

技 術 解 說

# 多回線鐵塔의 活用과 既設鐵塔의 塔高引上工法

李 在 淑\*  
申 相 文\*\*

### 要 目

1. 序 言
2. 多回線鐵塔
3. 既設塔의 塔高引上工法
4. 實施例
5. 現代式 鐵塔組立工法
6. 結 言

## 1. 序 言

우리나라의 現代工業이 急激히 進展하는 同時에 國民生活도 滑目할만큼 向上되어 高層建物이 簇出하고 이러한 建物과 個人家庭에 使用되는 電氣機器가 많이 늘어나 電力需要는 8月末 現在 4百 90萬KW의 尖頭值를 記錄하게 되었다.

이러한 日益增加하는 電力需要에 對處하기 爲하여發電機의 單位出力이 50萬 KW에 到達하였고 100萬KW가 넘어서는 發電所가 各處에 建設되어가는 現實이다.

그리고 이러한 大單位發電所가 建設됨에 따라 發電所에서 大都市 또는 大單位工業團地에 送電해서 發電所의 定期 overhaul 補修作業과 不意의 事故時의 電力의 相互融通을 爲해서 또 大都市 또는 大單位工業團地에 對한 送電의 信賴度를 向上키 爲한 環狀送電網의 建設을 爲해서 345KV 超高壓送電所가 많이 建設되어가고 있다.

이러한 送電網의 發達は 既存 154KV 또는 66KV 送電網과 겹쳐 發變電所周邊에는 마치 鐵塔의 空地帶를 連想케하고 있으며 또 余他地域에도 이러한 風景이 漸次 이러한 可能性이 많아지고 있다.

이러한 現象은 工業立國의 象徴으로서 자랑할수 있는 證據로 삼을수 있는 것같으나 國土가 狹少한 우리나라 實情으로 보아서는 土地의 보다 建設의인 活用을 爲하여 同一方向으로 가는 送電所의 route數는 可能한限 줄여야 하겠다. 即 現在 主로 使用되고 있는 2回

線鐵塔은 鐵塔高가 높은 4~6回 線 鐵塔으로 變更해야 하겠다.

同一鐵塔에 같은 電壓의 回線數를 늘이거나 또는 異種의 電壓의 線路를 併架하면 問題가 되는것은 落雷等으로 因하여 어떤 한回線에 內絡事故가 發生하면 他回線까지의 事故가 波及하여 送電所의 送電信賴度가 低下하는 理由로 美國等 國土가 廣滑한 나라에서는 忌避하는 傾向이었으나 國土가 狹少한 우리나라, 日本, 歐州等에서는 그 探擇이 不可避한 것으로 보인다.

多回線鐵塔에 있어 落雷等事故時에 他回線의 波及防止는 架空地線의 蔽의 增大置, 回線相互間의 充分한 離隔距離, 優秀한 保護送電器의 設置 遮斷器의 高速遮斷과 再抗入化, 碍子汚損의 防止等으로 防止가 可能하다.

本文에서는 우리나라와 같이 國土가 狹少한 外國에 있어 經濟性의 昂揚과 用地問題를 解消키 爲하여 探擇하고 있는 多回線鐵塔의 建設實態를 紹介하고자 한다.

그리고 道路網의 擴張 또 工場, 住宅等의 簇出은 既設送電所의 地土高의 不足, 施設物과의 安全距離不足 또는 交通妨害等의 問題를 가져온다.

이러한 境遇 從前에는 塔高를 올려서 問題點을 解消키 爲하여 既存鐵塔을 完全히 解體하여 施工하는 方法을 擇하여 왔으나 近來의 外國書籍을 參照하면 既存塔을 完全히 解體하지 않고 既存塔에다 所要높이의 結構를 插入함으로써 그 目的을 達成하고 있으며 어떤境遇는 送電을 持續하는 狀態에서 塔高를 올리고 있다.

本文에서는 이工法도 兼하여 紹介하고자 한다. 그리고 超高壓鐵塔은 塔高가 높고 그 重量도 무거워져 從前과 같은 本柱의 gin pole을 利用한 鐵塔組立方式은 率이 올라가지 않고 또 危險性이 內包하고 있다. 따라서 本文은 또 現代의인 超高壓鐵塔의 組立工法도 兼하여 提及하고자 한다.

## 2. 多回線鐵塔

우리나라에 154KV級 6回線鐵塔이 即 2回線 以上の

\*正會員 : 코오롱綜合電機(株) 專務理事  
\*\*正會員 : " 技術開發部次長



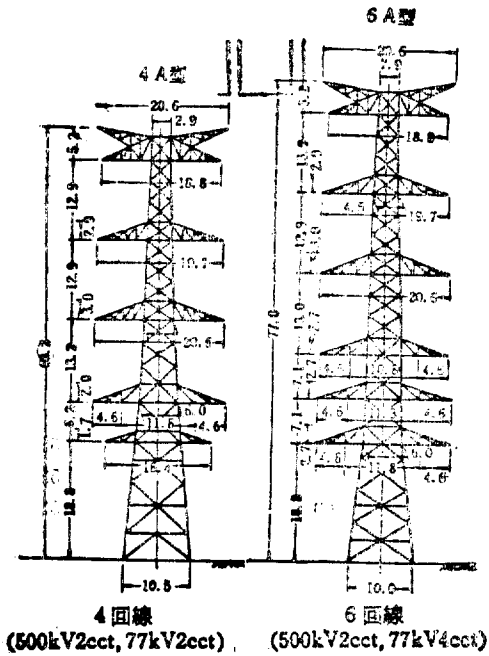


그림 2

표 2. 線路의 概要

區 間	西播 s/s ~ 北攝 s/s
電壓回線數	275KV運轉(500KV設計) 2回線
巨 長	77.4km
支 持 物	concrete充填鋼管鐵塔 200基
電 力 線	ACSR $\phi$ 410mm <sup>2</sup> 4導體

77KV 4回線이 併架되어 있다. 또 西獨의 多回線鐵塔의 使用側를 살펴보면 그림 3의 것을 들수 있으면 本 6回線 異種電壓用의 鐵塔은 그림 4의 點線으로 表示된 一部區間에 使用되고 있다.

西獨 380KV超高壓線路의 使用電線은 Al/st 560/50의 2導體 또는 Al/st 340/30의 4導體이고 220KV線路의 電線은 Al/st 560/50의 2導體이고 110KV線路의 電線은 Al/st 560/50의 單導體이다.

그리고 架空地線은 Al/st 95/55이고 鐵塔設計에 使用된 徑間과 水平角의 數値는 表 3과 같고 鐵塔重量은 表 4와 같다. 表 4에서 70의 記號를 가진것은 380KV 2導體用이고 73의 記號를 가진것은 4導體用이며 水平角의 測定은 基準線이 다른것으로 判斷된다. 그리고 WA/WE100~180°塔은 dead end用을 兼하고 있다.

以上에서 우리나라도 近接地域에서 平行하는 回種또는 異種電壓의 線路는 一旦 共架할 수 있다는 結論을

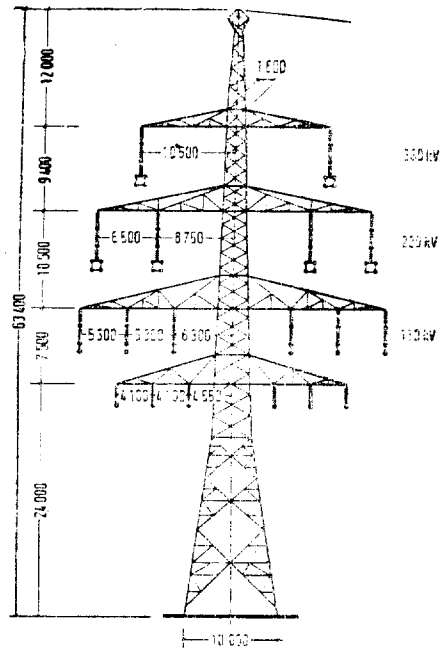


그림 3. ABC/4/73의 T<sub>1</sub> 懸垂塔

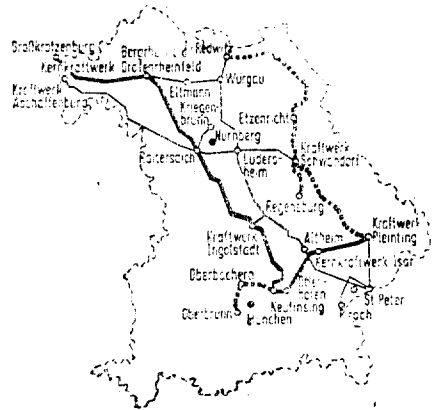


그림 4. 380KV

내릴 수 있다.

2 또는 3 route의 線路를 1 route로 縮少하여 多回線用鐵塔을 使用하면 用地의 活用, 風景의 造成, 線路 維持保守에 도움이 되나 이것을 實現할 수 있는 支件은 將次의 增設이 豫想되는 境遇 各線路가 같은 時期에 建設될 境遇 既設線路의 送電容量이 不足하여 이 電線의 交替 또는 昇壓이 不可避할 境遇 또는 既設線路의 支持物이 木柱이 때문에 그 壽命이 다 되었을 境遇 等に 限한다.

### 3. 既設塔의 塔高引上工法

既設線路 밑에 道路가 新設되든가 어떤 施設物이 들

표 3. 鐵塔設計徑間 및 水平角

	Suspension Tower		Angle Tower		
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	W <sub>A</sub> 140~180,	W <sub>A</sub> 120~180	W <sub>A</sub> 100~180
Wind span	450m	600m	550m	550m	550m
Phase span Weight span	550m	650m	550m	550m	550m
Max	650m	750m	750m	750m	750m
min	250m	350m	250m	250m	250m
Horizontal Angle	—	—	140°~180°	120°~180°	100~180°

표 4. 鐵塔重量(ton)

設計條件	形別					
	C/2/70	BC/3/70	ABC/4/70	C/2/73	BC/3/73	ABC/4/73
T <sub>1</sub>	9.6	21.7	25.5	17.0	26.0	32.4
T <sub>2</sub>	10.1	24.3	31.5	18.5	28.4	—
W <sub>A</sub> 140~180	21.9	50.7	61.0	34.5	57.4	81.3
W 120~180	26.8	67.0	83.4	37.6	65.5	88.6
W <sub>A</sub> 100~180	33.0	—	—	55.0	89.6	—

註: 上記에 있어 BC와 ABC記號를 가진 것이 多回線用鐵塔이다.

어서게 되어 地上高나 或은安全巨離가 不足할時 그對策으로서는 既存線路의 撤去, 局部的인 地中線化 또는 既存鐵塔의 塔高引上等을 生覺할 수 있다.

그리고 過去 既存鐵塔의 塔高를 引上해야할 時에는 既存鐵塔을 撤去하고 그 代身에 새로 製作한 鐵塔을세우고 架線工事도 새로하는 것이 過去의 常例였으나 本方法은 舊鐵塔의 擦棄, 架線時 線路橫斷個所의 拔板作業 弛度의 再調整 등이 發生하여 在來式工法은 經濟性도 없고 工期도 많이 걸린다.

그러나 架線狀態를 維持하고 鐵塔高를 所要높이까지 引上할수 있으면 以上과 같은 不經濟性을 없애고 工期도 短縮할 수 있다.

既設塔을 解體하지 않고 引上하는 方法은 既設塔을 어떤 높이에서 上下部로 分割하고 既設塔中央에 미리 設置한 鐵柱를 利用하여 既設塔을 引上시킨後 새로 製作한 鐵塔結構를 分割點에 挿入하는 工法이 있다.

그림 5는 既設塔의 下段腕金值下의 既設塔部를 上下로 分離하여 5m 높이의 新結構를 挿入하여 所要目的을 達成한 境遇이다.

本工法은 既設塔中央에 引上鐵柱를 支持하되 10M 높이의 2個의 架臺를 concrete 基礎위에 設置한다. 다음 3m節로 된 鐵柱를 21m 높이까지 組立한다. 그리고 既設塔의 主脚柱와 中央의 鐵柱를 turnbuckle에 依하여 固定시키고 分離部의 joint bolt를 풀어 既設塔을

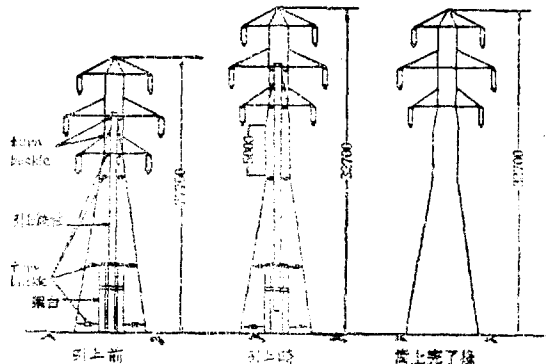


그림 5

上下部를 分割시킨다.

다음 油壓 pump 또는 winch를 使用하여 既設塔의 上部를 支持하고 있는 中央鐵柱를 浮上시키고 分割點 사이에 新結構를 挿入하여 bolt로 定着시켜 그 目的을 達成한다.

本方法은 線路周邊에 施設物이 많이 들어서게되어 鐵塔에 加해지는 風壓으로 因한 荷重이 直接 또는 間接的으로 減少되어 鐵塔의 分割點以下의 強度가 充分할 時에 適用이 可能하다고 理論上 指摘할 수 있으나 大개의 境遇 既存塔에 이러한 變更에 대한 強度는 充分하다고 判高된다. 그리고 鐵塔斷를 從前보다 引上하면 電線의 地上高도 높아져 鐵塔에 대한 垂直荷重도 若干

增加하나 보통 鐵塔設計에 있어 垂直荷重은 擔當한 여유를 보고있음으로 역시 問題가 되지 않는다.

그리고 電線張力에 있어서는 架線狀態로 시공함으로 電線길이에 增減이 없어 電線張力은 從前에 비해서 아무런 變化가 없으므로 鐵塔強度點檢에는 無視해도 無妨하다.

그리고 安全作業을 爲해서는 浮上되는 鐵塔上部에서 4方支線을 設置하고 鐵塔上部가 引上됨에 따라 그 길이를 調整하는 配慮가 있어야 하겠다.

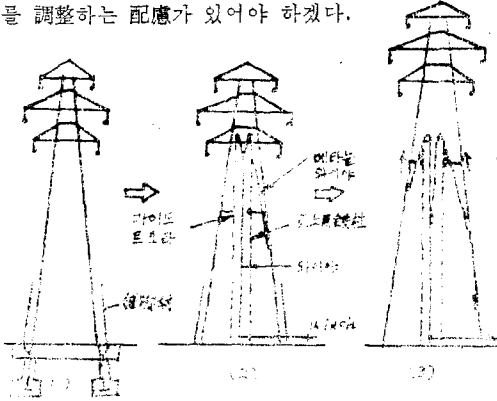


그림 6. float

그림 6은 既設塔의 基礎直上部에서 既設塔을 上下로 分離하고 所定높이의 新結構를 插入하는 方法이다.

이 方法은 前記한 方式으로도 實施할 수 있으나 單方法으로서의 既設塔의 浮上은 架臺를 使用하는 油壓浮上施式代身에 wire rope를 使用하고 浮上鐵塔의 安定은 中央鐵柱에 設置한 guide rail와 既設塔에 設置한 roller에 依存하는 工法도 探擇할 수 있다.

本工法은 鐵塔地上部에서 主柱材의 傾斜가 같은 新結構가 插入될 境遇는 基礎 concrete 上部를 除去하고 새로 製作한 stub angle를 既存 stub와 連結시키고 基礎 concrete를 새로 해야한다.

本工法에 使用되는 裝置를 例舉하면 大略 다음과 같다.

#### (1) 鐵柱 및 Guide裝置

引上 guide裝置는 鐵柱를 guide로 하고 roller를 使用하여 既設塔을 引上하는 方式임으로 bolt를 使用한 結構에서는 鐵柱主柱背面에 angle材를 別塗로 부쳐十字斷面構造로 하고 이것을 guide rail로 使用한다.

#### (2) Hanging wire와 Pulling wire

鐵塔을 引上하기 爲한 wire rope는 鐵塔을 지지하는 wire와 당기는 wire로 區分되며 지지하는 wire는 既設鐵塔의 主柱材의 節點에 結縛하고 다음 鐵柱頂上部의 支持點이 되는 4個의 roller를 거쳐 wire의 均衡을 調整할 수 있는 wire集結金具에 連結된다.

그리고 本集結金具의 他端에는 한가락의 당기는 wire가 連結되고 1臺의 wirch로서 引上作業이 可能한構造이다.

#### 效果 및 利點

上記한 工法等の 利點은 다음과 같다.

(1) 鐵塔의 強度, 形態, 치수에 關係없이 任意의 높이까지 塔高를 올릴 수 있다.

(2) 架線狀態에서 作業이 可能함으로 by-pase用 假工事, 既設鐵塔의 移設工事, 線下의 電氣工作物에 對한 防護발판工事等이 不必要하다.

(3) 特別한 境遇를 除外하고는 送電狀態에서 工事を 推進할 수 있다.

(4) 特殊工具를 使用하지 않고 從前부터 送電線工事に 使用하고 있는 工具를 써서 施工할 수 있다.

(5) 高所作業이 幅 減少하기 때문에 安全性이 높고 作業能率이 良好하다.

(6) 鐵塔敷地 以外에는 工事用지가 必要없음으로 用地業務가 大幅 減少한다.

(7) 既設鐵塔의 部材, 電線 및 基礎를 有效하게 利用할 수 있다.

#### 4. 實施例

本工法의 實施例로서는 日本 北陸電力의 66KV 小杉線 7號 鐵塔을 送電狀態에서 引上한 것이 있고 또 66KV 缺婦須川線 16號 鐵塔의 傾斜함을 改修하는데 活用했고 66KV 小杉線 4號鐵塔의 1脚이 道路에 있게 되어 線路方向으로 約 2m 移動시키고 4m 鐵塔高를 引上시킨 것을 들 수 있다. 그리고 車市電力의 154KV 甲信幹線의 塔高 5m 引上例도 들 수 있다.

#### 既設 route를 利用하는 線路建設

前記에 있어서는 外的與件으로 因하여 既設鐵塔의 塔高가 不足할時, 既設鐵塔을 浮上시키고 鐵塔中間部에 新結構를 插入하여 所要높이를 確保하는 方法을 說明하였으나 本文은 第8圖에서 보는바와 같이 既設塔의 中心部에 새로운 鐵柱를 세우고 壽命이 다된 鐵塔은 解體하고 中心部에 세운 既存塔의 解體作業에 活用한 鐵柱를 그대로 새로운 線路의 支持物로 活用하자는 것이 다.

이 境遇에 있어 鐵柱는 既設塔을 貫通해야 함으로 外徑이 작은 鋼管柱라야 하고 또 3m 길이의 短柱의 連結設計라야 既設塔의 內部에서 組立이 可能하다.

한편 既設塔의 水平對角材는 鋼管柱가 들어가는데 guide役割을 해주도록 改造해야 하고 또 鋼管柱가 들어감수 있도록 既設鐵塔下部 1면도 除去하고 關聯主柱材는 補強을 해야한다.

中心部の 鋼管柱의 浮上은 既設鐵塔을 支持點으로하

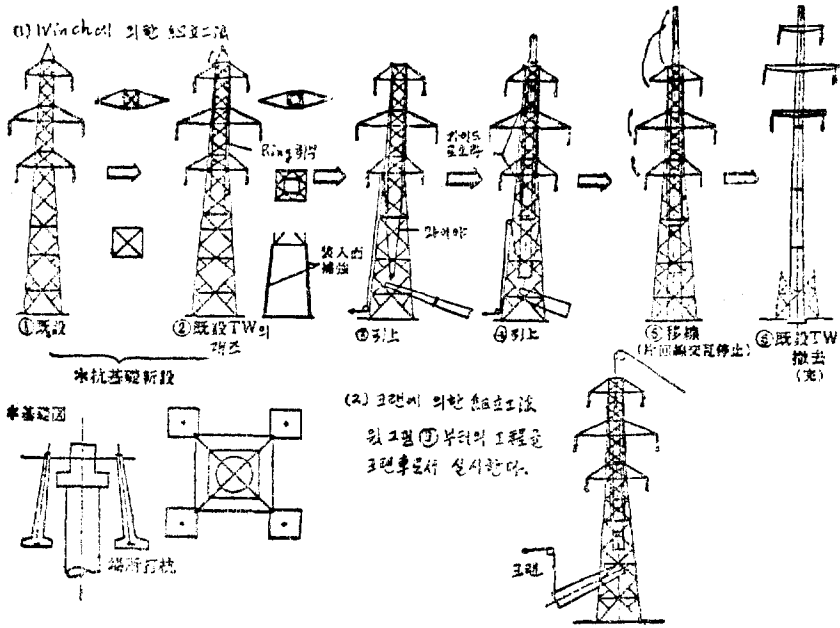


그림 7. 工法說明圖

고 wire rope에 의하여 施行된다. 그리고 鋼管柱가 組立되고 裝柱가 끝나면 既設電線을 이 鋼管柱에 移設하고 既設鐵塔을 解體한다.

또 鋼管柱의 引上은 그림 7에서 圖示된 바와같이 crane을 活用할 수도 있다.

本工法の 實施例은 關西電力의 154KV線路의 鋼管柱에 依한 既設鐵塔의 元位置建替를 들수있다.

以上과 같은 工法은 既設線路下에 많은 民家가 들어서 安全巨富가 不足할 境遇 또는 既設線路下에 新規의 高速道路가 建設되어 既設線路의 地上高가 不足할 時該當區間을 地中線化하는 것도 하나의 方便이 될수 있으나 地中線의 建設은 架空線의 10倍 以上の 經費가 所要됨으로 一旦 上述한 工法의 採擇與否를 檢討해 보는 것도 나쁘지 않고 그 採擇은 좋은 對策이라 할수 있겠다.

### 5. 現代式鐵塔組立工法

345KV 鐵塔強度試驗을 爲하여 本柱의 Gin Pole를 使用하여 被試驗鐵塔을 組立하였으나 組立途中에 引上하는 鐵塔部材의 重量이 너무 무거워 Gin Pole가 折損되는 事故가 發生하였으나 多幸히 人命被害는 없었다.

以上과 같은 事故를 勘案하면 超高壓鐵塔의 建設은 gin pole는 木製品에서 鐵鋼材의 것으로 于先 交替해

야 한다는 것이 時急하다는 것을 알수 있다.

그러나 이것만으로서는 充分한것 같지 않다.

最近의 外誌를 參照하면 鐵塔組立의 迅速化, 省力化. 그리고 安全化를 爲하여 鐵塔組立方法을 多角度로 檢討하고 있다.

그림 8은 日本九州電力에서 500KV 2回線 ACSR 410mm<sup>2</sup> 4導體 超高壓鐵塔組立方法을 相互比較한 圖表이며 作業性, 安全性 및 保有鐵柱의 活用面에서 Float鐵柱方式을 標準工法으로서 推薦하고 있다.

即 그림 6에 있어 臺樑(gin pole)式은 在來式이나 臺樑은 鋼管 boom 9.9m치를 使用하였고, 이 方法의 組立基數는 40基이다.

다음 新設할 鐵塔中央에 9.9m의 長이를 가진 boom을 달수 있는 높이 12m의 鐵柱를 세우고 이 鐵柱를 油壓 Jack에 依하여 3m 長이의 鐵柱節을 挿入함으로써 漸次 높여 이것을 據點으로 하여 新規鐵塔을 組立하는 中央鐵柱式에 依하여 組立된 鐵塔基數는 12基이다.

다음 新設될 鐵塔中央에 9.9m의 boom이 닿은 길이 30m의 鐵柱를 wire rope로 浮上시키고 이것을 據點으로 하여 新規鐵塔을 組立하고 新規鐵塔이 높아지면 이것을 據點으로 하여 鐵柱를 올리는 方法을 되풀이하여 新規鐵塔의 組立을 完成하는 float鐵柱 方法이고 이 工法에 依하여 組立된 鐵塔基數는 146基이다.

다음 boom를 달지않은 鐵柱 即 鐵塔主柱材에 捕縛

그림 8. 鐵塔組立工法

	가	나	다	라	마
	臺 棒 式	中央 鐵 柱 式	float 鐵 柱 式	erector式	crane式
工法概要圖					
機器 大要	鋼管 boom 42.7mmφ×4本 全長 9.9m	中央鐵柱 主材<75×6 3.6m/節 鋼管 boom 42.7mmφ×4本 全長 9.9m	中央鐵柱 主材<75×6 3.6m/節 3.6m×8=28.8m 鋼管 boom 42.7mmφ 9.9m	erector本體 鋼管 熔接鐵塔 5m×4=20m	truck crane 全重量 35.3t 最大組立高 51.5m 最大荷重 35
得 失	組立單材의 重量에 制限이 있음. 根開가 큰 鐵塔에는 利用이 困難함	鐵柱強度上 組立 높이에 制限이 있음. 支線이 많이 必要함	鐵柱의 引上에 時間이 걸리나 作業性과 安全性이 높다	支線의 操作이 複雜함.	crane이 自走搬入이 可能한 地點에는 能率이 높음. 組立高에 制限이 있음
組立基數	40基	12基	146基	2基	6基

하지 않고 wire rope로 新規鐵塔中央에 浮上시킨 鋼材 鐵柱를 利用하여 新規鐵塔을 組立하고 다음 新規鐵柱를 引上하는 上記의 float 鐵柱方式과 同一한 順序로 鐵塔을 組立해나가는 erector 方法이고 이工法에 依한 것은 2基였다.

다음 tractor crane에 依한 方法이 있으며 이 工法에 依하여 組立된 鐵塔은 6基였다.

上記와 같은 工法의 利害得失은 그림 8의 得失欄에 記載되는 바와 같다.

砂漠이 많은 中東地域, 平地가 많은 美國, 草原이 많은 歐州等에서는 tractor crane를 利用하여 地上에서 人力에 依하여 鐵塔을 組立하고 다음 이것을 세우는 것이 能率이 좋고 安全性이 높으나 超高壓鐵塔은 그塔高가 높아 題點으로 擡頭하여 全的으로 crane에 依存할 수 없다.

한편 우리나라와 日本은 다같이 山嶽地帶가 많은 地點에서는 crane自體를 鐵塔組立地까지 運搬할 수 없다는 結論이 나와 前記와 같이 float鐵柱式이 좋다는 것이 된다.

山嶽地帶에서 실사 float 鐵塔 또는 中央鐵柱式을 利用하더라도 本鐵柱는 單位節길이 3m程度의 數個의 結構의 組立方式이러야 한다. 그리고 이結構의 主柱材는 <75×75×6의 角鋼材를 使用하고 boom는 42.7mm徑의 鋼管을 使用하여 部材自體의 重量도 輕量化해야 한

다.

float鐵柱方式에 있어 鐵柱引上方法은 上記한 以外에 2條의 wire에 依存할 수도 있다. 이 境遇는 油壓 jack方法처럼 架臺가 必要치 않다.

東京電力에서도 500KV 福島幹線의 鐵塔組立에 安全性和 省力化面에서 여러가지 鐵塔工法을 檢討한 結果 truck crane式, float鐵柱式, 中央鐵柱式을 標準工法으로 使用했으며 이러한 工法을 使用함으로써 從前方法에 比較하여 作業性은 2倍로 向上되고 組立工事を 無事故리에 完成했다는 것이다.

本工事に 있어 體得한 Float柱 方式의 改善點을 例舉하면 다음과 같다.

(1) 熔接鐵柱는 從前에 全部 double warren 結構였으나 boom取付點부터 下部는 荷重이 많이 걸리지않은 關係로 single warren結構로 變更한다.

(2) boom길이는 10m였으나 13m程度가 使用에 便利하므로 이것을 將次 反映한다.

(3) floating tower의 支持 wire取付位置는 組立中의 鐵塔의 二段째의 以下の 節點으로서 組立中 鐵塔의 變形을 防止한다.

(4) 1 ton 次上의 荷重을 매달境遇는 反對側 boom을 利用하여 back tension이 걸리도록 한다.

(5) floating鐵柱는 1회에 10m以上 引上해서는 안 된다.

(6) 鐵塔根開가 10m 以上일 境遇는 鐵塔이 組立中 强風에 부닥치면 쓰러질 念慮가 있어 水平補助材를 取付하는 것이 좋다.

(7) 1 ton 以上の 鐵塔部材를 달아올릴때는 그 重量을 表示하고 作業時의 安全을 期한다.

最近 入手한 西獨의 工學誌에 依하면 西獨 siemens 社에서 elbe江 橫斷個所에 電壓 380KV, 徑間 1200m 塔高 227m, 塔重量 980 ton의 懸垂鐵塔과 重量 49 ton의 引留鐵塔을 세운 記事를 掲載하고 있다.

引留塔은 塔高가 낮은 關係로 그림 9와 같이 鐵塔의 부에 位置한 truck crane에 依하여 組立되었고 塔高가 높은 懸垂塔의 組立은 그림 10과 같이 truck crane과 前記한 erector 即 derrick를 그림 11 및 그림 12와 같이 使用하여 進行되었다.

derrick의 길이는 40m였고 1m폭의 4角結構이고 使用部材는 主柱材가 <80×80×7>이었고 腹材는 <60×60×5>였으며 重量은 4 ton이고 引上容量은 10 ton이다.

derrick는 直徑 22mm의 4條의 같은 길이의 wire에 依하여 鐵塔 主柱材에 金具와 bolt를 通하여 連結되어 支持되고 derrick上部는 亦是 4條의 wire에 依存하고 上記와 같은 方法으로 鐵塔主柱材連結部의 같은 位置에 連結되었다.

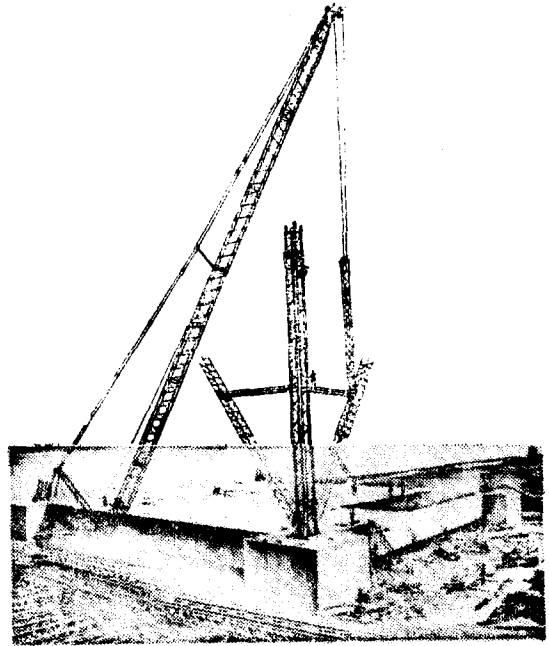


그림 10. crane에 의한 懸垂塔下部組立

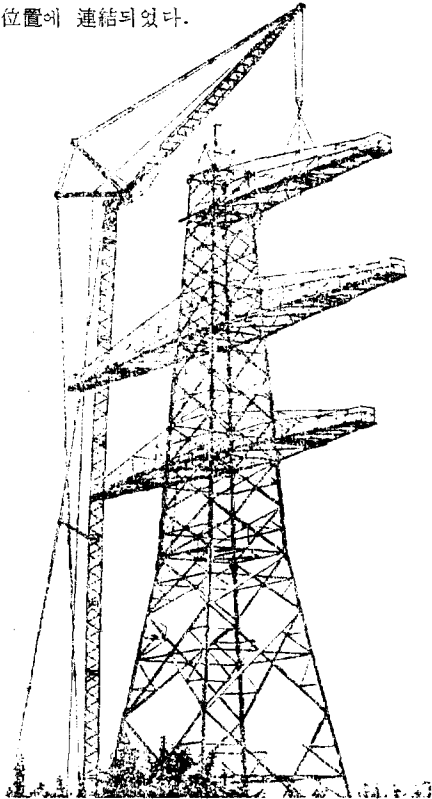


그림 9. crane에 의한 引留塔組立

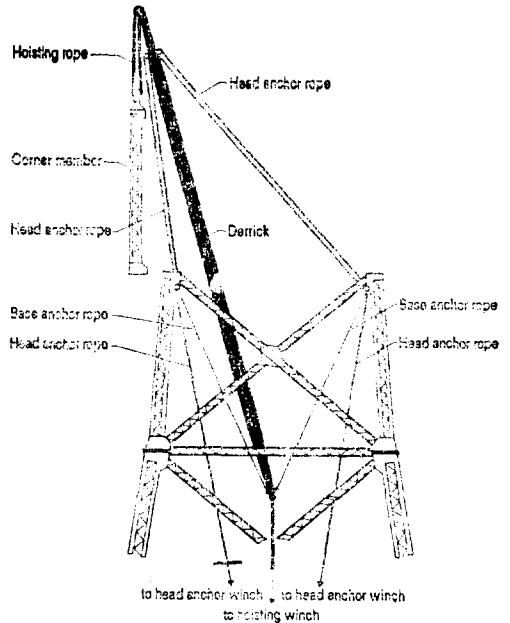


그림 11. derrick에 의한 懸垂塔組立

derrick上部의 調整 rope는 鐵塔基礎部에 設置한 4個의 winch에 依하여 傾斜角이 調整되었다.

derrick의 上部移動은 新規鐵塔의 節間이 所要높이 까지 組立되면 derrick上部의 別個 wire 2條를 追加



