

技 術 解 說

送電線 鐵塔設計에 對하여

金正夫 洪富植
〈韓電超高壓建設本部送電係長〉 〈現代綜合技術開發(株)電算室長〉

차례

1. 序 言
2. 送電線鐵塔設計 理論
3. 送電線 鐵塔設計 電管 Program
4. 結 言

1. 序 言

近來 우리나라의 國民所得이 높이짐에 따라 家電製品의 需要가 늘고, 重化學工業의 發達에 따라 電力需要가 急激히 增加하고 있다. 이에 反하여 石油價는 每年 增加하고 있으므로 汽力發電所를 止揚하고 大容量의 原子力, 揚水發電所, 石炭發電所가 建設되고 있는 傾向이 있다. 發電所는 立地條件上 海岸 또는 江邊에 位置하고 있으며 需要地와는 距離가 멀고 또는 系統의 安定度(Stability), 信賴度(Reliability)를 높이기 爲하여 154kV와 345kV 送電線으로 全系統을 連系하고 있다. 送電線의 電力輸送能力을 增大시키기 爲하여 複導體 또는 四導體로 하고 있으며 電線도 ACSR에서 TACSR로 하는 나라도 있다. 現在 美國에서는 765kV Canada에서는 735kV 送電線으로 運轉되고 있으며 尙차 1500kV 送電線도 곧 實用化된다고 한다. 이에 따라 送電線의 支持物인 鐵塔도 大型化되어가고 높이도 增加하게 되어 이의 製作 및 建設費가 莫大하게 들게 되며 앞으로는 用地確保도 더욱 어렵게 되어 送電線의 回線數를 2 또는 4回線으로 建設하여야 될 것이다. 送電線鐵塔設計는 從來에는 Cremona圖式解法에 依하여 設計하였으나 이의 作圖 및 荷重條件이 많아지면 部材의 正確한 設計荷重을 算出하는 데는 많은 時間과 努力이 必要하다. 이러한 不便을 解消하기 爲하여 Ritter의 數值解析法(moment 方法)을 利用한 電算化 및 設

計理論에 對하여 紹介하고자 한다.

2. 送電線鐵塔設計 理論

가. 電氣的設計

(1) 架空地線의 遮蔽角設計

最近에 Whitehead는 先驅放電의 最後段階의 放電距離를 다음과 같이 近似式을 만들었다.

$$\Omega = 9.4I^{2/3} \dots\dots\dots(1)$$

I : 雷擊電流[kA]

Ω : 雷擊을 받는 거리[m]

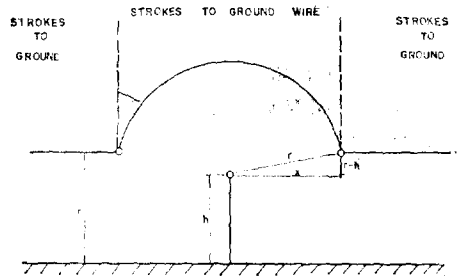


그림 1. 架空地線의 遮蔽範圍

그림 1에서 架空地線이 한쪽 方向으로 遮蔽할 수 있는 水平距離(X)는 다음과 같다.

$$X = \sqrt{\Omega^2 - (\Omega - h)^2} \dots\dots\dots(2)$$

雷擊電流가 주어졌을 때 架空地線이 받는 雷擊數

$$N(G|I) \approx 2XLNg f(I)dI \dots\dots\dots(3)$$

L : 線路의 길이

$$Ng : 1.1 \left[\frac{IKL}{1 + 1.4\sqrt{IKL}} \right] \dots\dots\dots(4)$$

flashes/km²/Yr.....
(ground flash density)

$f(I)$: 雷擊電流크기의 確率分布 函數

(가) Shielding Failures

그림 2는 架空地線 및 바깥 두 도체(outside phase)에 대한 Strike distance(Ω)를 表示하였다.

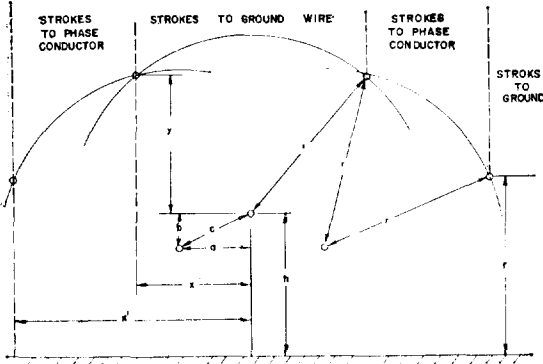


그림 2. 架空地線導體 및 地面이 直擊電를 받는 範圍

그림 2에서

$$X = \frac{1}{2} \left[a + b \sqrt{4\Omega^2/c^2 - 1} \right] \dots\dots\dots(5)$$

$$X' = a + (h-b) \sqrt{\frac{2\Omega}{(h-b)} - 1} \dots\dots\dots(6)$$

架空地線이 바깥 두 導體에 對하여 電流 (I)에 依한 遮蔽 失敗數는

$$N(SF/I) = 2(X' - X)NgL f(I)dI \dots\dots\dots(7)$$

(나) Flashover를 일으키는 遮蔽失敗

모든 遮蔽失敗가 閃絡을 일으키는 것은 아니다. 雷擊電流가 絕緣耐力電壓보다 더 큰 電壓을 가져오는 電流라야 閃絡을 일으킨다.

$$I_c = \frac{2(CF_0)}{Z_0} \dots\dots\dots(8)$$

I_c : 閃絡을 일으키는 最小雷擊電流

CF_0 : 礮子連의 50% 閃絡電壓

Z_0 : 導體의 Surge Impedance

그리고 $X' > X$ 이고 어떤 雷擊도 導體가 받지 않도록 架空地線과 地面에서 그린 弧가 서로 만났을때의 Strike distance(Ω)에 해당하는 雷擊電流를 I_M 이라 하면 遮蔽失敗로 閃絡이 일어나는 數는

$$\begin{aligned} N(SF_{F_0}) &= 2NgL \int_{I_c}^{I_M} (X' - X) f(I) dI \\ &= N(SF) [F(SF_{I_M}) - F(SF_{I_c})] \dots\dots(9) \end{aligned}$$

(다) 完全遮蔽

理想的으로 導體가 雷擊을 받는 最大雷擊線流(I_M)가 礮子의 閃絡을 일으키는 最小電流(I_c)와 같거나 적게 되도록 架空地線을 배치하는 것이다. 이렇게 되었

을 때 閃絡을 일으키는 遮蔽失敗數($N(SF_{F_0})$)는 零이 되고 迷電線은 完全遮蔽되었다고 한다.

그림 3은 導體, 架空地線, 地面에서 最後段階의 放電距離(Ω)인 圓弧를 그렸을 때 交叉하는 點을 나타내

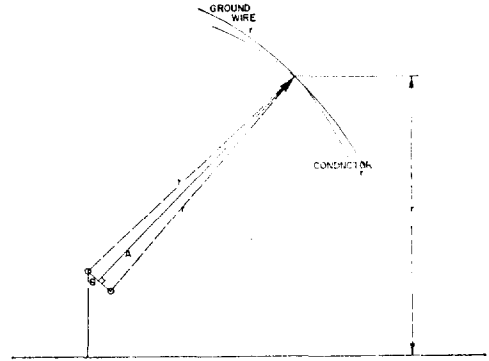


그림 3. 完全遮蔽 模型

고 있다. 이것은 雷擊電流의 크기가 I_M 인 한 값일 때 일어난다. 이 以上の 雷擊電流에서는 導體의 露出은 零이 된다. 그림 3의 A는 架空地線과 導體로부터 半徑 r 로 만들어지는 2等邊三角形의 높이이다. 그림 4는 그림 3을 擴大해서 그린 것이다. 그림 4에서

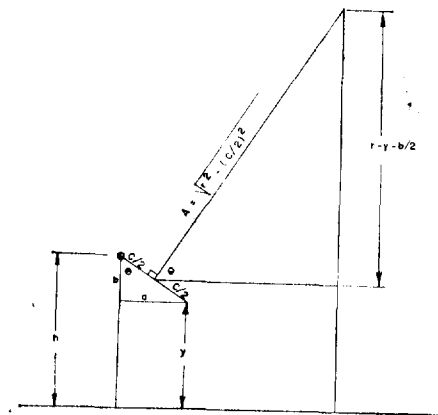


그림 4. 完全遮蔽角(θ_p)을 求하기 爲한 圖形

$$A = \sqrt{D_2 - (C/2)^2} \dots\dots\dots(10)$$

$$\sin \theta_p = \frac{a}{c} = \frac{D - y - b/2}{A} \dots\dots\dots(11)$$

$$\theta_p \approx \sin^{-1} \left[1 - \frac{y + b/2}{D} \right] \dots\dots\dots(12)$$

위 그림에서 θ_p 는 平地에서 完全遮蔽角을 나타내는

것이고 傾斜진 山地에서는 A-W(Armstrong-White-head)理論을 適用하여 設計하고 있다. 傾斜地에서는 平地보다 θ_s 가 더 적어지게 된다.

(2) 電線과 支持物과의 絶緣間隔

㉑ 標準絶緣間隔 (Characteristic insulation clearance for lightning): 耐雷害設計에 依해서 標準絶緣間隔을 決定한다. Arcing horn이 취부 되었을시 標準絶緣間隔은 다음 式으로 表示된다.

$$[I_m]=1,115 \times \text{horn Gap} + 0.021 \dots\dots\dots(13)$$

Arcing horn이 취부되지 않았을시는 碍子連의 길이 (碍子만이 길이)와 같도록 한다.

㉒ 最小絶緣間隔(Characteristic insulation clearance for switching surge): 開閉 Surge設計에 依해서 最小絶緣間隔을 決定한다. 현수에 자가 바람에 의해서 電線이 橫振하여 橫振角을 가질때 電線과 鐵塔間的 距離를 말한다. 보통 이 最小間隔은 送電線路의 對地電壓의 4倍程度의 値를 商用周波閃絡電壓値를 하는 棒間隔에 依해서 定한다.

㉓ 極限絶緣間隔(Characteristic insulation Clearance for power frequency oversoltage): 懸垂碍子連이 最大로 橫振하였을 時 系統正常電壓 또는 一線接地故障時 支持物과 維持하여야 하는 絶緣間隔을 말한다.

㉔ 其他

着雪着氷地域에서는 電線이 垂直落下 또는 跳上에 依해서 上下電線이 接觸 또는 接近하여 큰 事故를 일으키는 수가 많다. 이 때문에 電線相互關係에 對하여 Off Set를 適當히 擇한다.

이 밖에 Catenary角이 큰 개소의 철탑에 對하여도 絶緣間隔을 維持하도록 하여야 한다. 長徑間個所에는 特殊鐵塔을 使用하도록 하여야 된다.

나. 機械的 設計

(1) 想定荷重의 種類

送電線 鐵塔設計時 考慮해야 할 荷重으로는 1) 鐵塔의 自重, 2) 鐵塔의 風壓, 3) 架涉線重量 및 碍子金具類重量, 4) 架涉線의 角度荷重, 5) 架涉線의 風壓, 6) 架涉線의 不平均張力이 있다. 電算 Program에서는 3) ~6)의 荷重은 設計者가 計算하여 Input Data로서 入力시키게 하였고, 1), 2)의 荷重은 Program內에서 自體的 計算處理하도록 하였다.

(2) 鐵塔重量

鐵塔重量은 構造圖에서 測定한 部材의 길이이다. 單位重量을 곱하여 骨組重量을 算出하고 여기에 Bolt 및 Plate類의 重量을 考慮하여 骨組重量에 一定比率을 加算하고 骨組重量은 支柱材 및 腕金支柱材의 連結部分에

서는 部材 Flange의 3倍길이를 加算해 준다.

(3) 鐵塔風壓

㉕ 腕金材를 除外한 塔體面에 對하여 各節間單位로 計算하여 上·下 節點에 節間風壓値의 1/2씩이 作用하는 것으로 본다.

㉖ 腕金部 正面風壓: 腕金支柱材의 風壓荷重은 支柱材 取付點에 作用하는 것으로 보고 其他의 吊材 및 突出部 正面材의 風壓荷重은 上下節點에 1/2씩 作用하는 것으로 한다.

㉗ 腕金部 側面風壓: 突出部 側面材의 風壓荷重은 正面風壓荷重値에 對하여 0.2倍로 한다.

(4) 架涉線重量 및 碍子重量: 設計者가 計算하여 Input Data로서 入力시킨다. 垂直角荷重은 最大荷重徑間을 考慮하여 架涉線重量에 포함시킨다.

(5) 架涉線의 角度荷重 및 架涉線風壓, 碍子風壓: Input Data로서 入力使用한다.

(6) 不平均張力

不平均張力에는 常時不平均張力과 異常時斷線條件에 依한 不平均張力을 考慮하여야 한다. 荷重 Case別로 不平均張力을 想定하여 Input Data로서 入力시킨다.

(7) 斜 風

超高壓送電線鐵塔과 같이 塔高가 높고 腕金이 큰 境遇에는 반드시 斜風에 對한 檢討가 必要하다. 本 Program에서는 自動的으로 斜風에 對한 應力의 考慮를 하도록 하였다.

支柱材 塔體風壓力은 90°風向時 1.6倍

腕金風壓力은 0°風向時 0.5倍

架涉線風壓力은 90°風向時 0.75倍

腹材應力은 別途로 考慮하지 않음.

(2) 部材應力의 算定

部材應力은 모든 想定荷重을 高溫季, 低溫季에서 常時 異常時를 모두 計算해서 最大應力을 設計荷重으로 한다.

㉘ moment方法에 依한 Ritter의 解法

그림 5에서 3點의 柱材에 外力(r)에 依해서 作用하는 힘은 맞은 면에 있는 점을 Center of Moment로 하면 다음식이 成立한다.

$$V \cdot h_x = Fa \dots\dots\dots(14)$$

$$F = \frac{V \cdot h_x}{a} \dots\dots\dots(15)$$

斜材에 使用하는 힘은 理論的인 頂點을 Center of Moment하면 外力 V에 依한 Moment를 相殺시켜주어야 平衡狀態에 놓이게 되므로 다음과 같이 斜材의 應力을 求할 수 있다.

$$F = \frac{V \cdot h_x}{d} \dots\dots\dots(16)$$

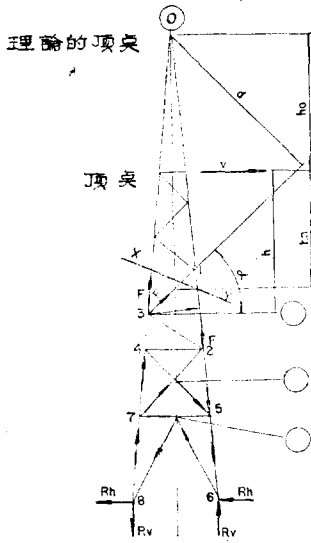


그림 5. Ritter의 解法

단, $d = (h_s + h_n) \cos \alpha$

그리고 Double Warren type일 때에는 逆對稱인 條件下에서는 兩 斜材에 作用하는 힘이 같으므로 한 斜材에 作用하는 힘은 $F = \frac{V \cdot h_s}{2d}$ 가 된다.

⊕ 偏心荷重應力

鐵塔의 左右荷重이 均衡을 이루지 않으면 偏心荷重으로서 作用하게 되며 이 境遇에는 그림 6과 같이 左右對稱荷重과 左右逆對稱荷重이 同時에 겹쳐 作用하는 것으로 보아서 應力을 算出한다.

⊕ 電線張力에 依한 腕金柱材와 吊材의 應力

그림 7과 같이 線路의 斷線 또는 前後線路間의 不平

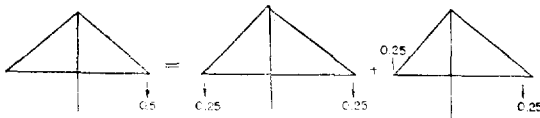


그림 6. 偏心荷重應力의 解法

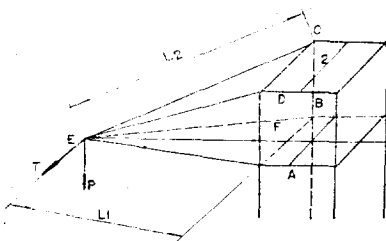


그림 7. 張力이 결릴 때

均張力이 한쪽의 腕金에 作用하는 境遇 腕金柱材와 吊材의 應力은 (17), (18)式에 依해서 求할 수 있다.

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^3 \times \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 \times \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots(17)$$

$$T = T_1 + T_2 \dots\dots\dots(18)$$

T: 荷重 d: 그림 7에서의巾
l: 部材長 S: 部材의 斷面積

⊕ 捻力에 依한 應力

不均張力이 한쪽의 腕金에 作用하는 境遇에는 單純縱方向의 應力以外에 廻轉力이 發生하여 이에 對한 應力이 생기며 이 應力은 다음 式에 依據 算出한다.

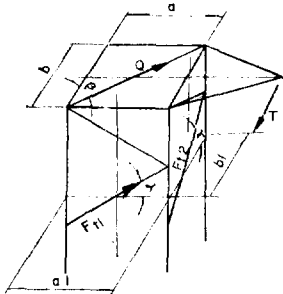
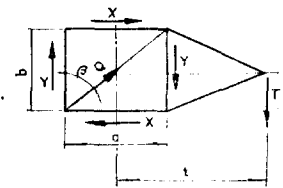


그림 8. 捻力에 依한 應力

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{Tl}{2b} \\ Y &= \frac{Tl}{2a} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(19)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{t1} &= \frac{Tl}{2b_1 \cos x} \\ F_{t2} &= \frac{Tl}{2a_1 \cos x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(20)$$

$$Q = (Y - \frac{T}{2}) \frac{1}{\cos \beta} \dots\dots\dots(21)$$

⊕ K결구의 應力

K결구 斜材의 應力의 Stress Diagram은 그림 10과 같고 (22), (23)로 表現된다.

$$X = \frac{T \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \dots\dots\dots(22)$$

$$Y = \frac{T \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \dots\dots\dots(23)$$

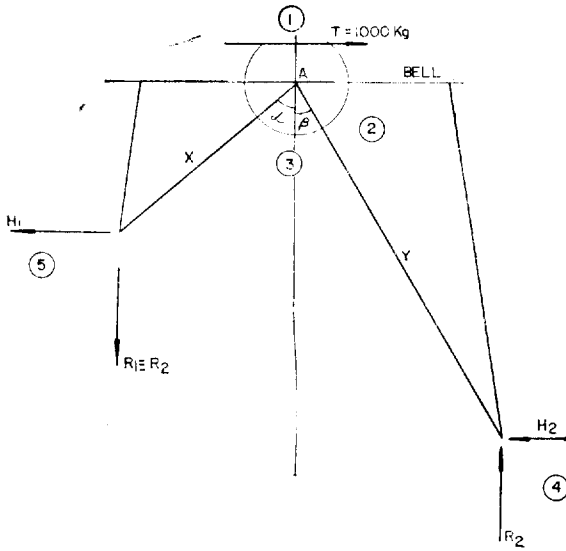


그림 9. K결 구

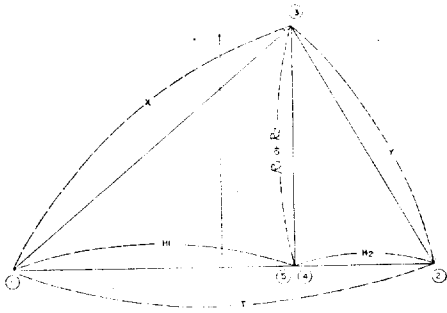


그림 10. 그림의 Stress Diagram

3. 送電線鐵塔設計電算 Program

가. 電算 Program 概要

本 電算 Program은 ASCE No. 52 및 JEC-127의 基準에 依據하여 送電線用 四角鐵塔을 設計하도록 開發이 된 Program이다.

鐵塔設計를 爲하여 鐵塔의 基本的인 Dimension과 印加荷重을 Data로 作成入力하면 完全한 送電線鐵塔이 設計되어 鐵塔 各部材의 荷重 Case別 應力表, 部材의 設計計算書 및 最終的으로 資材集計表까지 自動的으로 作成이 되어 나오도록 되어 있다.

보다더 具體的으로 本 Program의 主要特徵을 紹介하면 다음과 같다.

— 4回線까지의 四角鐵塔을 設計할 수 있으며 左右

의 腕金形이 다르거나 正面 및 側面의 塔體部材가 다른 非標準形의 鐵塔도 設計可能하다.

— 鐵塔 各 Section에서의 結構形은 自動으로 檢討하여 가장 經濟的인 結構形으로 設計가 되고 追加補助材의 插入與否도 自動的으로 檢討處理된다.

— 腕金에서는 가장 經濟的인 Section의 分割數를 自動的으로 찾아서 設計한다.

— 一片繼脚까지 自動的으로 考慮處理된다.

— 使用部材는 Angle을 使用하는 것으로 하여 60Size 까지 使用可能하다.

나. 電算 Code System

Program內에서의 設計作業 및 設計結果의 Reporting을 爲하여 鐵塔 各 結構形과 部材를 Identify할 수 있도록 다음에 說明하는 바와 같이 鐵塔의 Panel No. (Section No.), 結構形 Code, 部材 No.의 3種의 Code No. System을 制定 使用하였다.

1) Panel No.

鐵塔設計의 便宜上 鐵塔을 그림 11과 같이 Section化하여 이들 各 Section에 對한 Code No.를 부여한 것이며 이番號의 Numbering 要領은 다음과 같다.

最上段右腕은 1, 左腕은 2, 塔體內腕金은 3으로 하고 다음 2段에서 右腕은 4, 左腕은 5, 塔體內腕金은 6 以下 같은 要領으로 모든 腕金 Section에 對한 Numbering을 마치고 다음 繼續하여 塔體內 最上의 Section부터 차례로 아래로 내려오면서 Code No.를 부여하도록 한다.

2) 結構形 Code 및 部材 No.

上記에서 說明한 바의 各 Section 別로 鐵塔設計를 爲하여 생각할 수 있는 여러가지의 部材構成形態를 標準化하여 이들의 各 標準結構形에 對하여 Code No.를 부여한 것이 結構形 Code이고 다시 結構內의 各 部材에 對하여 Code No.를 부여한 것이 部材番號이다.

紙面關係上 全體的인 標準結構形紹介는 省略하고 代表的으로 두가지만 紹介하면 다음 그

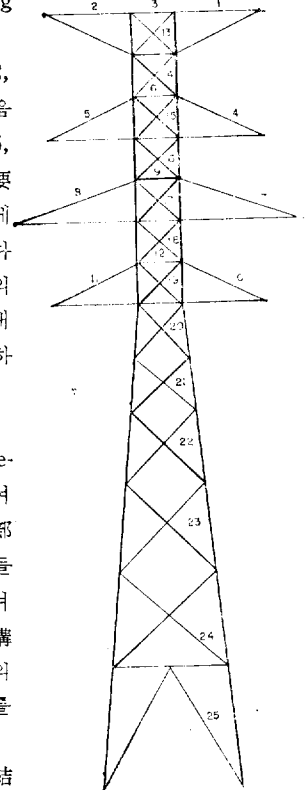
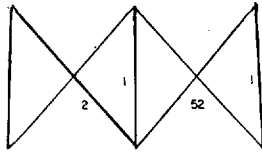


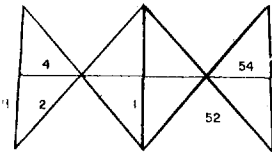
그림 11. 철탑 Section No. 표시하는 방법

結構 NO. 35



正面 側面

結構 NO. 36



正面 側面

그림 12. 結構 No.35, 36

Flow를 概略圖로서 表示하면 다음과 같다.

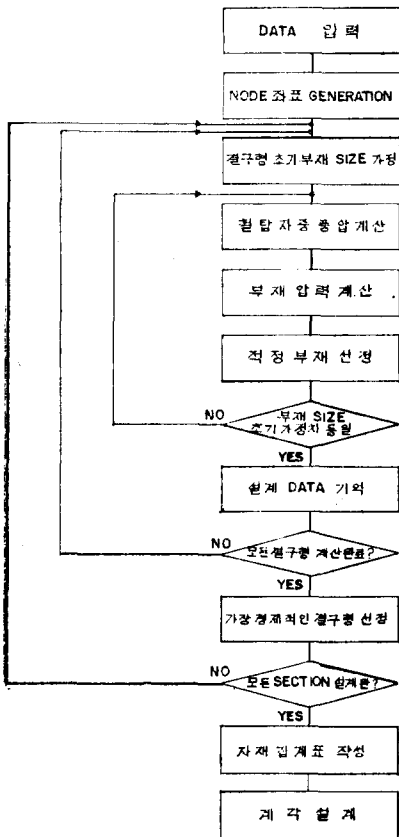


그림 13. 電算 Flow Chart

림 12와 같다.

따라서 예를 들어 Panel 20의 部材 No. 1이라고 하면 그림 12의 Panel 20(結構形 35)에서의 主柱材를 意味하게 되고 Panel 21에서 部材 2라고 하면 그림 13에서 Panel 21(結構形 36)에서의 正面 Brace材를 意味하게 된다.

다. Program의 構成 및 Flow

本 Program은 모두 80여개의 Sub-routine으로서 構成이 되어 있고 Program의 Size는 Card로서 約 11,000枚정도이다.

本 Program의 主要處理技能을 간추려 紹介하면 다음과 같다.

節點座標自動計算 :

鐵塔 各部材의 應力計算 및 各部材長을 計算하기 爲해서는 鐵塔構成上의 Node(節點)의 座標 Data가 必要하게 된다.

一般的으로 널리 쓰이고 있는 各種의 構造物의 應力解析用의 電算 Program의 使用時에는 언제나 이 Node에 對한 Numbering 作業과 이들의 座標를 計算하여 入力 Data를 作成하는 것이 많은 入力を 消耗하는 作業過程이 되고 있다.

그러나 本 Program에서는 四角鐵塔의 構造上의 特徵을 利用하여 이 Node의 座標計算自體를 自動화시켰으므로 매우 使用하기 便利한 Program이 되었다.

經濟的結構形選定 및 補助材挿入 :

鐵塔의 各 Section에서 使用할 수 있는 結構形은 여러 가지가 있다.

예를 들면 같은 모양의 腕金이라 하더라도 다시 몇 개의 Section으로 區分되는 結構形이나에 따라서 여러 가지가 되며 Double Warren結構라 하더라도 部材를 더 補充하는 方法에 따라 여러 가지의 結構形이 可能하게 된다.

實際로 鐵塔을 設計하는 過程에서 上記한 바와 같이 여러 가지의 結構形中 어떤 것을 選定하느냐 하는 것은 그 判斷이 쉬운 問題가 아니며 이들을 잘못 選定함으로써 鐵塔의 設計重量의 增加를 招來하고 있음이 事實이다.

本 Program에서는 各 Section別로 使用可能한 結構形을 모두 가정하여 設計計算을 하여 그중 가장 가벼운 結果가 나오는 經濟的인 結構形을 自動的으로 選定하여 設計를 하도록 하여 經濟的인 鐵塔設計를 行하도록 하였다.

鐵塔自重과 自體風壓計算 :

어떤 構造物을 設計하던지간에 全體的인 Configuration이 잡히면 印加荷重을 주어서 各部材가 받는 應力을 計算하고 이 應力을 이길 수 있는 適正 Size의 部材를 選定하여 設計를 하는 것이 正常的인 設計順序가 된다.

그러나 特히 送電線鐵塔의 경우에는 印加荷重가운데서 外部荷重以外에 鐵塔 自體의 重量荷重과 自體의 風壓荷重이 設計結果에 큰 影響을 미치므로 無視할 수가 없다.

그러나 鐵塔의 自重과 自體風壓이 얼마나 되느냐 하

表 1. 部材の Sizing 計算表

Tower Member Design

Panel 23 (Type 58)

Mem No.	Max. Comp.	Max. Tens.	部材 Size	産屈長 LR	有効産屈長 LK	軸 Axis	細長比 L/R	壓縮強度 Strth Comp.	安全率 Safety Factor	引張強度 Strth Tens.	安全率 Safety Factor	Bolt 材質 Bolt Mat	Bolt 直徑 Bolt Dia	Bolt 數 Bolt No	Bolt 強度 Bolt Strth	安全率 Bolt S.F.
1	89894	-75068	L 150. 10	200. 93	180. 84	1	39	108240	1. 34	-91040	1. 21	2	6/8	27	83678	1. 04
2	9900	-9900	L 65. 6	154. 86	139. 37	0	110	11983	1. 21	-11338	1. 15	1	5/8	5	10989	1. 11
52	7930	-7930	L 60. 5	141. 18	127. 06	0	108	9433	1. 19	-8566	1. 08	1	5/8	4	8791	1. 11
92	6983	-6983	L 60. 5	141. 18	127. 06	0	108	9433	1. 35	-8566	1. 23	1	5/8	4	8791	1. 26

0 : V軸
1 : X軸

Panel 24 (Type 58)

Mem No.	Max. Comp.	Max. Tens.	Size	LR	LK	Axis	L/R	Strth Comp.	Safety Factor	Strth Tens	Safety Factor	Bolt Mat	Bolt Dia	Bolt No.	Bolt Strth	Bolt S.F.
1	90148	-84117	L 150. 10	210. 98	189. 88	1	41	107359	1. 19	-91040	1. 08	2	6/8	30	92976	1. 03
2	7801	-7801	L 65. 6	172. 54	155. 29	0	122	10334	1. 32	-11338	1. 45	1	5/8	4	8791	1. 13
52	6209	-6209	L 60. 5	159. 04	143. 14	0	121	8069	1. 30	-8566	1. 38	1	5/8	3	6593	1. 06
92	5556	-5556	L 60. 5	159. 04	143. 14	0	121	8069	1. 45	-8566	1. 54	1	5/8	3	6593	1. 19

는 것은 鐵塔設計가 完全히 끝난 後가 아니면 正確히 알 수가 없다.

따라서 一般적으로는 適當한 推定 Data에 依하여 設計計算을 함으로써 正確한 設計計算을 하지 못하고 있다.

本 電算 Program에서는 反復計算法에 依하여 正確한 自重 및 自體風壓에 依한 設計가 되도록 하였다.

部材의 Sizing:

各 部材의 Sizing은 基本的으로 다음 3條件을 滿足하는 最小 Size의 部材를 選定하도록 하였다.

- 指定된 最小 Size보다 클 것.

- 指定된 細長比限界를 超過치 않을 것.

- ASCE 또는 JEC의 Curve에 依한 部材의 座掘許容應力이 部材의 心力 X Safety Factor보다 클 것.

資料集計:

鐵塔의 Section別 資材規格別로 分類한 資材集計表를 作成한다.

繼脚設計:

繼脚의 設計는 一般적으로 手設計時의 計算方法과 同一한 要領으로 片繼脚을 考慮하여 設計토록 하였다.

다. 電算 Program의 Output

本 電算 Program에서 生産되는 Output Report는 다음과 같다.

- Input Data List

- 部材 Table List

- 單位荷重에 依한 部材應力 Table

- 部材의 荷重 Case別 應力表

- 部材의 Sizing計算書

- 鐵塔의 自體風壓 List

- 資材 List 및 鐵塔重量表

- 片繼脚設計計算書

- 基礎反力計算書

表 1은 部材의 Sizing計算書의 Output 一部를 보여 주고 있는 것이다.

4. 結 言

電算機에 依한 數值解析과 從來 圖式解法에 依한 鐵塔部材應力을 比較하여 보면 거의 같다(97%~104%). 圖式解法에 依한 設計에 있어서도 Moment 計算을 일일이하여 作圖하고 있는 것을 考慮하면 많은 時間과 努力을 短縮할 수 있다.

이는 檢討 設計 兩用으로 使用할 수 있다. 그러나 電算機에 依한 設計에 있어서도 전체적인 Configuration과 荷重條件과 入力 Data의 作成에는 많은 經驗이 要求되고 있다. 앞으로 補完되어야 될것은 鋼管 Pipe와 같은 特殊部材를 利用하도록 하여야 하고 回轉型鐵塔 烏帽子型 鐵塔等 特殊鐵塔도 設計할 수 있도록 되어야 된다.



과 학 자 는 마 음 으 로 능 른 있 게 일 하 고
한 가 지 썩 기 술 익 혀 북 된 나 라 이 루 자