

コンクリート構造物の粘弾性解析

秋田大厚(正) 色部 誠
 < (厚) 赤木 知之
 < (学) 〇山 口 晋 式

1. はじめに.

土木工学において、粘弾性変形に注意を要する対象は、プレストレストコンクリート構造物、コンクリートアーチダム、その他2,3のコンクリート構造物、アーチダムおよび各種構造物の基礎(岩盤、地盤)等である。

一般に、土木構造物では応力が小さいため、大きな変形をきたさず、問題とされることは少ないが、プレストレストコンクリート構造物では、設計にクリープの結果を考慮するように、設計施工指針に定められている一事を見ても、土木工学の分野において、この解析は無視出来ないものと思われる。

解析法に関しては、筆者等は増分理論における有限要素法を一貫して用いており、先に発表された鉄筋コンクリート梁の解析⁽¹⁾も、その一例であった。本報においては、単軸応力状態の場合のみ限った、応力-歪関係式を導き、これを用いて無筋コンクリートアーチ、R/C無筋プレストレストコンクリート梁の解析を試みたものである。

2. 剛性方程式

参考文献(2)において、示された下記の応力-歪関係式

$$\sigma(t) = \int_{-\infty}^t E(t-\tau) \frac{d\epsilon(\tau)}{d\tau} d\tau = E(0)\epsilon(t) + \int_0^t \epsilon(\tau) \frac{dE(t-\tau)}{d(t-\tau)} d\tau \quad (1)$$

を、梁理論に適用するには、これをそのまま、梁の剛性方程式に用いればよく、又一般化マクスウェルモデルのすべての要素を決定することは困難である。よって図1のような三要素モデルのみを取り出す。弾性理論における梁の増分形剛性方程式は

$$\{\Delta F\} = (E_e + E_v)[K]\{\Delta \delta\} \quad (2)$$

であり、この誘導に用いられた、フックの法則は、 $0 \rightarrow E \rightarrow E_v$ になるものとして、 $\Delta \sigma(t) = E_v \Delta \epsilon(t) - \Delta I(t)$ を用いることにより、下式を得る。

$$\{\Delta F(t)\} = E_v [K] \{\Delta \delta(t)\} - \Delta I \quad (3)$$

ここで

$$\Delta I = (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \{F(t-\tau) - E_e [K] \delta(t-\tau)\} \quad (4)$$

である。

これは、粘弾性変形による、みかけの節点外力と考えることが出来る。

従って、弾性問題における、 $[K]$ を求めることが出来れば、それをを用いて(3)式を解くことにより、その構造物の解を求めることが出来る。

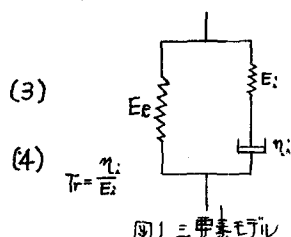


図1. 三要素モデル

3. 計算例

(1) 無筋コンクリートアーチ

アーチの形状には、一般的にアーチダム 水平アーチに用いられる円弧状のものを考える。アーチの主要な諸元は、厚さ 5.5m、中心半径 45.0m、中心角 110° とする。

図2に形状並に、解析のための要素分割の模様を示した。外力には、半径方向に作用する等分布荷重のみを考え、要素の変形は、曲げによるものと、軸長変化によるものとを考慮、又 アバウトメントでの支持は、これを固定とした。

解析上のコンクリートの諸弾性定数には下記のものを用いた。

i. バネ定数 $Ee = 1.00 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$

ii. " $E_s = 1.50 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$

iii. 緩和定数 $T_r = 1.00 \times 10^6 \text{ sec}$

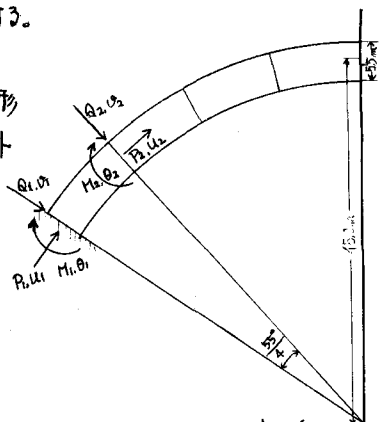


図2. 無筋コンクリートアーチ

(2) 無筋プレストレスト コンクリート梁

梁は、断面 $0.2 \times 0.45 \text{ m}^2$ スパン 9.0m のポストテンション、フルプレストレンシングの単純梁とした。 tendon 縦断 ならぬに、プレストレスカはコンクリートの許容曲げ圧縮応力を 160 kg/cm^2 として、慣用的方法によって決定した。 tendon 縦断を 図3. に示す。

プレストレストコンクリート梁を剛性法による解くには、節点力に外荷重によるものと、 tendon 張力によるものと考えなければならぬ。後者に

よるものを決定するには、要素に働く Hogging Force を求め、その作用（水平分力、鉛直分力、モーメント）を要素両端節点に配分し、節点ごとに、これらの和をとればよい。ただし、梁端の節点では、Hogging Force の作用にプレストレスカの反力（水平分力、鉛直分力）を加えなければならぬ。

さらに粘弾性解を求める場合には、プレストレスカ、すなわち tendon 張力の緩和を考慮しなければならない。ここでは、緩和はコンクリートのクリープのみによるものとした。したがって単純に節点変位から tendon の長さの変化を求め、これにより、プレストレスカの変化を決定すればよい。この緩和力は時間増分と、変化する外力の増分として考えればよい。この結果(3)式の外力増分には、この増分を見掛けの外力増分の他に加える。

4. おわりに

今回の解析においては、両側ともに微小変形理論をもとに解析をおこなったが、プレストレスト梁においては、歪の進行とともに tendon の縦断の変化を考慮に入れた、大変形理論をもとに解析をも、あわせておこなえば、興味深い比較が出来るものと思われる。

5. 参考文献

- (1) 鉄筋コンクリート梁の粘弾性曲げ (色計誠、赤木知之) (第26回土木学会講演集)
- (2) 両端に拘束する地盤の粘弾性解析 (" ") (今回、講演番号 59)