

〈그림 1〉 154kV 開峰 ~ 梧柳 地中送電線 竣工式 光景

1980年 6月 京畿道 始興郡 所下邑 光明리에 있는 開峰케이블헤드(Cable Head) 敷地에서 内外貴賓 및 關聯者 다수가 參席한 가운데 154 kV 開峰 - 梧柳 地中送電線路의 竣工式이 舉行 되었다.

이 地中送電線路의 竣工으로 韓國電力은 總 56km에 달하는 154kV 級 地中送電線路를 保有 하게 되었는데 그간 建設된 地中線路는 外國 (日本, 美國, 英國 等)에서 製作된 케이블 및 附屬材를 輸入하여 外國 技術者의 直接施工 또 는 技術協調 및 監督下에 施行되었었다.

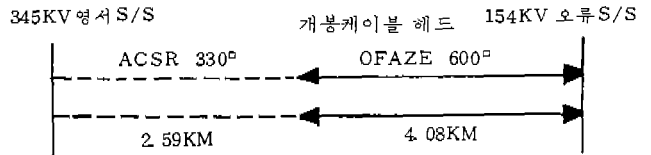
그러나 이 地中線路는 國產 OF 케이블을 使用하고 國內技術 및 人力으로 施工된 國內最初 의 地中送電線路로서 앞으로 建設될 國內 地中 送電線의 嚆矢가 될 것으로 여기에서는 그 使用資材, 建設工程 및 工事方法에 對하여 간단 히 紹介하기로 한다.

154kV 地中 送電線 建設 에 對하여

(開峰 ~ 梧柳)

1. 工事概要

- 가. 工事名 : 154kV 開峰 ~ 梧柳 地中送電線 建設工事.
- 나. 工事區間 : 京畿道 始興郡 所下邑 光明里 ~ 서울市 九老區 高尺洞
- 다. 巨 長 : 線種 : 〈그림 2〉 系統圖 參照



〈그림 2〉 系統圖

- 註 : OFAZE : 풍리에치렌防蝕, 알루미늄皮 OF 케이블
- OF : Oil Filled (油入)
- A : Aluminium 皮
- Z : 防蝕
- E : Polyethylene

- 라. 送電容量 : 460A, 120MVA / 回線
- 마. 使用管路 : 흙관 (Hume Pipe, 鐵筋 콘크리 이트管) ϕ 250mm, ϕ 300mm

崔 世 鎭

韓國電力 地中線事務所長

바. 工事費：管路—₩ 315,000,000
 케이블—₩ 2,100,000,000
 計 ₩ 2,415,000,000

사. 工事期間：1977. 11~1980. 6

아. 動員人員：연 29,500명

자. 施工者：管路—京鄉建設(株)
 케이블—製作：大韓電線(株)
 施工：大韓綜合建設(株)

2. 管路建設

管路建設은 케이블 引入을 위한 管의 設置 및 케이블 接續을 위한 맨홀(Man-hole) 築造로 區分할 수 있으며 그 外에 케이블헤드 敷地의 整地, 開渠建設 등이 包含된다.

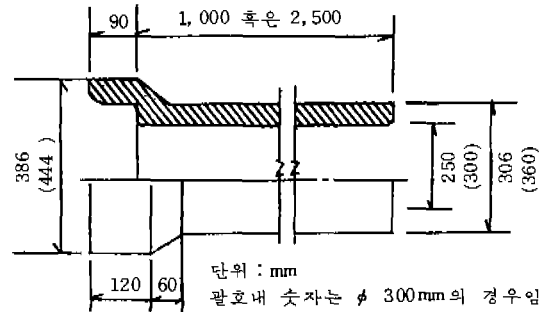
이 線路의 經過地는 大部分이 路線버스 및 一般 차량이 빈번하게 通行하는 公路上의 車道이고 京仁鐵道, 橫斷 1個所, 京仁國道 橫斷 1個所, 河川橋梁添架 1個所가 包含되어 있어 作業條件이 比較的 어려운 區間이었다. 道路上에서 的 諸作業은 統制가 심하여 管路建設 工事期間 總 400여일 (77. 11~78. 12) 中 實作業期間

은 240일이었고 나머지는 各種 道路 掘整統制 등에 의한 工事中止 期間이었다.

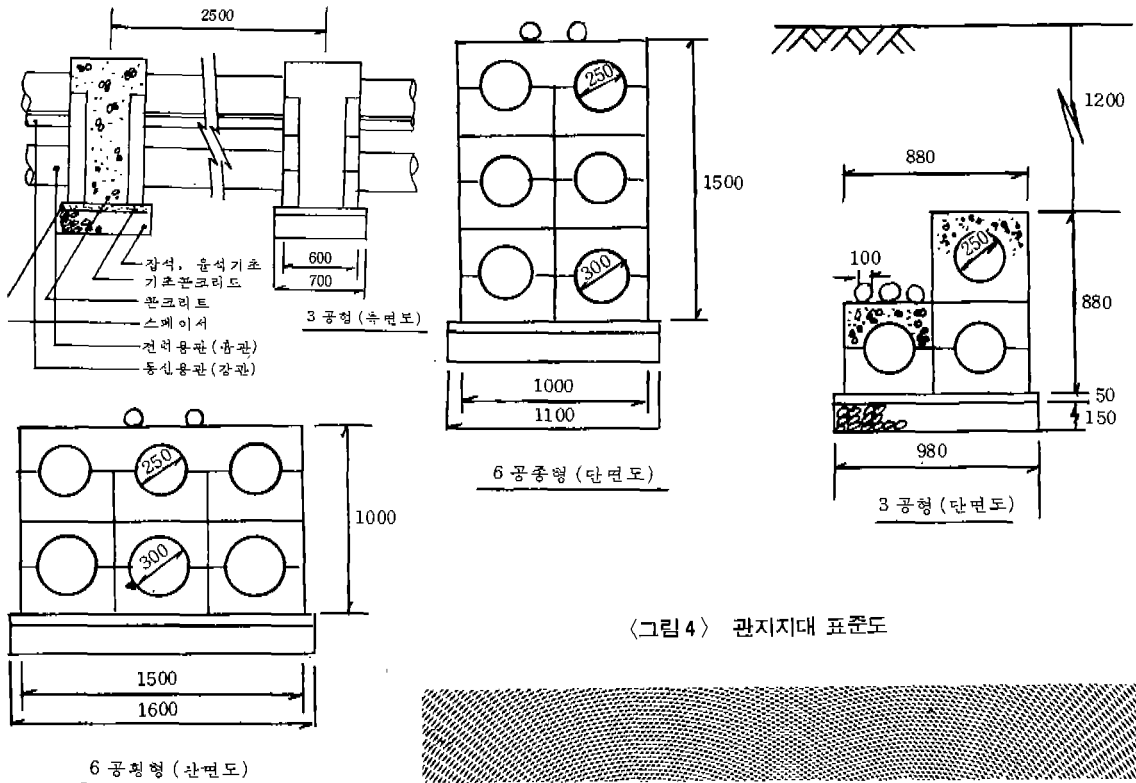
가. 管設置

電力케이블用 管으로는 주로 涵管(鐵筋콘크리트 管)이 使用되며 橋梁添架時 또는 規定 土皮를 지킬 수 없는 경우에는 塗服裝鋼管, 커브가 심한 경우에는 合成樹脂製의 曲管을 使用하였고 鐵道橫斷에는 地下掘進施工을 위하여 PC 管을 使用하였다.

涵管의 長이는 1m 및 2.5m의 두 종류가 있으며 構造는 그림 3과 같다.

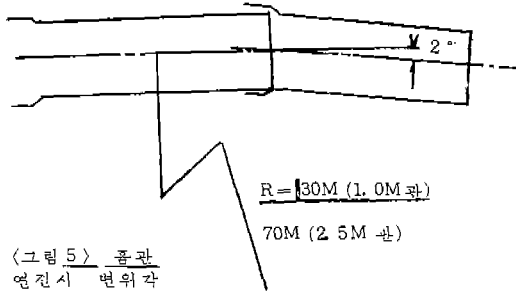


〈그림 3〉 $\phi 250$ 및 $\phi 300$ mm 涵管 구조



〈그림 4〉 관지시대 표준도

흡관 連結시에는 異物質이 들어가지 않도록 連結部에 고무링을 끼우고 그림 4와 같은 지지대를 設置하고 콘크리트로 打設한다. 흡관 連結시의 흡관과 흡관 사이의 變位角은 그림 5와 같이 2° 이하로 제한하므로 1m 및 2.5m의 흡관 使用시 最小曲率半徑은 각각 30m, 70m가 된다. 따라서 30m 이하의 커브에서는 흡관 사용이 不可能하므로 合成樹脂曲管을 사용하며, 이때에는 全体部分에 대하여 콘크리트로 補強한다.



〈그림 5〉 흡관 연결시 변위각

管設置工事의 工程은 표 1과 같다.

〈표 1〉 管設置工事工程 (30m 基準)

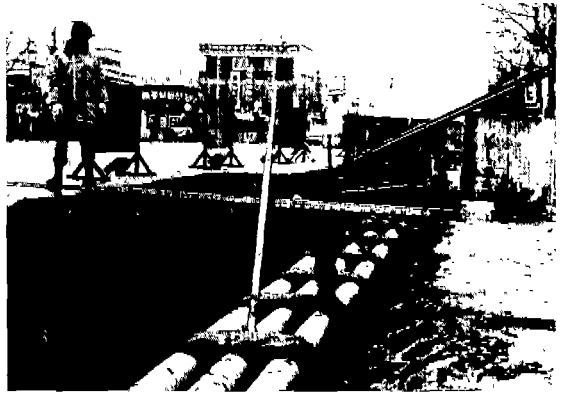
| 工 程 | 備 考 | 時間 |
|----------|----------------------------------|----|
| 準 備 | 공사案内板, 交通標識板, 칸막이, 保安燈 설치 | 1日 |
| 鋪裝깨기 | 人力, 브레이카 사용 | |
| 掘 鑿 | 人力, 機械 사용 | |
| 掘鑿土搬出 | 掘鑿 當日 夜間에 指定된 殘土 處理場으로 수량搬出 | 1口 |
| 基礎設置 | 棠石 또는 雜石 깔기 및 기초 콘크리트 (1:3:6) 打設 | |
| 配 管 | 管配列, 設置 | |
| 거푸집組立 | 콘크리트 (1:2:4) 使用 | 1口 |
| 콘크리트 打 設 | | |
| 거푸집解体 | 車輛通行에 支障없도록 假復舊 | 3日 |
| 되 메 우기 | | |
| 道路假復舊 | 道路管理廳에서 施行 | 1日 |

設置完了된 管은 區間別로 導通試驗을 하여 케이블引入에 적합한 상태인가를 조사한다. 導

通試驗은 圓筒形으로 생긴 보빈에 줄을매어 管 속을 通過시켜 조사하는데 보빈의 外徑은 管内徑보다 10mm 적은 것을 使用하였다.

나. 맨홀築造

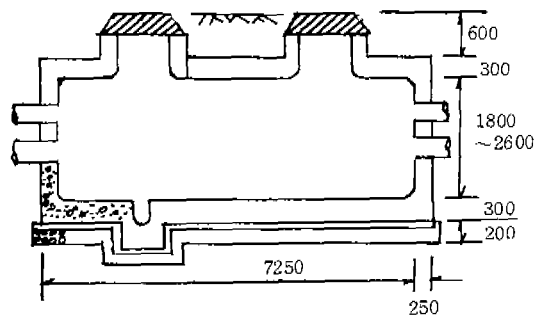
케이블을 管 속으로 引入 布設할 때 管과 케이블 사이의 마찰력으로 인해 無限定 길게 引入할 수 없으므로 적당한 길이마다 맨홀을 築造하여 管路를 區分한다. 맨홀의 位置는 케이



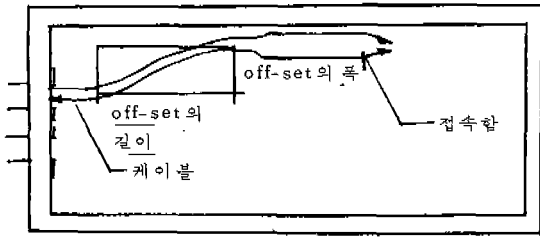
〈그림 6〉 管設置 光景

블 布設張力, 地下障害物 등을 考慮하여 決定한다. 地下管路에 設置된 케이블은 電力負荷에 의한 온도 變化에 따라 銅導體가 팽창, 수축하게 되는데 맨홀에 오프셋(Off-set)을 두어 이를 吸收한다. 맨홀의 크기는 이 오프셋 및 케이블 接續函의 配置, 作業空間 등을 考慮하여 決定한다.

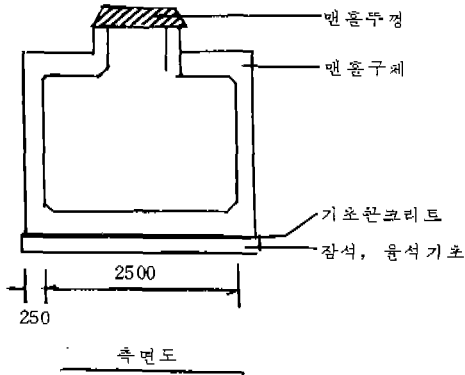
그림 7에 맨홀 構造의 예를 보인다. 맨홀 強度計算시 20ton 트럭의 活荷重을 考慮하는데 그 分布圖를 그림 8에 보인다.



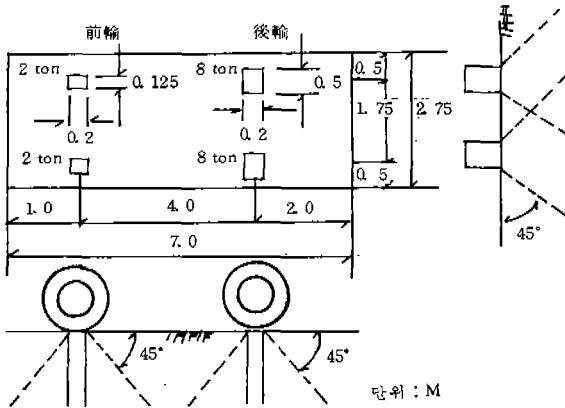
〈그림 7-1〉 斷面도



평면도
(그림 7-2)



(그림 7) 맨홀구조 (예)



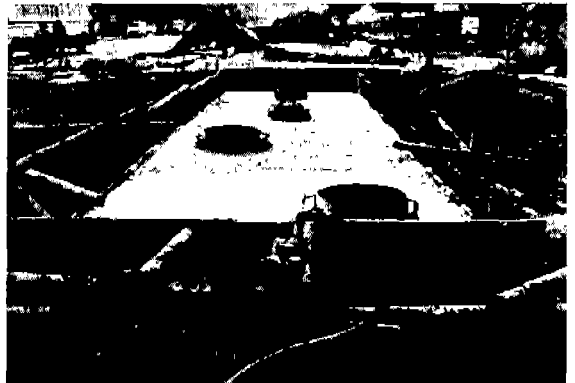
(그림 8) 20ton 車의 活荷重 分佈

맨홀에는 케이블과 布設, 케이블 및 接續函의 배치, 排水, 맨홀에의 出入 등을 위해 樞크, 실링가스켓, 씨포터, 행거, 불받이, 맨홀 카바 등 여러 가지 金物이 附着되며 接續函의 接地를 위해 接地線이 設置되었다.

표 2에 맨홀축조공사의 工程을 보인다.

(표 2) 맨홀築造工程 (1個所 基準)

| 工 程 | 備 考 | 時 間 |
|-----------|--------------|--------|
| 準 備 | } 管設置 工事와 같음 | } 4 日 |
| 鋪 裝 꺼 기 | | |
| 掘 鑿 | | |
| 掘 鑿 土 搬 出 | | |
| 基 礎 設 置 | } 레미콘 使用 | } 1 日 |
| 거 푸 집 組 立 | | |
| 鐵 筋 組 立 | | |
| 콘크리트 打設 | } 레미콘 使用 | } 1 日 |
| 거 푸 집 解 體 | | |
| 맨홀 카바 設置 | | |
| 되 메 우 기 | | |
| 기타 金物 設置 | } 管設置 工事와 같음 | } 15 日 |
| 道 路 假 復 舊 | | |
| 道 路 本 復 舊 | | |
| | | 1 日 |



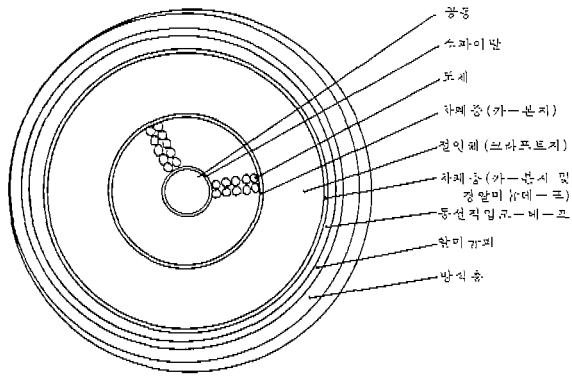
(그림 9) 맨홀築造 光景

3. 케이블建設

가. 케이블의 構造

154kV OFAZE 케이블의 構造를 그림 10에 보인다.

導體 중심부에는 내경 14mm의 油 通路를 두어 내부 溫度에 따라 팽창, 수축하는 絶緣油가 자유로히 흐를 수 있게 하였고 油浸 絶緣紙로 구성된 絶緣層 내의 面에는 電界가 均일하게 구성되도록 카본紙 및 카본紙와 硬알루미늄 테이프 로 구성되는 차폐층이 형성되어 있다. 케이블 코어는 알루미늄피로 둘러 쌓여져 있어 내부 油



〈그림10〉 154kV OFAZE 케이블 구조도 (단심)

壓에 견디도록 되어 있다. 이 공사에 사용된 케이블은 常時 6kg/cm²의 壓力에, 그리고 過渡時에는 11kg/cm²의 油壓에 견디도록 되어 있다. 알루미늄皮는 屈曲性을 좋게 하기 위하여 나선상의 波形을 이루고 있으며 알루미늄皮 外面에는 폴리에치렌 防蝕層이 射出形成되어 있다.

표 3에 케이블 각 부분의 치수 및 電氣定數, 그리고 표 4에 絶緣油의 特性을 보인다.

〈표 3〉 케이블 구조 및 전기정수

| 구분 | 관로경 | 250mmφ | 300mmφ |
|------------------|---------|-----------------------|--------|
| | | 공칭단면적 mm ² | 600 |
| 도체 | 도체형상 | 중공원형 | |
| | 외경 mm | 35.6 | |
| 절연체 두께 | mm | 12.5 | |
| 유통로 | 내경 " | 14.0 | |
| | 금속대두께 " | 0.8 | |
| 동선 직접포 테이프 | " | 0.3 | |
| 알루미늄피 두께 | " | 1.9 | |
| 방식층 두께 | " | 7.2 | 6.0 |
| 최대외경 | " | 87.7 | 85.3 |
| 최대도체저항 Ω/km, 20℃ | | 0.0299 | |

| | | |
|-------------------|--------|--------|
| 최대정전용량 F/km, 20℃ | 0.39 | |
| 최소절연저항 MΩ/km, 20℃ | 19,000 | |
| 계산중량 km/kg | 12,470 | 12,110 |
| 계산유량 l/km | 1,830 | |

〈표 4〉 절연유의 특성

| 기호 | 항목 | 단위 | 규격 | |
|----|-------------------|----------|--------------------------|-------|
| 1 | 점도 | at 30℃ | CSt | 12 이하 |
| | | at 75℃ | | 4 이하 |
| 2 | 체적저항률 at 80℃ | Ω-cm | 1.0×10 ¹⁵ 이상 | |
| 3 | 유전정전 at 80℃ | % | 0.05이하 | |
| 4 | 유전율 at 80℃ | - | 2.2±0.1 | |
| 5 | 절연파괴전압V/2.5mm | kV | 50이상 | |
| 6 | 비중 at 15/4 ℃ | - | 0.920 이하 | |
| 7 | 인화질 (P. M) | ℃ | 132 이상 | |
| 8 | 전산가 | mg KOH/g | 0.020 이하 | |
| 9 | 수분(Karl Fischer법) | ppm | 30 이하 | |
| 10 | 부식성 at 140℃×19H | - | 비부식성의 것 | |
| 11 | 색(옥안) | APHA | 30 이하 | |
| 12 | 반응시험 | - | 중성의 것 | |
| 13 | 증발량 98℃×5H | % | 0.40이하 | |
| 14 | 유동점 | ℃ | -50이하 | |
| 15 | 체적팽창계수 | 1/℃ | 0.85×10 ⁻³ 이하 | |

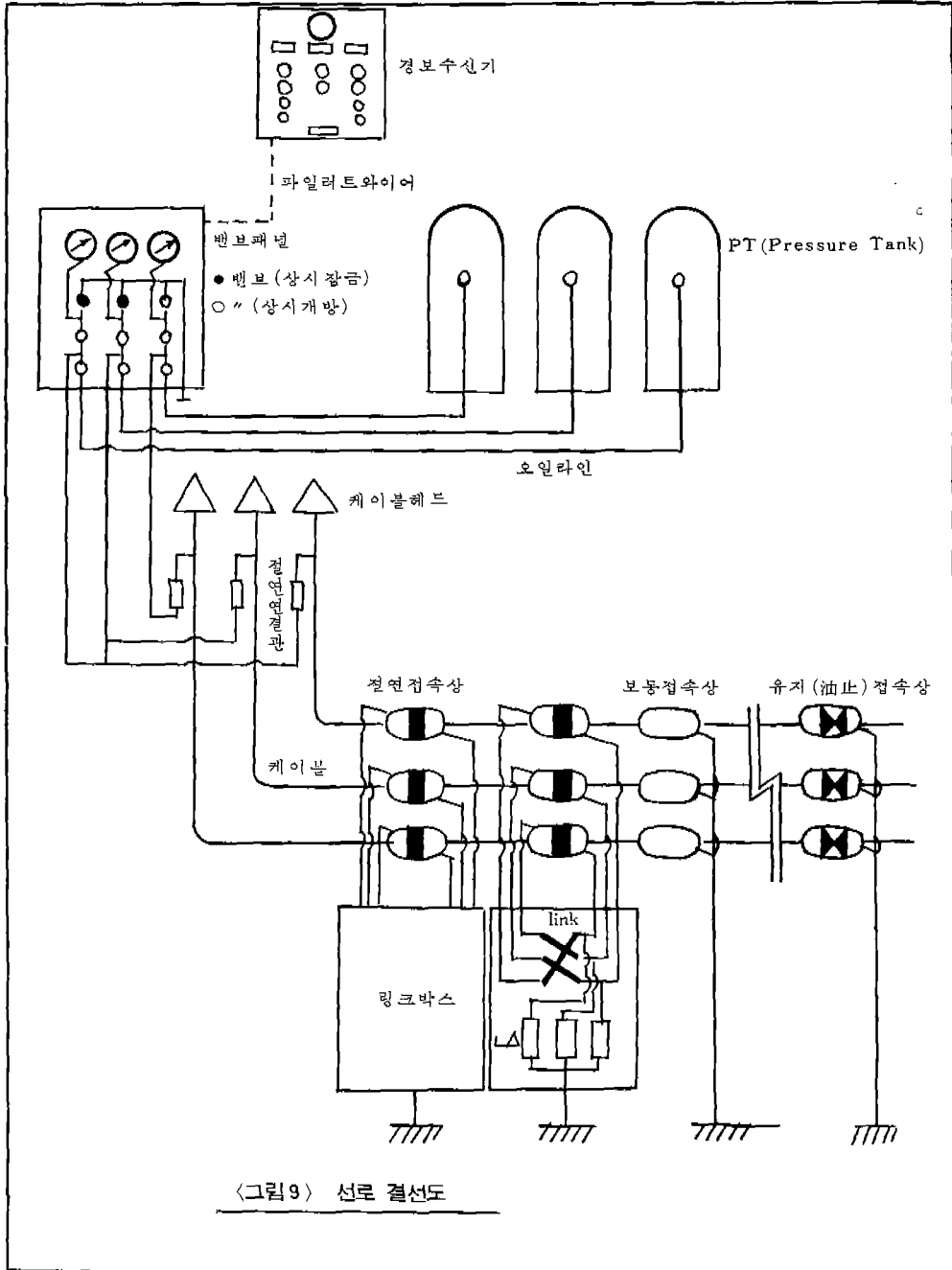
나. 附屬材

그림 9에 부속재의 명칭 및 結線圖를 보인다.

1) 케이블헤드: 케이블의 兩端은 케이블헤드로 終端처리된다. 케이블헤드는 케이블 끝부분에서 急激히 변하는 電界分布를 緩和시키는 스트레스 릴리프 디바이스(Stress relief device) 노출된 導體部와 支持架臺, 金物 사이의 絶緣 및 機械的 支持를 위한 碍管 등 여러가지 部品으로 構成되어 있다. 케이블헤드는 나라에 따라 Pot Head, Sealing End, End Box, 終端箱, 終端函 등으로 불리우기도 한다.

2) 接續函: 케이블은 맨홀내에서 서로 連結된다. 이때 連結部는 電氣的 및 機械的으로 취약부가 될 우려가 있으므로 이의 補強을 위하여 絶緣体 두께로 커지고 全体外徑도 커지게 된다. 接續의 基本은 케이블 各分部의 繼續의 인 連結이다. 즉 油通路는 油通路를 통하여 油

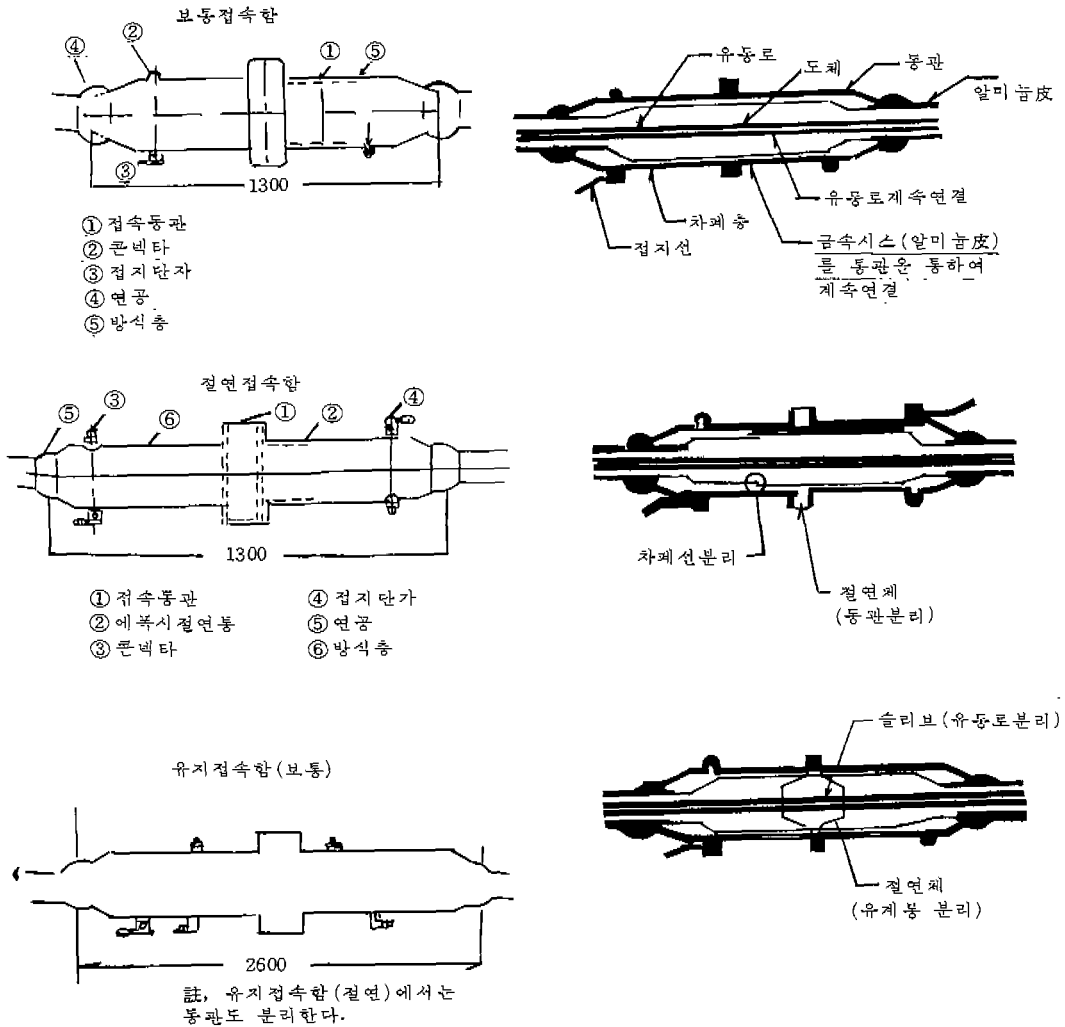
通路에 연결, 導體는 導電体(銅슬리브)를 통하여 導體에 연결, 차폐층은 차폐층을 통하여 차폐층에 연결하는 등이다. 그러나 油系統의 分離, 크로스본딩(Cross Bonding) 등을 위하여 보통 接續函, 絶緣接續函, 油止接續函 등으로 그 構造를 약간씩 變更시킨다. 接續函은 나라



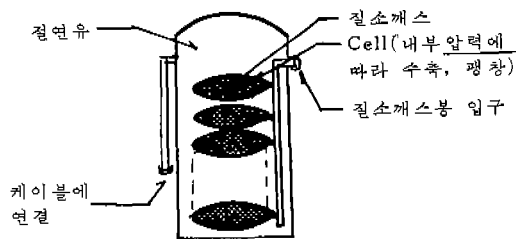
에 따라 Joint Box, Splicing Box 등으로 불리우기도 한다.

3) P.T (Pressure Tank) : 케이블내의 溫度變化에 따른 絶緣油의 팽창, 수축시 케이블에

서 흘러나오거나 케이블로 흘러들어가는 絶緣油를 일정 壓力 범위내에서 吸取, 供給하는 역할을 한다. 그 구조개요를 그림 12에 보인다.

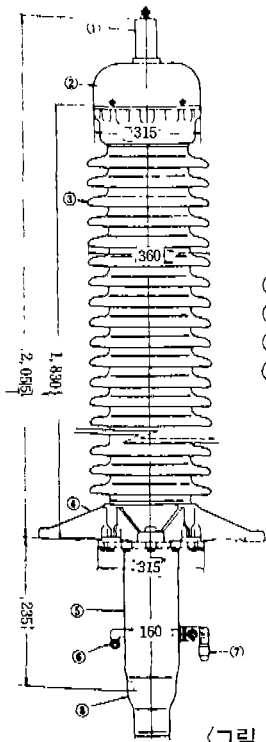


〈그림 11〉 각종 접속함



〈그림 12〉 PT의 구조(예)

4) 링크박스(Link Box) : 케이블 導體에 電流가 흐르면 金屬시스 즉 알미늄피에 誘導 電壓이 발생하며 接地線을 통하여 循環電流가 흘러 電力動失이 생기고 케이블 溫度도 올라가 許容電流가 감소한다. 이의 防止를 위하여 시스를 각 接續函에서 연가, 즉 크로스분딩을 시행하며 이때 接續函에서 連結線을 끌어내어 링크박스내에서 結線한다. 링크박스에는 必要한



- ① 도체인출봉
- ② Hood
- ③ 매 관
- ④ 취부금구
- ⑤ 하부강관
- ⑥ 콘베터
- ⑦ 접지단자
- ⑧ 연 공

〈그림 10〉 케이블헤드 (종단합)

경우 L.A를 受納시킨다.

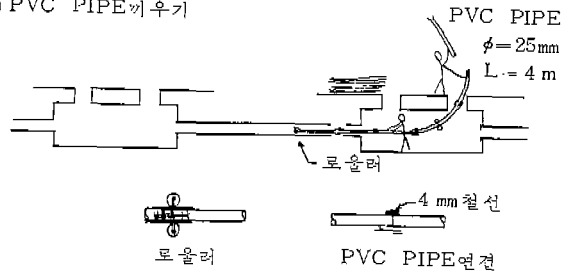
5) 기타 附屬品 : 이 밖에 오일라인의 閉閉를 위한 밸드 패널, 절연을 위한 絶緣連結管 油壓 감시를 위한 油壓警報수신기 등이 있다.

다. 케이블 布設

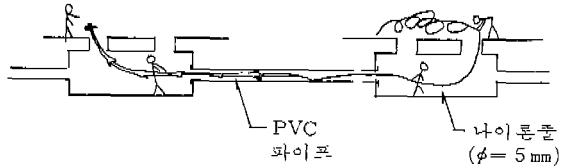
工場에서 제작된 케이블은 드럼(Drum)에 잡아 現場으로 運搬한다. 드럼에 감긴 케이블의 내측 끝에는 DPT (Drum Pressue Tank) 를 連結하여 케이블 내부 油壓이 항상 0.1~3kg/cm² 을 유지하도록 하며 케이블의 외측 끝에는 케이블引入布設시 쓰리웨이풀링아이(Three Way Pulling Eye)를 連結할 수 있도록 풀링 보울트를 부친다. 케이블 드럼은 트레일러에 실어 運搬하는데 드럼의 크기(直徑)가 큰것은 3.4m 나 되므로 陸橋, 橋梁의 下部 통과(制限높이 4m 정도)시를 고려하여 Drop bed trailer (床 높이 0.7m 정도)를 사용한다. 케이블은 한 쪽 맨홀에서 다른 쪽 맨홀로 管속에 引入布設된다. 이때 줄끼우기, 清掃, 導通試驗, 布設裝備 配置 등이 先行되어야 하는데 그 順序를 그림 13에 보인다.

→ 〈그림 13〉 케이블 布設 順序

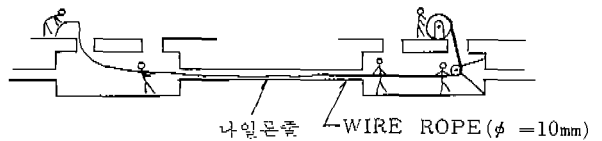
① PVC PIPE 끼우기



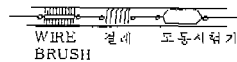
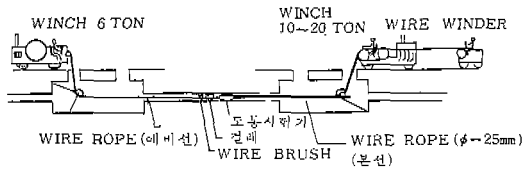
2. 나일론줄 끼우기



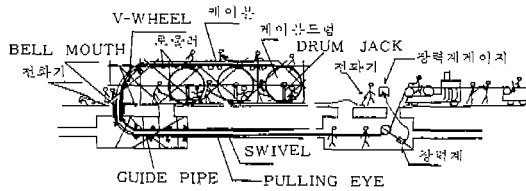
3. WIRE ROPE (에비선) 끼우기



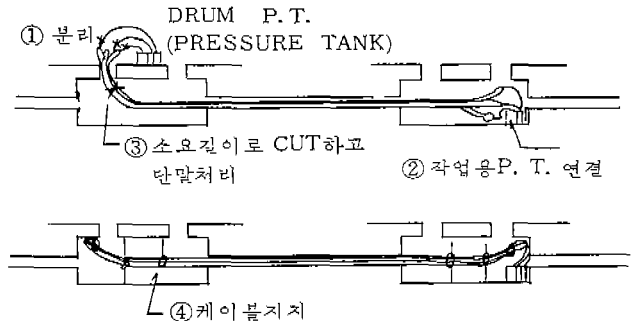
4. WIRE ROPE (에비선)



5. 세이안드설



6. 케이블정리

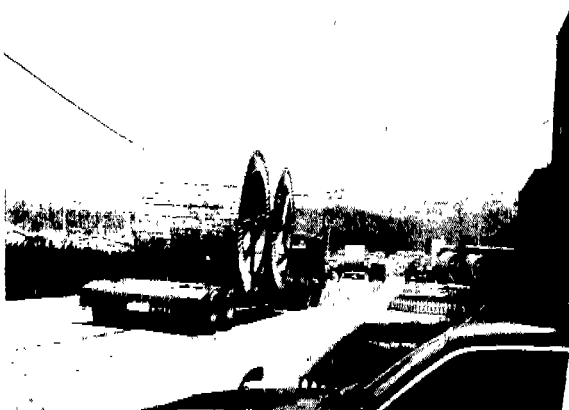


單心 600mm² 케이블 1孔 3條 布設(管 1孔 에 케이블 3條를 布設)시 許容張力은 8.4 ton 으로 布設現場에는 張力計를 設置하여 監視하며 케이블 引入 速度는 分당 6m를 넘지 않도록 한다. 케이블 布設이 完了되면 餘長의 케이블은 鋸어 내고 端末 처리하며 DPT를 分離한 후 作業用 PT를 連結한다. 케이블 布設의 作

業內容 및 所要時間을 표 5에 보인다.

〈표 5〉 케이블 布設工程

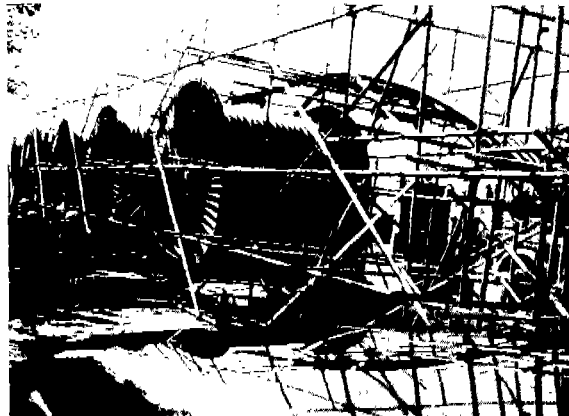
| 工 程 | 備 考 | 時 間 |
|--|---|-----|
| 물푸기, 기타 칸 막 이설치 | 工事案内板, 交通標識板, 칸막이 등 設置 | 1 日 |
| 줄끼우기 清 掃 導通試驗 케이블運搬 布設裝置設置 | | |
| 布 設 | 드럼설치, 윈치설치, 가 이드, 파이프, 벨마우스, 가이드롤러, 장력계설치 | 1 日 |
| 케이블整理 | 단말처리, 作業用 PT 連 結 | |



〈그림 14〉 케이블 운반



〈그림 15〉 플링아이연결



〈그림 16〉 케이블 포설

라. 케이블接續

케이블의 接續은 보통 맨홀내에서 이루어 진다. 그러나 接續에 필요한 材料, 工具, 裝備, 人力 등이 地上에서 投入되므로 이들의 保護및 作業의 効率性을 위해 맨홀 上部에 스플라이싱 하우스(Splicing House)를 設置한다. 케이블 헤드 接續의 경우에는 接續作業이 空中에서 이루어지므로 風雨 등 氣象變動에 대비하여 스플라이싱용 천막을 친다. 케이블 接續 시에는 반드시 케이블 반대쪽 끝에 作業用 PT를 連結하여 接續地點에 항상 絶緣油가 흘러나와 공기, 습기가 케이블 내부로 浸入하지 않도록 한다.

보통 接續 혹은 絶緣接續시의 作業內容 및 所要시간을 표 6에 보인다.

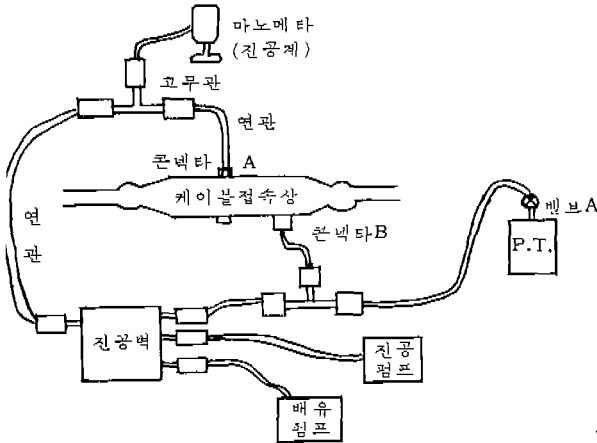
〈표 6〉 보통 및 절연접속 공정(1相當)

| 工 程 | 備 考 | 時 間 |
|----------------|----------------------|------|
| 케이블配列 | 最終상태로 배열, 작업대, 설치 | 0.3日 |
| Cutting | 所要 길이로 Cutting | |
| 導體連結 | 鋼 Sleeve 압착 | |
| 絶緣層형성 遮蔽層형성 | 油浸 절연지 사용 | |

| | |
|--------|-----------|
| 銅管鉛工 | |
| 防蝕層 형성 | 防水 테이프 사용 |
| 眞空, 充油 | |



〈그림 18〉 接續作業光景



〈그림 19〉 진공 충유 기기 접속도

케이블 接續作業中에서 큰 比重을 차지하는 工程 중의 하나는 接續部의 眞空, 充油 工程으로 그 方法 및 順序를 다음에 說明한다.

- ① 〈그림 19〉와 같이 P.T, 진공펌프, 진공병 등을 연결한다.
- ② P.T 밸브 A를 잠그고 진공펌프를 동작시킨다.
- ③ 接續記錄用紙에 진공도를 記錄
- ⑤ 5시간 정도(진공펌프狀態, 接續熟練度等에 따라 다름) 진공펌프 運轉하면 진공상태가

0.01~0.05mmHg에 到達한다.

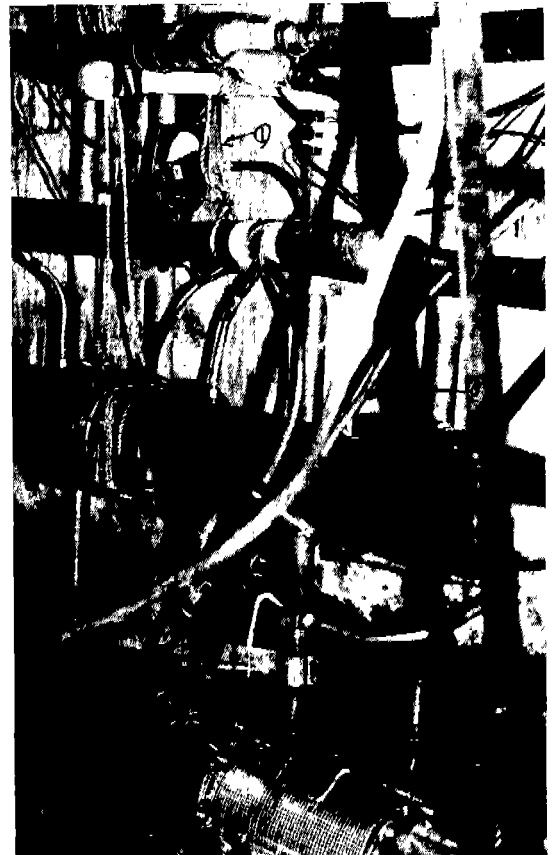
⑤ 고무관 A를 막고 진공펌프運轉을 中止하면 진공도가 低下하는데 15分 후의 진공도가 0.5mmHg 이상이면 일정시간 再 진공하고 다시 試驗한다.

⑥ 진공도 低下試驗에 合格하면 再진공한 다음 고무관 B를 막고 P.T 밸브 A를 열어 P.T의 絶緣油를 接續函으로 흘려 보낸다.

⑦ 絶緣油가 接續函을 채우고 나면 1:部로 흘러 넘쳐 콘택타A를 통하여 진공병으로 絶緣油가 흘러 나오게 된다.

⑧ 콘택타A의 鉛管을 分離하고 콘택타 A를 잠근다.

⑨ 콘택타B의 鉛管을 分離하고 콘택타 B를 잠근다.



〈그림 20〉 진공충유작업

마. 기타 附屬材 設置

그림 9에 보인 附屬材들을 設置한다.

바. 竣工試驗

地中送電線路의 設置가 끝나면 竣工 試驗을 行한다.

1) 線路定數試驗 : 携帶用 測定器로 導體抵抗, 정상, 역상임피던스 測定.

2) 警報回路動作試驗 : 警報發受信裝置의 動作狀態를 試驗.

3) 油流抵抗試驗 : 케이블 油通路의 油流抵抗을 試驗하며 油通路 및 接續部의 異常有無 확인.

4) 가스定數試驗 : 絶緣油의 가스放出 係數

를 測定하여 그 값이 0.05 이하.

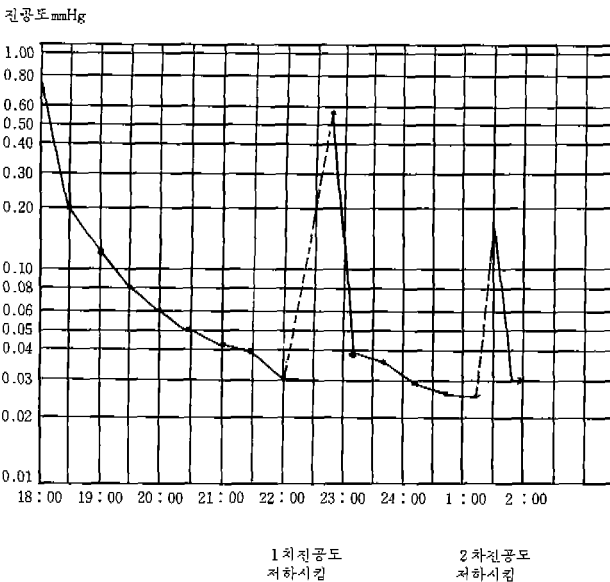
5) 相확인試驗 : 케이블헤드간의 相확인

6) 絶緣抵抗測定 : 1,000V 메가로 相間, 大地間 絶緣抵抗測定.

7) 絶緣耐力試驗 : DC 354kV 로 連續 10分 간 加壓.

국내의 地中送電線路 建設은 그 物量과 建設 技術面으로 볼 때 아직 초창기라고 볼 수 있다. 그러나 앞으로 生活水準 向上과 都市發展에 따라 地中線建設의 必要性은 점점 增加할 것인바 이번 이 地中送電線路의 建設試驗은 地中線關聯 技術開發의 좋은 밑거름이 될 것이다.

<그림 21> 진공도 기록(예)



<그림 22> DC 354kV 절연내력 시험 光景

제27회 기술강습회 실시안내

1. 일 시 : 1981년 4월 20일~22일 (3일간)

매일 09:30~17:30

2. 장 소 : 어린이회관강당 (성동구 능동)

(버스편 : 57, 67, 137, 146, 567, 568, 569, 570, 572, 573, 588번 어린이회관 앞, 또는 건국대 앞 하차)

3. 대 상 : 전국 전기기사

4. 회 비 : 25,000원 (강습교재 및 견학비 포함)

5. 접 수 : 수강자는 1981년 4월 18일까지 주최 측에 접수바랍니다.

6. 주 최 : 대한전기협회 (서울·중구 수표동 11-4 전기회관 501호)
(전화 : 261-3114~6, 1663~6)

7. 후 원 : 동력자원부 각 시·도청