(I－10) トラスド・タイドアーチの解析について

京都大学大学院　学生員　　○児　島　弘　行
京都大学工学部　正　員　　藤　尾　武　明
桜田機械工業KK　正　員　　竹　内　新　二

§1　まえがき

スカンジナビア地方に見受けられる橋梁形式に、図－1のような、タイドアーチの鉛直吊材を斜吊材とした、トラスド・タイドアーチがある。このような橋梁形式は、トラス構造のような大きな剛性をもち、かつ、アーチリブに生じる曲げモーメントが非常に小さく、主として軸方向力のみをうける。このことや、さらに、床構造を主構造の一部と考えて解析できることから、スパン長の大きな橋梁では、鉛直吊材をもつた形式に比較して経済的であるといわれている。

このトラスド・タイドアーチの作用は、根本的にはアーチ作用が主体で、したがつて、トラスとしての作用は、補助的に働くが、アーチリブ、タイ、斜吊材、相互の断面の大きさの比、および、斜吊材の斜角などによつて、その力学的性質が影響される。

トラスド・タイドアーチ橋の実例の一つに、Fehmarnsund 橋がある。この橋の設計計算はO.F.Nielsen の解法によるものであるが、それは、斜吊材のタイ側の節点を解放したものを静定基本系にとり、節点力の反力の鉛直方向の分力を不静定力に選んで、弾性方程式法によつて解く方法である。この際、活荷重の大きさや、載荷方法の如何によつては、斜材の一部に圧縮力を生じる場合があるが、これに対しては、その時に応じて、その斜吊材が無効となるような、いわゆる、Veränderlichsystemと考えることによつて処理している。トラスド・タイドアーチの解析に関しては、わが国においても、北海道開発庁土木試験所岡元北海氏によつて、早くから研究が進められていた。

同氏の解析法は、タイドアーチを基本系にとり、個々の節点に働く同一節点に集まる斜吊材応力の水平方向の分力の差を未知力にとつて、弾性方程式法によつてこれを決定する方法である。

以上のような、いわゆる、弾性方程式法によつて、このような、剛滑節部材をもち、しかも材が斜めである構造物を解析することは、非常に複雑で、したがつて、解法も極めて厄介である。しかし、変形法によつて節点における釣合方程式を書くことは簡単であり、電子計算機

によつて連立方程式を解けば、このような構造物の解析も比較的容易である。今日、電子計算機が土木工学の分野でも広く利用されつつあることを考慮して、われわれは、さきの第十六回年次講演会で報告した変 形法による節点釣合方程式の機械的作表法を、このような構造に適用することを研究し、若干の計算結果を得たので、報告する。

§2　変形法による節点釣合方程式

変形法による節点における釣合方程式は次のようである。

$$\left[\left\{\Sigma(A_{oi})\right\}U_o-\Sigma(A_{oi})(U_i)\right]+\left[\left\{-\sum_{xy>o}(b_{oi})+\sum_{xy<o}(b_{oi})\right\}V_o+\sum_{xy>o}(b_{oi})(V_i)-\sum_{xy<o}(b_{oi})(V_i)\right]-\left[\left\{\sum_{y>o}(C_{oi})-\sum_{y<o}(C_{oi})\right\}\theta_o+\sum_{y>o}(C_{oi})(\theta_i)-\sum_{y<o}(C_{oi})(\theta_i)\right]=P_{xo}$$

$$\left[\left\{-\sum_{xy>o}(b_{oi})+\sum_{xy<o}(b_{oi})\right\}U_o+\sum_{xy>o}(b_{oi})(U_i)-\sum_{xy<o}(b_{oi})(U_i)\right]+\left[\left\{\Sigma(\bar{A}_{oi})\right\}V_o-\Sigma(\bar{A}_{oi})(V_i)\right]-\left[\left\{-\sum_{x>o}(\bar{C}_{oi})-\sum_{x<o}(\bar{C}_{oi})\right\}\theta_o-\sum_{x>o}(\bar{C}_{oi})(\theta_i)+\Sigma(\bar{C}_{oi})(\theta_i)\right]=P_{yo}$$

$$-\left[\left\{\sum_{y>o}(C_{oi})-\sum_{y<o}(C_{oi})\right\}U_o-\sum_{y>o}(C_{oi})(U_i)+\sum_{y<o}(C_{oi})(U_i)\right]-\left[\left\{-\sum_{x>o}(\bar{C}_{oi})+\sum_{x<o}(\bar{C}_{oi})\right\}V_o+\sum_{x>o}(\bar{C}_{oi})(V_i)-\sum_{x<o}(\bar{C}_{oi})(V_i)\right]+\left[\Sigma(2d_{oi})\theta_o+\Sigma(d_{oi})(\theta_i)\right]=M_{zo}$$

上式中

$$A_{oi}=\frac{12EI_{oi}}{\ell^3_{oi}}\sin^2\phi_{oi}+\frac{EA_{oi}}{\ell_{oi}}\cos^2\phi_{oi}$$

$$\bar{A}_{oi}=\frac{12EI_{oi}}{\ell^3_{oi}}\cos^2\phi_{oi}+\frac{EA_{oi}}{\ell_{oi}}\sin^2\phi_{oi}$$

$$b_{oi}=\left(\frac{12EI_{oi}}{\ell^3_{oi}}-\frac{EA_{oi}}{\ell_{oi}}\right)\sin\phi_{oi}\cos\phi_{oi}\quad C_{oi}=\frac{6EI_{oi}}{\ell^2_{oi}}\sin\phi_{oi}$$

$$\bar{C}_{oi}\quad \frac{6EI_{oi}}{\ell_{oi}^{2}}\cos\varphi_{oi} \qquad\qquad d_{oi}=\frac{2EI_{oi}}{\ell_{oi}}$$

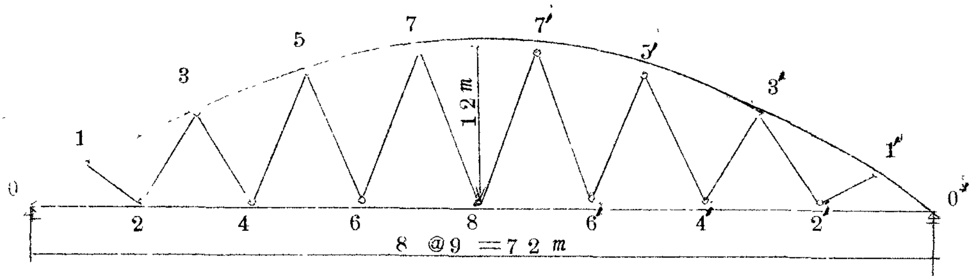
である。

§3　トラスド・タイドアーチへの適用

トラスド・タイドアーチは、上述のように、剛滑節両部材をもつ構造物であるから、式(1)を適用する場合には次のような注意を必要とする。

1) 剛節部材（たとえば、図－1の3－5部材）に対してはそのまま適用する。

2) 両端滑節部材（たとえば、図－1の3－4部材）に対しては、その部材のI＝0とする。



図－1

以上のようにすれば、さきに報告した、節点における釣合方程式の機械的作表法が、そのまま適用できる。

§4　計 算 例

計算例として、成瀬勝武著 ″弾性橋梁 ″から引用した中川橋（タイドアーチ）の鉛直吊材を一格点おきの斜吊材とした場合をとりあげた。このようにすれば、釣合方程式は41元連立一次方程式となる。影響線を作成するためこの係数行列の逆行列を、京都大学電子計算機KDC－1を用いて計算したが、その所要時間は、out put の印刷を含めて約95分であつた。

計算結果の詳細、式(1)(2)中の記号などについては講演会当日報告する。なほ、変形法による節点における釣合方程式の機械的作表法を附記すれば、表－1のようである。

表−1　未知数U，V，θの係数に関する法則

行	釣合方程式	未知数	未知数に乗ぜられるべき係数 左辺 注目する節点	未知数に乗ぜられるべき係数 左辺 まわりの節点	右辺
1	$\Sigma \mathcal{P}_x + P_x = 0$	U	Σa	すべての部材に対して $-a$	
2		V	$-(\sum_{xy>0} b - \sum_{xy<0} b)$	$xy>0$ の部材に対して b $xy<0$ の部材に対して b	P_x
3		θ	$-(\sum_{y>0} c - \sum_{y<0} c)$	$y>0$ の部材に対して $-c$ $y<0$ の部材に対して c	
4	$\Sigma \mathcal{P}_y + P_y = 0$	U	第2行と同じ		
5		V	$\Sigma \bar{a}$	すべての部材に対して $-\bar{a}$	
6		θ	$(\sum_{x>0} \bar{c} - \sum_{x<0} \bar{c})$	$x>0$ の部材に対して $\bar{c}$ $x<0$ の部材に対して $-\bar{c}$	P_y
7	$\Sigma \mathcal{M}_z + M_z = 0$	U	第3行と同じ	第3行と符号を逆にする	
8		V	第6行と同じ	第6行と符号を逆にする	M_z
9		θ	$\Sigma z\,d$	すべての部材に対して d	