

V-55

コンクリートアーチの時間依存性応力解析

秋田大学大学院 学生員 ○庄 永海
秋田大学 谷 佳子
秋田大学 佐藤 光弘

1. はじめに

コンクリートアーチはクリープ、乾燥収縮により、その断面力と変位が時間とともに変化する。本研究では、ライズ比を変化させた放物線アーチの時間依存性応力解析を行うことにより、コンクリート固定アーチの応力と変形の変化を明らかにするものである。

2. 解析方法

解析には、平面骨組の直線部材に関する有限要素法を用いた。部材断面の基準点Oは断面図心に設定する。

(1) 材齢 $t = t_0$ で、部材の剛性方程式は式(1)により表される。

$$\{X\} = [K]\{U\} + \{X_0\} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 $\{X\}$ ：外力ベクトル、 $[K]$ ：部材剛性マトリックス、 $\{U\}$ ：節点変位、 $\{X_0\}$ ：荷重項である。

(2) 材齢 $t = t_0 \sim t$ の期間で、部材の剛性方程式は式(2)により表される。

$$\{\Delta X\} = [\bar{K}]\{\Delta U\} + \{\Delta X_0\} \quad \dots \dots (2)$$

ここで、 $\{\Delta X\}$ ：外力ベクトルの変化量、 $[\bar{K}]$ ：材齢修正弾性係数を用いた部材剛性マトリックス、 $\{\Delta U\}$ ：節点変位の変化量、 $\{\Delta X_0\}$ ：クリープ、乾燥収縮による軸ひずみ、曲率の変化に対応する荷重項である。

アーチに対し、節点を多数設けることにより、直線の組み合わせにより近似できる。部材の基準点Oに軸力N、曲げモーメントMを作用したときの軸ひずみ ϵ_0 と曲率 ϕ を用いて、クリープ、乾燥収縮によるひずみ変化を拘束する軸力と曲げモーメントは式(3)により表される。

$$\begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M \end{Bmatrix} = -\bar{E}_c \phi \begin{Bmatrix} A_c & B_c \\ B_c & I_c \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_0 \\ \phi \end{Bmatrix} - \bar{E}_c \epsilon_{cs} \begin{Bmatrix} A_c \\ B_c \end{Bmatrix} \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 $\bar{E}_c$ は材齢修正弾性係数である。

式(3)で求めた拘束力を逆向きに作用させることで、式(4)のように変化分の軸ひずみ、曲率が求まる。

$$\begin{Bmatrix} \Delta \epsilon_0 \\ \Delta \phi \end{Bmatrix} = \frac{1}{\bar{E}(A\bar{I} - \bar{B}^2)} \begin{bmatrix} \bar{I} & -\bar{B} \\ -\bar{B} & A \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -\Delta N \\ -\Delta M \end{Bmatrix} \quad \dots \dots (4)$$

ここで、 A 、 B 、 I は材齢修正換算断面諸量である。この軸ひずみ、曲率の変化による変位 $\{\Delta D\}$ を用いて、荷重項は式(5)により表される。

$$\{\Delta X_0\} = -[T]^T [\bar{K}] \{\Delta D\} \quad \dots \dots (5)$$

ここで、 $[T]^T$ ：変換マトリックスである。

3. 数値計算例

ライズ f の変化する支間一定のコンクリート放物線固定アーチを図-1に示す。等分布鉛直荷重を作用させ、アーチの時間依存性応力解析を行った。計算にあたり、次の諸数値を用いる。

支間 $L = 100\text{m}$ 、ライズ $f_1 = 13.4\text{m}$ 、 $f_2 = 20.7\text{m}$ 、 $f_3 = 28.9\text{m}$ 、荷重 $q = 390\text{KN/m}$ 、コンクリートの弾性係数 $E(t_0) = 39\text{GPa}$ 、クリープ係数 $\phi(t, t_0) = 2.0$ 、材齢係数 $\chi = 0.8$ 、乾燥収縮ひずみ $\epsilon(t, t_0) = -150 \times 10^{-6}$

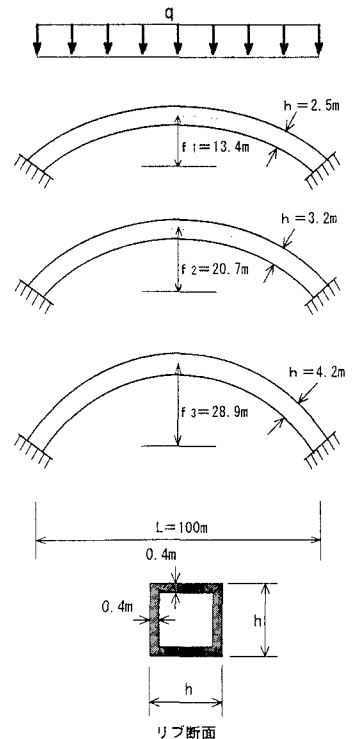


図-1 アーチの軸線とアーチリブの断面図

4. 解析結果

表-1 と図-2～4 にそれぞれのアーチの支点と頂点における曲げモーメントと軸力及び乾燥収縮とクリープを考慮した変化量を示す。図-5～8 に同じく変位を示す。

表-1 解析の結果

放物線アーチ		荷重 q			乾燥収縮		クリープ	
		M (MN-m)	N (MN)	偏心量 e (m)	ΔM (MN-m)	ΔN (MN)	ΔM (MN-m)	ΔN (MN)
$f=13.4\text{m}$ $h=2.5\text{m}$	頂点	22.0275	-31.61	-0.697	7.93	1.716	-3.72E-08	1.18E-10
	支点	-41.9225	-37.14	1.129	-15.06	1.515	-2.48E-08	1.16E-10
$f=20.7\text{m}$ $h=3.2\text{m}$	頂点	5.6635	-22.78	-0.249	2.207	0.298	-2.13E-08	6.63E-11
	支点	-10.2525	-29.99	0.342	-3.961	0.2304	-1.50E-08	7.10E-11
$f=28.9\text{m}$ $h=4.2\text{m}$	頂点	1.7155	-16.71	-0.103	0.658	0.061	-1.63E-08	-1.19E-11
	支点	-2.9625	-25.68	0.115	-1.102	0.04	-1.57E-08	-1.72E-11

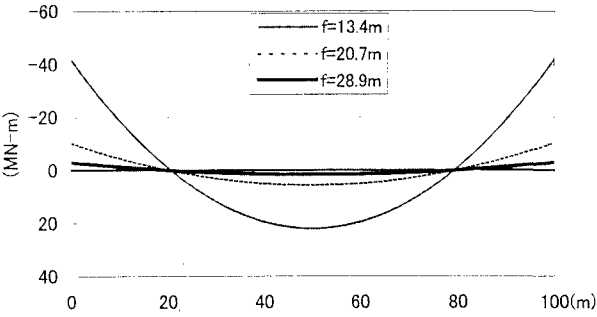


図-2 t_0 における曲げモーメント図

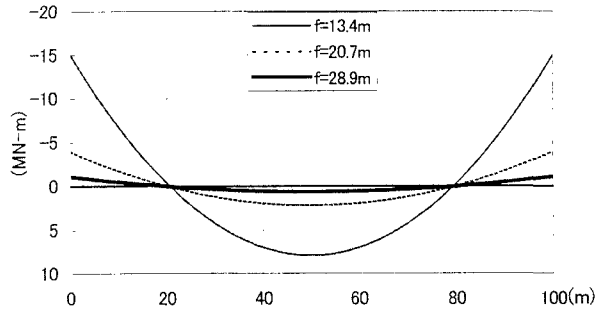


図-3 乾燥収縮による曲げモーメントの変化量

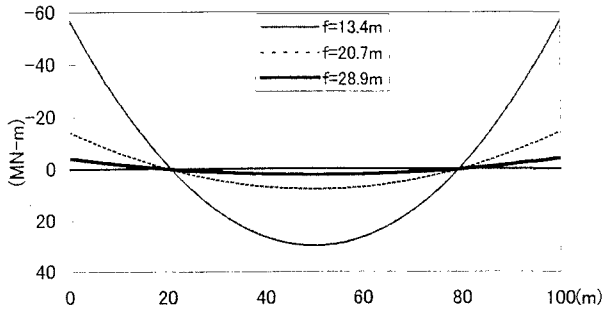


図-4 材齢 t における全曲げモーメント図

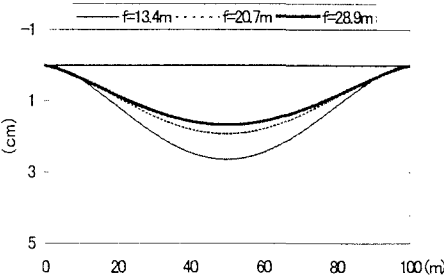


図-5 t_0 における鉛直変位図

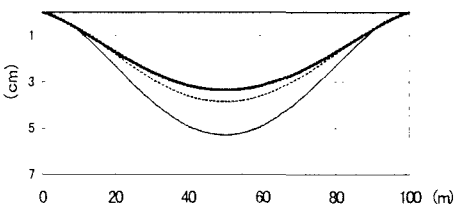


図-6 クリープによる鉛直変位の変化量

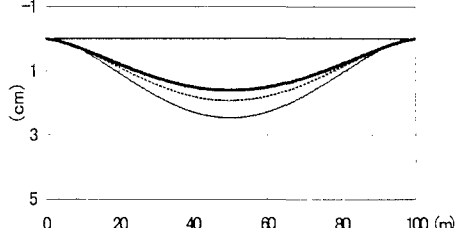


図-7 乾燥収縮による鉛直変位の変化量

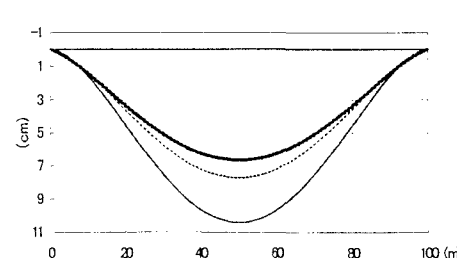


図-8 材齢 t における全鉛直変位図