{Ct}) \{ \tau_{Bcr \cdot I} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{Bcr \cdot II} \} d\varphi + dX_{Ct} \tau_{Bcr} = 0 \text{ (支点Bについて)} \dots (4)$$

$$(X_B + \Delta X_{Bt}) \{ \tau_{cBI} \cdot e^{-xt} + \tau_{cBI} \cdot II \} d\varphi + d\Delta X_{Bt} \cdot \tau_{cBt} + (X_C + \Delta X_{Ct}) \{ \tau_{ccl} \cdot I \cdot e^{-xt_1} + \tau_{ccl} \cdot II + \tau_{ccr} \} d\varphi + d\Delta X_{Ct} \cdot \tau_{cc} - (\tau_{dcl} \cdot I \cdot e^{-xt_1} + \tau_{dcl} \cdot II + \tau_{dcr}) d\varphi = 0 \dots (5)$$

図-7

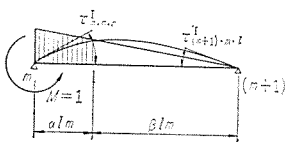
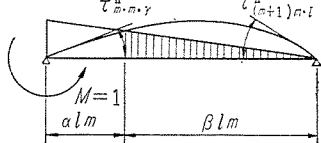


図-8



$\tau_{mmr}, \tau_{(m+1)ml}$: m 支点到に単位モーメント $M=1$ を作用させたとき、 $\alpha \cdot l_m$ 区間のみを考慮したときの単純桁 $m \cdot (m+1)$ の支点上のたわみ角。

$\tau_{mmr}^{II}, \tau_{(m+1)ml}^{II}$: m 支点到に単位モーメント $M=1$ を作用させたとき $\beta \cdot l_m$ 区間のみを考慮したときの単純桁 $m, (m+1)$ の支点上のたわみ角

同様にして

$\tau_{m(m+1)}^I, \tau_{(m+1)(m+1)}^I$: $(m+1)$ 支点到に単位モーメント $M=1$ を作用させたとき $\alpha \cdot l_m$ 区間のみを考慮したときの単純桁 $m, (m+1)$ の支点上のたわみ角。

$\tau_{m(m+1)r}^{II}, \tau_{(m+1)(m+1)r}^{II}$: $(m+1)$ 支点到に単位モーメント $M=1$ を作用させたとき $\beta \cdot l_m$ 区間のみを考慮したときの単純桁 $m, (m+1)$ の支点上のたわみ角。

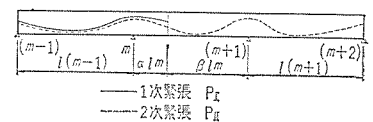
また張出部のモーメントによる影響を $\tau_{dmr}^I, \tau_{d(m+1)}^I$ とし、それぞれ $\tau_{dmr}^I, \tau_{d(m+1)}^I$ に追加する。

以上の結果 (4), (5) の連立微分方程式を解くことにより、自重のみを考慮したとき、分割施工によって生ずるクリープのために発生する2次不静定力は求められる。

3. プレストレスにより生ずる不静定力のコンクリートのクリープによる変化

これも自重の場合と同様に考えて2次施工完了時を2次緊張完了時と考える。 $t=t_1$ において生ずるプレストレスによる弾性変形にともなう不静定力は、コンクリートがクリープすることにより生ずる2次不静定力のために変化する。

図-9



1次緊張時は静定構造であるからプレストレスによる不静定力は生じないが2

次緊張終了直後 $t=t_1$ において3径間連続桁となり (2) で述べたと同様に2次プレストレスによる不静定力が生ずる。

(1) 2次緊張のみによる不静定力

図-10 1次緊張による $P_I C_P$

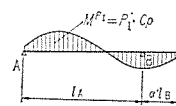
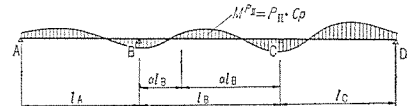


図-11 2次緊張による P_{II}, C_P



$t=t_1$, 2次緊張直後の支承上に生ずる弾性変形による不静定曲げモーメントを $X_B^{P_{II}}, X_C^{P_{II}}$ とし、支点上の連続条件式を求めると、

$$X_B^{P_{II}} \tau_{BB} + X_C^{P_{II}} \tau_{BC} - \{ \tau_{P_{II}BI} + \tau_{P_{II}Br} \} = 0 \dots (6)$$

$$X_B^{P_{II}} \tau_{CB} + X_C^{P_{II}} \tau_{CC} - \{ \tau_{P_{II}Cl} + \tau_{P_{II}Cr} \} = 0 \dots (7)$$

両式を解いて $X_B^{P_{II}}, X_C^{P_{II}}$ を求める。

ここで

$$\tau_{P_{II}BI} = \frac{1}{l_C} \int_0^{l_C} \frac{M P_{II}}{E I_C} (l_C - x) \cdot dx$$

$$\tau_{P_{II}Br} = \frac{1}{l_B} \int_0^{l_B} \frac{M_{P_{II}}}{EI_B} \cdot x \cdot dx$$

$M_{P_{II}} = P_{II} \cdot e_P$ x : 左端からの距離

(2) 2次施工後コンクリートのクリープにより発生するプレストレスのみを考慮した場合の2次不静定力

プレストレッシングのみを考えたとき、1次緊張の影響も考慮すれば式(4)、(5)はそのまま成立する。

$t = \Delta t_1$ における発生モーメントを ΔX_{Bt}^P , ΔX_{Ct}^P とすると、支点 B, C で相対角変化がそれぞれ0となる条件より

$$(X_{Bt}^P + \Delta X_{Bt}^P) \{ \tau_{BBI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{BBr} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{BBr}^{II} \} \times d\varphi + (X_{Ct}^P + \Delta X_{Ct}^P) \{ \tau_{BCI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{BCr}^{II} \} d\varphi + d \Delta X_{Bt}^P \tau_{BB} + d \Delta X_{Ct}^P \tau_{BC} - \{ \tau_{PBI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{PBr}^I \cdot e^{-xt_1} + \tau_{PBr}^{II} \} d\varphi = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$(X_{Bt}^P + \Delta X_{Bt}^P) \{ \tau_{CBI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{CBr}^{II} \} d\varphi + (X_{Ct}^P + \Delta X_{Ct}^P) \{ \tau_{CCI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{CCr}^{II} + \tau_{CCr} \} d\varphi + d \Delta X_{Bt}^P \tau_{CB} + d \Delta X_{Ct}^P \tau_{CC} - \{ \tau_{PCI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{PCr}^{II} + \tau_{PCr} \} d\varphi = 0 \dots\dots\dots (9)$$

ここで τ_{BB} , τ_{CC} , τ_{CB}^I , τ_{CB}^{II} ……等(I)の記号参照

$$\tau_{PBr}^I = \frac{1}{l_B} \int_0^{al_B} \frac{M_P}{EI_B} (l_B - x) \cdot dx$$

$$\tau_{PBr}^{II} = \frac{1}{l_B} \int_{al_B}^{l_B} \frac{M_P}{EI_B} (l_B - x) \cdot dx$$

$$\tau_{PcI}^I = \frac{1}{l_B} \int_0^{al_B} \frac{M_P}{EI_B} \cdot x \cdot dx$$

$$\tau_{PcI}^{II} = \frac{1}{l_B} \int_{al_B}^{l_B} \frac{M_P}{EI_B} \cdot x \cdot dx$$

$$\tau_{PBI} = \frac{1}{l_A} \int_0^{l_A} \frac{M_P}{EI_A} \cdot x \cdot dx$$

$$\tau_{PcI} = \frac{1}{l_C} \int_0^{l_C} \frac{M_P}{EI_C} \cdot (l_C - x) \cdot dx$$

$$M_P = P_I \cdot e_P + P_{II} \cdot e_P$$

P_I : 1次緊張のプレストレス

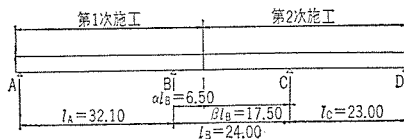
P_{II} : 2次緊張のプレストレス

(8), (9) の連立微分方程式を解くことにより、プレストレスのみを考慮したとき、分割施工によって生ずるクリープにより発生する2次不静定力は求められる。

4. 設計例

(1) 自重のみを考慮した場合のコンクリートのクリープにより発生する2次不静定力

図-12 側面図



つぎのような断面寸法で、第1次施工として張出部6.50mを有する単純桁を架設する。つぎに第2次施工を行ない3径間連続桁の完成となる。このとき、第2次施工の支保工の除去は第1次支保工除去後30日とする。

図-13 断面図

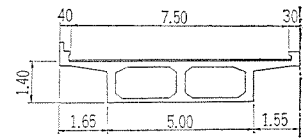


図-14 第1次施工自重による曲げモーメント

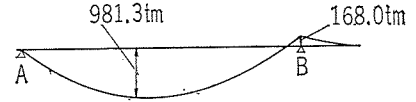


図-14, 15 のように支保工を転用しながらコンクリート打設を行なうものとする。3径間連続桁完成後コンクリートのクリープの影響を考慮しない弾性理論による曲げモーメントは図-16 のようになる。

図-15 第2次施工自重による曲げモーメント

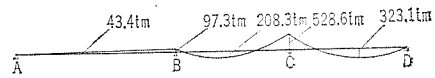
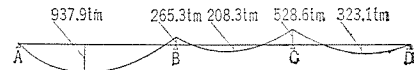


図-16 第2次施工後自重による曲げモーメント (図-13+14)



a) クリープ係数 クリープ曲線 $\varphi = \varphi_n(1 - e^{-xt})$

PC設計施工指針における最終クリープ係数 $\varphi = 2$ および1ヵ月後のクリープ進行度を採用すると、 $x = 1/135$, $t = 30$ 日では $e^{-xt} = 0.8$ となる。

b) 自重のみを考慮した場合のコンクリートのクリープにより発生する二次不静定力 式(4), (5) の ΔX_{Bt} , ΔX_{Ct} に関する連立微分方程式を解く。

つぎの諸係数を用いる。

$$N = \{ (\tau_{BBI} + \tau_{BBr}^I) \cdot e^{-xt} + \tau_{BBr}^{II} \}$$

$$N' = (\tau_{CCI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{CCr}^{II} + \tau_{CCr})$$

$$a_{BB} = \frac{\tau_{BB}}{N} \quad a_{BC} = \frac{\tau_{BCr}}{N}$$

$$a_{BD} = \frac{\tau_{BCr}^I \cdot e^{-xt_1} + \tau_{BCr}^{II}}{N}$$

$$X_{Be} = \frac{(\tau_{dB}I + \tau_{dB}r) e^{-xt_1} + \tau_{dB}r}{N}$$

$$a_{CB} = \frac{\tau_{CBI}}{N'} \quad a_{CC} = \frac{\tau_{CC}}{N'}$$

$$a_{CD} = \frac{\tau_{CBI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{CBI}^{II}}{N'}$$

$$X_{Ce} = \frac{\tau_{dCI} \cdot e^{-xt_1} + \tau_{dCI}^{II} \cdot Cl + \tau_{dCI}r}{N'}$$

よって式(4), (5)は

$$a_{BB} \cdot \frac{d \Delta X'_{Bt}}{d \rho} + a_{BC} \cdot \frac{d \Delta X'_{Ct}}{d \rho} + (\Delta X_{Bt} + X_B)$$

$$+a_{BD}(\Delta X_{Bt}+X_C)-X_{Be}=0 \dots\dots\dots(10)$$

$$acc \cdot \frac{d \Delta X_{Bt}}{d \varphi} + acc \frac{d \Delta X_{Ct}}{d \rho} + a_{C \cdot D}(\Delta X_{Bt}+X_B) + (\Delta X_{Ct}+X_C) - X_{Ce} = 0 \dots\dots\dots(11)$$

となる。式(10), (11) をつぎのように整理する

$$P = \frac{acc - a_{BC} \cdot a_{BD}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

$$Q = \frac{acc \cdot a_{BD} - a_{BC}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

$$U = -P \cdot X_B - Q X_C + \frac{acc X_{Be} - a_{BC} \cdot X_{Ce}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

$$R = \frac{a_{BC} \cdot a_{CD} - a_{CB}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

$$S = \frac{a_{BB} - a_{CB} \cdot a_{BD}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

$$V = -R X_B - S X_C + \frac{a_{BB} \cdot X_{Ce} - a_{CB} \cdot X_{Be}}{a_{BB} \cdot acc - a_{BC} \cdot a_{CB}}$$

よって

$$\frac{d \Delta X_{Bt}'}{d \varphi} + (P \Delta X_{Bt} + Q \Delta X_{Ct}) = U \dots\dots(12)$$

$$\frac{d \Delta X_{Ct}'}{d \varphi} + (R \Delta X_{Bt} + S \Delta X_{Ct}) = V \dots\dots(13)$$

式(12)に式(13)を加算する。この場合、つぎの条件を満足する λ を求める。

$$\left. \begin{aligned} P + lR &= \lambda \\ Q + lS &= \lambda \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

$$(P - \lambda)(S - \lambda) - R \cdot Q = 0 \dots\dots\dots(15)$$

式(13)に l を乗じて式(12)に加えるとつぎの式をうる

$$\frac{d}{d \varphi} (\Delta X_{Bt} + l \Delta X_{Ct}) + \lambda (\Delta X_{Bt} + l \Delta X_{Ct}) = (U + lV)$$

よって一般解はつぎのようになる。

$$\Delta X_{Bt} + l \Delta X_{Ct} = e^{l - \lambda \varphi} \cdot \left\{ A + (U + lV) \int e^{\lambda \varphi} \cdot d \varphi \right\} \dots\dots\dots(16)$$

式(15)で求められた λ_1, λ_2 に対し式(4)より l_1, l_2 が定められる。

$\lambda_1, \lambda_2, l_1, l_2$ より式(16)は

$$\Delta X_{Bt} + l_1 \Delta X_{Ct} = e^{-\lambda_1 \varphi} \left\{ A_1 + \left(\frac{U + l_1 V}{\lambda_1} \right) \cdot e^{\lambda_1 \varphi} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

$$\Delta X_{Bt} + l_2 \Delta X_{Ct} = e^{-\lambda_2 \varphi} \left\{ A_2 + \frac{U + l_2 V}{\lambda_2} \cdot e^{\lambda_2 \varphi} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

式(17),(18)の初期条件は $t = t_1$ において

$$\varphi = 0 \quad \Delta X_{Bt} = 0 \quad \Delta X_{Ct} = 0$$

これを用いて A_1, A_2 が定められ解がえられる。

以上の式に 106 工区の諸条件を代入する。

$$\begin{aligned} l_A &= 32.10 \text{ m} & \alpha \cdot l_B &= 6.50 & \alpha &= 0.271 \\ l_B &= 24.00 \text{ m} & \beta \cdot l_B &= 17.50 & \beta &= 0.729 \end{aligned}$$

$$l_C = 23.00$$

諸係数

$$EIN = \left\{ \frac{l_1}{3} + \frac{l_2}{3} (1 + \beta + \beta^2) \alpha \right\} \cdot e^{-\alpha t_1} + \frac{l_2}{3} \cdot \beta^3 = 15.58$$

$$EIN' = \frac{l_2}{3} \cdot \alpha^3 \cdot e^{-\alpha t_1} + \frac{l_2}{3} \cdot \beta \cdot (1 + \alpha + \alpha^2) + \frac{l_3}{3} = 15.64$$

$$EIa_{BB} = \frac{l_1 + l_2}{3} = 1.200 \quad EIa_{BC} = \frac{l_2}{6} = 0.257$$

$$EIa_{BD} = \frac{\frac{l_2}{6} \cdot \alpha^2 \cdot (3 - 2\alpha) \cdot e^{-\alpha t_1} + \frac{l_2}{6} \cdot \beta^2 (3 - 2\beta)}{N}$$

$$= 0.248$$

$$EIa_{CB} = \frac{l_2}{6} = 0.256 \quad EIa_{CC} = \frac{\frac{l_2}{3} + \frac{l_3}{3}}{N'} = 1.000$$

$$EIa_{CD} = \frac{\frac{l_2}{6} \cdot \alpha^2 \cdot (3 - 2\alpha) \cdot e^{-\alpha t_1} + \frac{l_2}{6} \cdot \beta^2 \cdot (3 - 2\beta)}{N'}$$

$$= 0.246$$

$$X_{BC} = 734.3 \text{ t} \cdot \text{m} \quad X_{Ce} = 523.6 \text{ t} \cdot \text{m}$$

a, X より

$$P = 0.826 \quad Q = -0.008 \quad R = 0.0345 \quad S = 1.003$$

支点モーメント

$$X_B = 97.3 \text{ t} \cdot \text{m} \quad X_C = 528.6 \text{ t} \cdot \text{m}$$

よって

$$U = 452.7 \quad V = -145.2$$

$\lambda_1, \lambda_2, l_1, l_2$ は

$$(0.826 - \lambda)(1.003 - \lambda) + 0.0343 \times 0.008 = 0$$

$$\lambda_1 = 1.003 \quad \lambda_2 = 0.828$$

$$l_1 = 5.072 \quad l_2 = 0.0579$$

式(17), (18)は

$$\Delta X_{Bt} + 5.072 \Delta X_{Ct} = A_1 \cdot e^{-1.001 \times 2} + \frac{452.7 + 5.072 \times (-145.2)}{1.001}$$

$$\Delta X_{Bt} + 0.0579 \Delta X_{Ct} = A_2 \cdot e^{-0.828 \times 2} + \frac{452.7 + 0.0579 \times (-145.2)}{0.828}$$

$t_1 = t_2$ において

$$A_1 = 283.5 \quad A_2 = -536.5$$

$$\begin{cases} \Delta X_{Bt} + 5.072 \Delta X_{Ct} = -245.2 \\ \Delta X_{Bt} + 0.0579 \Delta X_{Ct} = 434.6 \end{cases}$$

方程式を解くと

$$\Delta X_{Bt} = 442.6 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \Delta X_{Ct} = -135.6 \text{ t} \cdot \text{m}$$

図-17 クリープによる発生モーメント

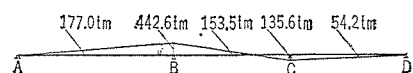


図-18 クリープを考慮した場合の自重による曲げモーメント (図-15+16)

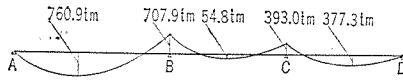
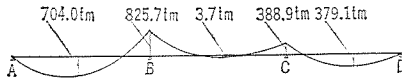


図-19 3 径間一括施工したと考えた場合の自重による曲げモーメント



(2) プレストレスにより生ずる不静定力のコンクリートのクリープによる変化

図-20,21 に示す P, e_P は PC 鋼線引張力 1 本あたり 1 t と仮定した場合の 1 web 当りの値

図-20 1 次緊張による P_I, e_P

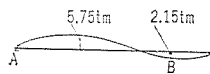
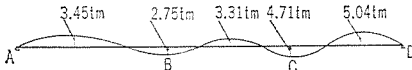


図-21 2 次緊張による P_{II}, e_P



2 次緊張によって起る発生モーメント

$$X_{Be}P = 2.500 \quad X_{Ce}P = 0.646$$

ただし $X_{Be}P, X_{Ce}P$ は PC 鋼線 1 本あたり 1 t と仮定した場合に

2 次緊張により生ずる弾性変形にともなう 2 次モーメント

以下係数 N, N', a, P その他は桁自重の項参照
支点モーメント

$$X_B P = 0.58 t \cdot m \quad X_C P = 0.59 t \cdot m$$

よって

$$U = 1.584 \quad V = -0.494$$

式 (17), (18) は上値よりつぎのようになる。

$$\Delta X_{Bt}P + 5.072 \Delta X_{Ct}P = A_1 \cdot e^{-1.001 \times 2} + \frac{1.584 + 5.072 \times (-0.494)}{1.001}$$

$$\Delta X_{Bt}P + 0.0579 \Delta X_{Ct}P = A_2 \cdot e^{-0.828 \times 2} + \frac{1.584 + 0.0579 \times (-0.494)}{0.828}$$

$t=t_1$ において

$$A_1 = 0.920 \quad A_2 = -1.878$$

$$\begin{cases} \Delta X_{Bt}P + 5.072 \Delta X_{Ct}P = -0.796 \\ \Delta X_{Bt}P + 0.0579 \Delta X_{Ct}P = 1.522 \end{cases}$$

方程式を解くと

$$\Delta X_{Bt}P = 1.547 \quad \Delta X_{Ct}P = -0.462$$

これらの値より実際のモーメントに換算して示すと図-22~25 のようになる。

図-22 2 次緊張のみによって起る弾性変形による発生モーメント

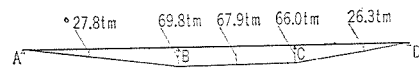


図-23 クリープによる発生モーメント

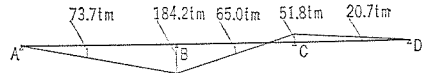


図-24 クリープを考慮した場合のプレストレスによる 2 次不静定モーメント (図-21+22)

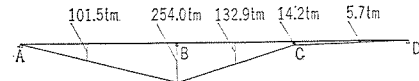
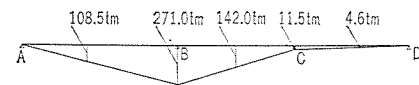


図-25 3 径間一括緊張したと考えた場合のプレストレスによる不静定モーメント



4. む す び

3 径間連続桁の分割施工を行なった場合、コンクリートのクリープによる不静定 2 次モーメントの計算を行なった。

自重に対しては 図-15 は弾性理論により計算したものであり、コンクリートにクリープが生じないと考えればこれが最終の自重によるモーメントとなる。しかし実際には 図-16 のクリープによるモーメントが生じ、最終的には 図-17 が自重によるモーメントとなる。これは 図-18 の 3 径間一括施工を行なったと仮定した自重によるモーメントに近づいてくる。この傾向は分割点を支点上においた場合が最も顕著である。

以上のことから分割施工の完成後、コンクリートがクリープを生ずることによりモーメントの再分配が行なわれ施工順序による弾性計算値とかなり異なった値を示し、クリープ完了時には全径間一括施工を行なった場合のモーメントに近づいてゆく。また立地条件の制限がない場合は分割点を適当に選定すると、クリープを生ずることにより発生する不静定モーメントを最小にすることも可能である。これは施工順序にともなう弾性計算による自重モーメントの値がこれを一括施工で行なったとして計算したものとの差が少なくなるような分割点を選定すればよい。このように分割点を決めればモーメントの移行量が少ないわけでありクリープによる 2 次不静定力は最小となる。

以上は桁自重について述べたが、プレストレスによる弾性変形にともなう不静定力についてもまったく同様であり、 図-21 は弾性計算による不静定力であり実際にはクリープにより生ずるモーメント、 図-22 を加えた

ものになり最終的には 図-23 となる。これは三径間を一括施工しこれを同時に緊張した値に近づいてくる。

以上のごとくコンクリートのクリープにより生ずる2次不静定モーメントは施工方法によりかなり大きな値を示すものであるが、詳細な計算はかなり複雑であり、またクリープの諸元も種々の条件によりかなり異なるものである。よって設計としては* 近似計算式を用いて設計計算を行なってよいと思われるが、これら分割施工を行なった場合、一般に1ヵ月ないしは2ヵ月の工程の差が生ずるが、このような条件のもとでクリープを考慮することにより、ほとんどの場合、最終の構造系列を一括施工した場合の弾性計算値に近づくという性質から不静定力の上限界と下限界とに対しては断面の検討を行なうべきであろうと思われる。

最後に今後プレキャスト筋を用いた不静定構造物が工期の軽減という面でさかんに用いられると思うが、これらについても全く同じような考え方で解析できるもので

* 参考文献 1), 2) 参照

あります。

今後の分割施工の計画にあたり、われわれのとぼしい経験ではありますが少しでも参考になれば幸いと存じます。

参 考 文 献

- 1) 猪股俊司：“不静定コンクリート構造物においてクリープにより発生する不静定力の計算方法”セメント・コンクリート No. 197, 1963.7
- 2) 野口 功：“鬼怒川鉄道橋の設計および測定について”プレストレスト・コンクリート Vol. 4, No. 1 February 1962
- 3) 猪股俊司：“プレストレスト・コンクリートの設計および施工”技報堂
- 4) 坂, 岡田, 六車：“プレストレストコンクリート”朝倉書店
- 5) F.I.P. Third Congress Session III Paper No. 18. Erfahrungen beim Bau von Vorgespannten Durchlaufträgern in abschnittsweiser Herstellung 1958 Berlin
- 6) A.H. Mattock: Precast-Prestressed Concrete Bridge, 5 Creep and Shrinkage Studies. Journal of the P. C. A. Research and Development Laboratories May 1961

1963.11.10・受付

プレストレストコンクリート
建設工事 / 設計・施工・製品の製造・販売



小西六写真工業八王子工場
 工場棟 組立式PC造10,440m²
 事務棟 現場打一体式PC造10,230m²



オリエンタルコンクリート株式会社

取締役会長 松井春生 取締役社長 小林郁文

本社 東京都千代田区五番町5 電話東京 (261) 1171 (代)
 営業所 大 阪 ・ 福 岡
 出張所 北海道・仙台・名古屋・広島・宮崎
 工場 多摩・尻無川・鳥栖・滋賀・旭川