

지중배전 및 송전케이블공사 감리실무 ⑨

자료제공 : 교육훈련팀 ☎ 02)875-6525



목 차

제1편 지중배전 케이블 공사감리 실무

제1장~제6장 생략

제2편 지중송전 케이블 공사감리 실무

제1장 지중송전로 개요

제2장 지중송전로 설계기준

제3장 케이블 시공

1. 금구류설치

2. 케이블 통설

3. 케이블 접속

4. 방재

5. 부대공사

제4장 케이블 시험

제5장 시공품질 점검

제3장 케이블 시공

1. 금구류 설치

1.1. 케이블 지지대

맨홀, 전력구내에 케이블 및 접속함을 설치하기 위해서는 먼저 앵글형 지지대 또는 강판형 지지대를 설치하여야 한다. 케이블 지지대는 맨홀 및 전력구내에 설치되는 케이블 및 접속함 자중에 의한 수직하중과 케이블 포설시 가해지는 수평하중에 견디어야 하므로 시공에 철저를 기하여야 한다. 특히 맨홀 및 전력구 내부에는 습기가 많아 방식용 도금이 벗겨지지 않도록 운반 및 시공시 주의가 요구된다.

1.1.1 지지대 사용구분

가. 앵글형 지지대

맨홀 및 전력구 벽체에 앵커볼트를 사용하여 취부할 수 있는 개소에 사용

나. 시린다형 지지대

맨홀 및 전력구 상부에 앵커볼트를 사용하여 취부할 수 있는 장소에 사용

1.1.2 시공요령

- 가. 전력구 벽에 설치하는 지지대의 간격은 1.5m를 표준으로 한다. 다만, 특수개소에 대해서는 개별적으로 검토하여 설치한다.
- 나. 전력구 폭은 아래 규격이 확보될 수 있도록 설치한다.
 - 154kV 선로 수용구간 : 2,200mm
 - 345kV 선로 수용구간 : 2,300mm
- 다. 앵커볼트는 콘크리트벽에 구멍을 천공하여 삽입함을 표준으로 한다.
- 라. 지지대는 전력구 바닥면에 수직으로 취부함을 원칙으로 한다. 특히 경사면에 지지대 설치시 바닥면에 수직이 되도록 지지대를 설치하여 케이블 설치 유효공간이 축소되는 일이 없도록 하여야 한다.

1.2 행거

케이블 지지대와 조합하여 케이블 및 접속함을 지지하기 위하여 설치하는 행거는 I형 행거와 ㄱ형행거 및 ㄴ형 행거가 있다.

가. 행거 사용 구분

- I형 행거 : 가변형 크리트 설치 개소
- ㄱ형 행거 : 고정형 크리트 설치개소
- ㄴ형 행거 : 방재트러후 설치개소

나. 전압별 행거 상하간격 표준

구 분	행거상하간격(mm)	비 고
최하단행거	345kV	400
와바닥간	154kV이하	300
	345kV	550
	154kV	400
	66kV	300
기 타		250

다. 시공요령

- 행거는 상기 전압별 행거 상하 간격과 같이 취부하며 추후 시공하는 공사에 지장이 없도록 하여야 한다.
- 앵글지지대에 행거를 취부할 경우에는 가급적 행거가 앵글가대 안쪽에 설치되도록 한다.
- 행거취부용 볼트는 앵글지지대 안쪽에서 바깥쪽으로 삽입하여 취부한다.
- 행거는 케이블 지지대와 직각이 되도록 설치한다.

2. 케이블 포설

2.1 개요

케이블 포설방식은 지중 송전선로 부설방식에 따라 결정된다. 관로 내부에 케이블을 포설하는 경우에는 한쪽 맨홀 상부에는 케이블 드럼을 설치하고 반대측 맨홀에는 윈치를 설치하여 윈치의 인장력으로 케이블을 인입시키는 윈치사용 케이블 포설방식이 사용되고 있고, 전력구 내부에 케이블을 포설하는 경우에는 드럼측과 전력구 내부에 캐터필러와 로라를 설치하여 캐터필러의 송출력으로 케이블을 인입시키는 캐터필러식 케이블 포설방식이 사용되고 있다.

2.2. 관로내 케이블 포설

관로내 케이블 포설작업은 대부분 윈치를 사용하고 있다. 윈치사용 케이블 포설작업의 주요 작업순서 및 작업내용을 보면 아래와 같다. 본 내용은 OF케이블 포설작업 내용으로 XLPE케이블 포설작업의 경우에는 유압축정, PT교환작업 등이 생략된다.

2.2.1 작업순서

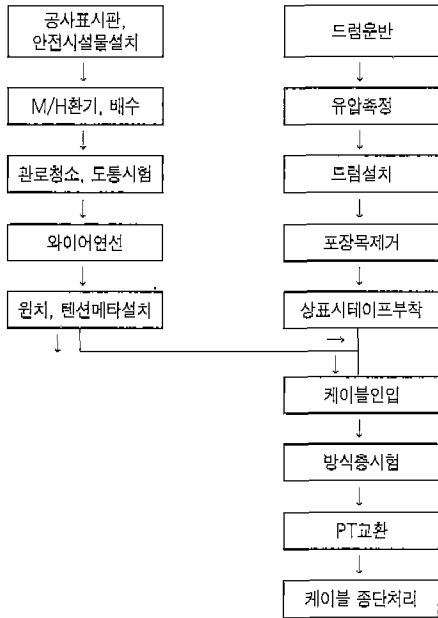


그림 3.1 관로내케이블포설작업순서

2.2.2 주요 작업내용

가. 교통 및 안전확보대책 수립

차량통행이 많은 도로상에서 케이블 포설작업을 시행하고자 할 때는 작업 착수전에 유관기관과 협의하여 작업장 주변에 대한 교통대책과 차량 및 통행인의 안전확보대책을 수립하여 시행하여야 한다.

- ① 공사 안내판 : 통행인에게 공사내용을 안내하기 위하여 작업장 전방 및 후방에 설치한다.
- ② 교통표지판 : 차량운전자에게 도로상태를 안내하기 위하여 설치하는 시설물로 경광등, 교통안내판, 공사중 표지판, 좁아지는 길 표지판, 위험표지판, 천천히 표지판등이 있다.
- ③ 안전웬스 : 작업장 주변, 맨홀 및 전력구 출입구등에 설치하여 차량운전자 및 보행자의 안전을 확보한다. 야간작업시에는 식별이 용이하도록 안전웬스를 따라 조명등을 설치하여야 한다.

- ④ 라바콘 : 차선변경시 경찰관서와 협의하여 시설하며 라바콘에는 야광테이프를 부착하여 차량운전자가 야간에도 쉽게 식별할 수 있도록 한다.

나. 맨홀환기 및 배수

- ① 맨홀 내부에는 가연성가스 또는 유독가스 등이 유입될 수 있음은 물론 산소결핍 현상이 발생할 수 있다. 맨홀 출입시는 맨홀뚜껑을 전부 개방하고 환기를 10분이상 실시한 후 가스검출기로 가스농도를 측정하여 안전작업조건이 확보되었다고 확인될 때 작업에 착수토록 한다
- ② 맨홀내부에 물이 유입되어 있을 때에는 배수작업을 실시하여야 한다. 배수작업시는 배수되는 물이 차량 및 보행인 통행에 지장이 없도록 유의하여야 한다.

표3.1 가스별 허용농도

가스종류	기 호	비 중	허용농도 (Vol%)	비 고
산소	O ₂	1	18.0%	
일산화탄소	CO	0.97	0.005%이하	
유화수소	H ₂ S	1.18	10ppm이하	
가연성가스	CH ₄ , LPG LNG		20%LEL이하	
이산화탄소	CO ₂	1.52	0.5%이하	

다. 관로청소 및 도통시험

케이블 포설시 케이블에 외상을 줄 수 있는 이물질 제거하기 위하여 걸레, 와이어 브러시 등을 이용하여 관로내부를 충분히 청소하여야 한다. 또한 관로의 배관 이완, 돌기 등이 없는가와 케이블 외경의 최대부분(폴링 연공부)이 쉽게 통과할 수 있는가를 확인하기 위하여 도통시험을 실시하여야 한다. 규정 관로 도통시험봉이 통과되지 않을 때에는 포설하려고 하는 케이블과 동등한 외경, 중량을 가진 케이블(6~10m정도길이)에 Back tension을 주어 Piece Test를 시행한다. 이때 케이블에 유해한 외상이 없으면 케이블 포설작업을

시행하도록 한다.

라. 케이블 포설용 Wire 연선

케이블을 포설하기 위해서는 포설작업전에 예상되는 최대 케이블 포설장력의 3배이상의 안전률을 가진 포설용 Wire를 관로내에 삽입하여야 한다. 현재 관로내에 케이블을 포설할 경우 1공1조 포설용으로 18mm이상의 Steel Wire, 1공 3조 포설용으로는 25mm이상의 Steel Wire가 주로 사용된다. 와이어의 연결 부분은 적절한 방법으로 완전하게 접속하여야 한다.

마. 원치, 텐션 메타 부착

- ① 케이블 드럼을 설치한 맨홀 반대측 맨홀 인입구 중앙 상부에는 케이블 인입용 원치를 설치하여야 한다. 케이블 인입용 원치로는 주로 20Ton 원치가 사용되고 있다.
- ② 원치가 설치된 맨홀 내부에는 텐션 메타를 붙여 케이블 포설장력을 감시하여야 한다. 텐션 메타에 나타난 값은 아래방법과 같이 케이블 포설장력으로 환산하여야 한다.
- ③ 텐션 메타의 값과 케이블 장력과의 관계

$$T = \frac{M}{2\cos\theta/2}$$

단, T : 케이블 장력

M : 텐션 메타의 값

θ : 케이블 인장 각도

④ 계수를 이용한 케이블 장력 계산방법

케이블 장력(T) = 텐션 메타의 값 (M) × 승수(K)

각도(θ)	0	30°	45°	60°	70°	80°	90°	120°
승수(K)	0.50	0.52	0.54	0.58	0.61	0.65	0.71	1.00

바. 드럼운반

케이블 드럼은 중량과 통과 높이를 감안하여 주로 저상(low boy)트레일러를 사용하여 운반하고 있다. 케이블 운반시에는 사전에 운반로를 답사하여 운반 가능여부를 확인하여야 하며, 도로 관련법에 따라 안전하게 운반하여야 한다. 케이블을 현장에 내릴 때에는 케이블이 감긴 방향으로 주의해서 끌어 내린다. 케이블 드럼을 굴릴 필요가 있을 때는 반드시 드럼 측면에 표기된 화살표 방향으로 굴려야 한다.

사. 드럼 기재내용 및 유압점검

- 드럼에 기재된 케이블 규격, 조장등이 주문 내용과 일치하는 것을 확인한다.
- OF케이블은 드럼에 부착되어 있는 PT의 압력계를 읽어 유압을 확인한다.
- 출하시의 유압에 비해서 PT의 압력계에 나타난 유압이 현저하게 저하된 경우에는 원인을 확인하여 필요한 조치를 하여야 한다.

아. 드럼설치

- 케이블 드럼은 케이블 포설작업이 용이하도록 아래와 같이 설치한다.
- 포설경과지에 경사가 있는 경우에는 원칙적으로 높은 쪽에 드럼을 설치한다.
- 커브가 있는 경우에는 원칙적으로 커브측에 드럼을 설치한다.
- L형 맨홀이 있는 경우에는 L형 맨홀측에 드럼을 설치한다.

자. 상표시 테이프 부착

관로내에 케이블을 포설하고자 할 때는 설계도서 및 도통시험 결과보고서를 근거로 사용관로의 상별확인을 반드시 하여야 하며 케이블 포설 및 접속작업시 케이블별 상확인을 정확히 하기 위하여 케이블 양단에 상표시 테이프를 부착한다. 케이블 상표시 테이프는 연공부분의 내측에 부착하도록 하고 상별 표시 색은 아래와 같이 구별하여 사용한다.

- *상별표시
 ○A상 : 적색
 ○B상 : 백색
 ○C상 : 녹색(청색)

차. 케이블 인입

관로내에 포설되는 케이블은 1공1조 포설의 경우에는 8,000kg, 1공3조 포설시에는 15,000kg 정도의 장력이 걸린 상태에서 분당 5~10m정도의 속도로 인입되므로 케이블 손상방지 및 작업자 안전확보에 세심한 주의를 기울여야 한다. 케이블 인입작업을 시작하고자 할 때는 케이블 포설 곡률반경, 포설장력 및 축압등을 계산하여 케이블 포설조건이 허용치에 적합한지의 여부를 확인하여야 한다.

① 케이블 Guide 설치

케이블 인입중에 케이블이 맨홀벽에 접촉하여 손상되지 않도록 맨홀입구에서 관로구까지 로라, Guide Pipe, Flexible Tube(ELP판)등을 설치하여야 한다.

② 훅크점검

맨홀내부에 설치된 훅크의 허용장력은 7,000kg정도이므로 케이블 포설장력이 훅크 허용장력을 초과할 때에는 2개 이상의 훅크를 사용하거나 훅크 보강작업을 실시하여야 한다.

③ 케이블의 인입방향

- 케이블의 인입방향은 아래와 같다.
 ○양 맨홀간에 고저차가 있는 경우에는 높은곳으로부터 낮은 곳으로 인입한다.
 ○굴곡부분이 있는 경우에는 굴곡이 많은 곳으로부터 적은 곳으로 인입한다.
 ○굴곡형 맨홀이 있는 경우에는 굴곡형 맨홀로부터 반대쪽으로 인입한다

④ 케이블 인입속도

관로내에 케이블을 인입할 때 분당 5m를 케이블 인입 표준 속도로 하고 있다. 케이블의 인입속도는 케이블 규격, 관로 상태 및 포설 장소의 교통 여건 등의 케이블 포설조건에 따라 결정되므로 포설조건이 좋은 장소에서 케이블을 포설할

때에는 최고속도 분당 10m까지 허용될 수 있다.

⑤ 케이블 포설 허용곡률 반경

케이블을 관로 및 전력구에 포설할 경우 토목구조물의 형태와 포설장비 설치조건에 따라 케이블을 수평 또는 수직으로 구부려야 할 경우가 많이 발생된다. 이때 케이블을 무리하게 구부릴 경우 케이블 시이스와 절연체등에 치명적인 손상을 주는 경우가 발생할 수 있어 허용곡률반경을 제한하고 있다. 케이블 포설시 허용곡률반경은 케이블 종류, 시이스의 종류 및 형태, 절연체의 종류등에 따라 결정된다.

표3.2 케이블 포설 허용곡률반경

케이블종류	선심			비 고
	단심	3심	3심	
66kV	XLPE	10D	10D	Ds: 케이블시이스의 평균외경 D: 케이블 최대외경
154kV	OF	20Ds	15Ds	
	XLPE	20Ds	15Ds	
345kV	OF	20Ds		

⑥ 케이블 허용장력 및 인입장력계산

관로는 케이블 포설시 케이블에 무리한 장력이 걸리지 않도록 하여야 하나 관로 매설 경과지의 형태나 지하매설물 등이 있어 부득히 관로를 굴곡하여 시설할 때에는 케이블 인입장력 및 축압 등을 계산하여 케이블 인입장력 및 축압치가 허용치 이하인지를 확인하여야 한다. 시공된 케이블을 포설할 때에도 매 포설 구간별로 케이블 인입장력 및 축압을 계산하여 이상유무를 확인한 후 케이블 포설작업을 개시하여야 한다.

㉗ 케이블 허용장력

도체종류	허용장력(kg)	비 고
동	$7(\text{kg}/\text{mm}^2) \times \text{케이블선심수} \times \text{도체단면적}(\text{mm}^2)$	3조 일괄 포설의 경우는 선심수를 2로 한다.
알루미늄	$4(\text{kg}/\text{mm}^2) \times \text{케이블선심수} \times \text{도체단면적}(\text{mm}^2)$	

㉔ 케이블 인입 장력

○ 백텐션 (Back tension)

케이블 포설초기에 인입측의 관로구에서 케이블에 걸리는 장력을 말한다. 장력의 실제치는 Wire의 자중을 포함하여 아래값을 적용한다.

표 3.3 백텐션 기준

도체종류	백텐션(kg)	비 고
66kV XLPE	100	1공3조 포설시는 이값의 3배
154kV XLPE	150	
154kV OF	150	

표 3.4 인입장력 계산식

포설종류	계 산 식(kg)
수평직선부	$T = \mu WL$ (단, 1공3조 포설시는 $\mu \rightarrow K \cdot \mu$, $W \rightarrow 3W$)
직선경사부	○ 상방향으로 끌 경우 : $T_1 = WL(\mu \cos\theta + \sin\theta)$ ○ 하방향으로 끌 경우 : $T_2 = WL(\mu \cos\theta - \sin\theta)$
수평굴곡부	○ Buller의 공식 : $T_2 = WR \sin\theta \left(\mu \theta + \text{Sinh}^{-1} \frac{T_1}{WR} \right)$ ○ Rifen burg의 공식 : $T_2 = T_1 \cosh(\mu \theta) + \sqrt{T_1 + (WR)^2} \text{ Sinh}(\mu \theta)$ ○ 근사식 : $T_2 = T_1 e^{\mu \theta}$

표 3.5 마찰계수(μ)

관로종별	마찰계수	관로종별	마찰계수
파형관	0.2 ~ 0.3	강관	0.3 ~ 0.5
열확비닐관	0.23	파이프형 케이블	0.17 ~ 0.19
경질비닐관	0.4	굴림대 사용인입	0.1 ~ 0.2
출관	0.5 ~ 0.7	모래매설지대	1.5 ~ 3.5

㉕ 허용축압과 축압계산

일반적으로 케이블의 축압을 제한하는 것은 관로의 굴곡부에서 케이블 포설장력에 의하여 케이블이 관로벽 또는 로라 등에 눌리어 방식층의 손상 및 케이블 변형을 방지하는데 있다. 케이블 종류별 허용축압과 축압 계산방법은 아래와 같다.

표 3.6 허용축압

케이블종류	허용축압(kg/m)	비 고
폴리에틸렌 비닐시스 케이블	100	
유침지 절연 전력 케이블	150	
클로로 표렌 시스 케이블	150	
파이프형 케이블	150	

표 3.7 축압계산식

포설종류	케이블배치	축 압(kg/m)	비 고
1공 1조		$P = \frac{T}{R}$	T : 인입장력 (Kg) K ₁ : 중량수정율 K ₂ : 중량수정율 R : 곡률반경 (m)
1공 3조	삼각형상	$P = \frac{TK_1}{2R}$	
	요람형상	$P = \frac{(3k_2 - 2)T}{3R}$	

㉖ 방식층 절연내력시험

금속 Sheath를 보호하기 위하여 Sheath 바깥쪽에 관로식인 경우에는 PE를, 전력구식인 경우에는 PVC로 제조된 4.5mm 두께의 방식층을 둔다. 본 방식층은 케이블 인입시 손상될 수 있으므로 케이블 인입 완료후에는 반드시 방식층에 대한 검사 및 시험을 실시하여야 한다. 먼저 육안으로 확인이 가능한 구간에 대해서는 육안검사를 실시하고 육안 검사결과 이상이 없다고 판단될 때에는 절연저항 측정 및 절연내력시험을 실시토록 한다. 절연저항 측정 및 절연 내력 시험방법은 아래와 같다.

㉗ 절연저항측정 : 1,000V메가 사용

㉘ 절연내력시험

■ 시험전압 : DV 10kV

■ 가압시간 : 1분간

㉙ 드럼 PT의 교체

인입 케이블의 선단이 반대측 맨홀에 도달하면 PT를 교체하여야 한다. 교체용 PT의 부착위치는 폴링아이축이나 엔드캡측 중에서 현장의 상황에 따라 교체작업이 용이한 쪽으로 선정한다. 교체작업

중에는 PT의 밸브를 조금만 열어 교체시 흘러나오는 기름을 적게 하고 교체완료 후 밸브를 완전히 열도록 한다.

⑨ 케이블 중단처리

인입이 완료된 케이블의 양단 및 PT는 외상 및 침수되는 일이 없도록 적당한 보호대책을 실시한다.

2.3. 전력구내 케이블 포설

지중 송전선로 건설초기에는 지중 송전선로 대부분이 직매식이나 관로식으로 건설되었으나 최근에는 송전 용량의 증대 및 도심지 교통여건변화에 따라 전력구식으로 건설되는 지중 송전선로가 점차 증가되고 있다. 현재 사용되고 있는 전력구내 케이블 포설공법은 케이블 드럼부근에 대형 캐터필러를 설치하고 전력구 내부에는 소형 캐터필러와 로라를 설치하여 캐터필러의 송출력으로 케이블을 인입하는 캐터필러 공법이 있다.

2.3.1 작업순서

전력구내에 케이블 포설 작업순서는 그림 3.2와 같다.

2.3.2 주요작업내용

전력구식 케이블 포설 작업 중에 관로내 케이블 포설방법과 상이한 작업내용에 대해서만 설명하기로 한다.

가. 캐터필러 및 로라설치

전력구내에 케이블을 손상없이 인입하기 위하여 캐터필러와 로라를 설치한다. 드럼측에는 케이블 백텐션 및 케이블이 수직구에 인입될 때 발생하는 수직하중을 안전하게 분담할 수 있도록 1,000kg이상의 캐터필러를 설치하고 전력구 내부에는 20~40m 간격으로

250~500kg급의 캐터필러를 설치하며 캐터필러와 캐터필러 사이에는 케이블이 전력구면이나 금구류등에 접촉하지 않도록 1.5~2m 간격으로 로라를 설치토록 하여야 한다. 캐터필러에는 케이블 인입시 많은 반발력이 작용하므로 로프등을 사용하여 견고하게 지지하여야 한다.

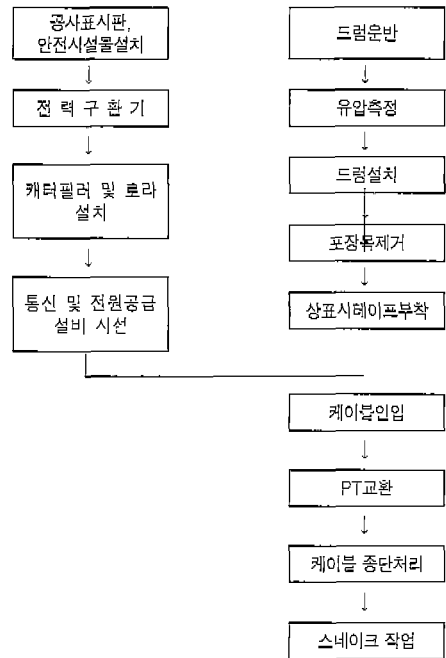


그림 3.2 전력구내 케이블포설 작업순서

나. 통신 및 전원공급 설비 시설

케이블 인입시 드럼측에 있는 작업자와 전력구 내부에 있는 작업자간에 긴밀히 연락할 수 있는 통신시설을 설치하여야 하며 캐터필러 동작용 전원 공급설비를 시설하여야 한다. 케이블을 원활히 인입하기 위해서는 케이블 포설구간에 설치된 전 캐터필러가 동속도로 회전하여야 하므로 캐터필러간에 설치된 전원 공급 설비에서 전압강하가 심하게 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

다음호에 계속됩니다