

KR E-04030

Rev.8, 08, May, 2020

전선관로 및 접속함

2020. 05. 08.



한국철도시설공단

목 차

1. 전선관로의 설치	1
1.1 전선관로	1
1.2 공동관로	1
2. 지중케이블용 핸드홀	2
3. 지상접속함 설치	2
 해설 1. 관로	3
1. 전선관로의 설치	3
2. 관재 종류 및 규격	3
3. 관재 선정	3
4. 관로규격 선정	3
5. 관로공수	4
6. 관의 배열	4
7. 굴착	4
8. 매설물의 보호	5
9. 케이블 보호	5
10. 맨홀 등 구조물과의 접속	5
11. 관로의 도통시험	6
12. 공동관로	6
해설 2. 지중구조물	8
해설 3. 케이블 매설표	14
1. 접지매설표	14
2. 케이블 매설표	14
해설 4. 표시찰	16
1. 케이블 표시찰	16
2. 상 표시찰	16
3. 접속자 명찰	17
4. 핸드홀 번호찰	18
해설 5. 케이블 포설시 장력계산	19
 RECORD HISTORY	39

경 과 조 치

이 철도설계지침 및 편람(KR CODE) 이전에 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 철도설계지침 및 편람을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 철도설계지침 및 편람(KR CODE)을 국제적인 방식에 맞게 체계를 각 항목별(코드별)로 변경하였습니다. 또한, 모든 항목에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 항목별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 철도설계지침 및 편람(KR CODE)은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별 수정되어 공단 EPMS, CPMS, 홈페이지 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- 철도설계지침 및 편람(KR CODE)에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(편람) 부분은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서로 한다.

1. 전선관로의 설치

1.1 전선관로

전선관로(전선관 또는 트로프)를 토공구간에 설치할 경우에는 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- (1) 지중에 매설되는 전선관은 전철주 기초 설치를 감안하여 궤도중심에서 3.5[m]이상 이격하여 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 궤도중심에서 3.5[m] 이상 이격이 불가능할 시에는 건축한계에 저촉되지 않는 범위로 설치할 수 있다.
- (2) 토사의 흘러내림이나 우수피해가 없도록 비탈면은 피하여 설치하여야 한다.
- (3) 트로프로 시설할 경우에는 우수로 인한 세굴방지를 위하여 사면을 보강하고 배수시설 등을 갖추어야 한다.

1.2 공동관로

- (1) 공동관로는 전철전력분야, 신호제어분야, 정보통신분야에서 공동으로 사용하도록 구성한다.
- (2) 배전선로를 케이블로 구성할 경우 공동관로 내 수용하며, 철도를 횡단하는 개소에는 예비관로를 반영하여야 한다.
- (3) 공동관로의 형태는 철도노반의 형태에 따라 노반설계자와 협의하여 결정한다.
- (4) 공동관로에 수용하는 케이블은 난연성케이블로 선정하여야 한다.
- (5) 도난이 우려되는 공동관로 내 케이블은 도난방지대책 등을 강구하여야 한다.
- (6) 케이블 공동관로(트로프, 트렌치)를 시설하는 경우에는 각호에 의하여 설치하여야 한다.
 - ① 공동관로는 노반 유형별(터널, 교량, 토공)로 그 구조물에 가장 적합하게 인터페이스 되고 충분한 강도, 환경 안정성, 내구성을 가지는 방식으로 시설한다.
 - ② 공동관로는 예상되는 충격, 진동 등에 충분한 내력을 가지는 공법으로 고정·설치하고 뚜껑 등은 케이블의 보호, 보수요건에 적합하여야 한다.
 - ③ 공동관로간 접속 부분 또는 공동관로와 맨홀, 핸드홀의 접속 부분은 설치류 동물 등이 침입하지 않도록 유형 구조물에 적합하게 보강하여야 한다.
 - ④ 공동관로 내에서 케이블을 접속할 경우에는 접속위치 확인을 위해 주기표를 설치하여야 한다.
 - ⑤ 공동관로내에 부설하는 케이블의 점유율을 케이블단면적의 총합이 공동관로 내부 단면적의 50[%] 이하가 되어야 한다.
 - ⑥ 관로에 부설하는 케이블은 회선별 및 상별이 쉽게 식별할 수 있도록 일정 간격으로 표시를 하여야 한다.



- ⑦ 구간에서는 케이블의 여유장을 고려하여 포설하여야 한다.
- ⑧ 역구내등의 지중케이블(전력, 신호, 통신 동시포설의 경우)은 공동으로 시설함을 원칙으로 하며, 관계 기술기준에 따라 필요에 따라 격벽등의 조치를 하여야 한다.

2. 지중케이블용 핸드홀

- (1) 핸드홀은 다음 각호의 장소에 설치한다.
 - ① 케이블의 허용인장하중을 초과하는 경우
 - ② 건축물(변전실등) 인입구에서 케이블 분산이 필요한 경우
 - ③ 건축물(변전실등) 인입구로서 케이블 인입작업상 필요한 경우
 - ④ 지하에 변압기, 기기의 설치가 필요한 경우
 - ⑤ 관로의 횡단구배가 커서 케이블의 미끄러짐을 방지하기 위하여 필요한 경우
 - ⑥ 케이블의 허용곡률반경 이하로 되는 곡점개소
 - ⑦ 케이블 부설 시에 케이블에 무리를 줄 위험이 있는 개소 및 케이블 부설 작업이 곤란한 개소
 - ⑧ 교량과 토공 또는 터널과 토공의 연결지점
 - ⑨ 철도나 도로 횡단지점
 - ⑩ 기타 기술상 필요한 개소
- (2) 핸드홀의 시설은 다음 각 호에 의한다.
 - ① 차량 기타 중량물의 압력에 견딜 수 있도록 견고하게 시설한다.
 - ② 함 내에 고인 물을 배수할 수 있는 구조로 한다.
 - ③ 설치위치 확인을 위해 주기표를 설치하고, 함 내의 케이블에는 케이블 명찰을 부착하여야 한다.

3. 지상접속함 설치

- (1) 전력케이블의 접속은 현장여건 및 케이블 허용 포설장력과 허용축압등을 고려하여 산정하여야 하며, **토공구간은 전선로의 분기, 접속 및 유지보수를 위하여 핸드홀 상부에 지상접속함을 설치하여 접속하여야 한다. 지상접속함을 시설할 수 없는 토공 및 교량, 터널 구간은 공동관로 내에서 접속하며, 공동관로 내 접속개소를 최소화하여야 한다.**
- (2) 접속함내에서 케이블 양단 접속후 차폐층에 의한 충전부와 완전절연이 가능하도록 시설하여야 한다.
- (3) 함 내의 케이블에는 케이블 명찰을 부착하여야 한다.
- (4) 접속함, 변압기함, 구분개폐기함 등 배전선로가 2회선 이상일 경우 각 회선별 충전부분이 완전히 분리 되도록 시설하여야 한다.

해설 1. 관로

1. 전선관로의 설치

전선관로(전선관 또는 트로프)를 토공구간에 설치할 경우에는 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- (1) 지중에 매설되는 전선관은 전철주 기초 설치를 감안하여 일반철도는 궤도중심에서 3.5[m] 이상, 고속철도는 궤도중심에서 4.5[m] 이상 이격하여 시설하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 토사의 흘러내림이나 우수피해가 없도록 비탈면은 피하여 설치하여야 한다.
- (3) 트로프로 시설할 경우에는 우수로 인한 세굴방지를 위하여 사면을 보강하고 배수시설 등을 갖추어야 한다.

2. 관재 종류 및 규격

- (1) 합성수지 파형관(FEP관) : ϕ 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 175, 200
- (2) 합성수지 직관(PP관) : ϕ 50, 65, 80, 100, 125, 150, 175, 200
- (3) 강제전선관 : ϕ 16, 22, 28, 36, 54, 70, 82, 104
- (4) 백 관 : ϕ 50, 80, 100, 125, 150, 200

3. 관재 선정

- (1) 합성수지 파형관
지하매설물로 인하여 굴곡개소가 많은 지역, 연약지반 등으로 부등침하의 우려가 있는 지역 등에 사용한다.
- (2) 합성수지 직관(PVC관)
교량침가 등 특수개소, 지하공간이 협소하여 파형관으로 시공이 곤란한 개소 등에 적용한다.
- (3) 강관 및 백관
주요도로 및 철도 횡단개소, 압입공법 적용개소, 도로 굴착이 잦아 관의 손상이 우려되는 지역, 매설깊이가 부족한 개소 등에 사용한다.
- (4) 기타
특수개소 또는 특수공법 적용 등으로 인해 상기 관재로 시공이 곤란한 경우에는 다른 관재를 적용할 수 있다.

4. 관로규격 선정

관로규격은 케이블의 최대외경, 장래의 용량증가, 경제성 등을 고려하여 선정한다.

- (1) 규격 산정 기준



① 1공1조 포설

$D \geq 1.3d$, $D \geq d+30[\text{mm}]$ 를 동시에 만족해야 한다.

② 1공3조 포설

$2.16d+30[\text{mm}] \leq D \leq 2.85d$ (또는 $D \geq 3.15d$)

단, D : 관내경 [mm], d : 케이블 최대외경 [mm]

5. 관로공수

배전 관로공수는 장래계획, 시공성, 경제성 및 허용전류 등을 고려하여 선정하되 예비공을 1공 이상 감안할 수 있으며, 또한 정보통신용 관로도 세부기준에 따라 병행하여 시설한다.

6. 관의 배열

(1) 관의 배열은 허용전류, 현장여건, 공사비 및 공사기간 등 전반적인 시공성을 고려하여 결정한다.

(2) 관로의 표준간격

관재 외피간의 상호간격은 10[cm]를 표준으로 한다.

(3) 장애물이 있을 경우

① 종형 배열의 경우 장애물 통과가 곤란한 경우는 그 부분에서 횡형 1열로 변경이 가능하다.

② 장애물을 우회하는 경우 관로의 곡률반경 유지에 필요한 수평 길이는 다음과 같다.

표 1. 곡률반경 유지에 필요한 수평 길이 [단위 : mm]

고 저 차	0.5	1	2	비 고
소요 수평 길이	3.12	4.36	6.00	
케이블 길이	3.18	4.51	6.43	

(주) 곡률반경 5m 기준

③ 노반에 시공된 지중관로(PP100[mm])와 박스형 교량위의 전선관로(ELP 100[mm])간의 접속지점처럼 단차가 생기는 구간에는 노반과 교량 각 1경간의 관로는 한 규격 상향하여(125[mm]) 사용한다.

7. 굴착

(1) 굴착방법

지하매설물 과다지역, 기계소음·진동 등으로 문제발생 예상지역 또는 노폭이 좁아 기계시공이 곤란한 지역 등의 특별한 경우에 한해 인력굴착을 적용하고 그 외의 일반적인 경우에는 기계 굴착함을 원칙으로 한다.

(2) 압입공법

도로횡단, 철도횡단, 타 구조물의 아래로 통과 시 적용할 수 있다.

- (3) 굴착공사는 통행인의 불편, 안전사고 등을 최소화 할 수 있는 방안을 강구하여 설계한다.

8. 매설물의 보호

굴착장소 또는 굴착으로 영향을 받을 수 있는 구간 내의 매설물은 중요도에 따라 매설물 관리자와 협의하여 적절한 보호 대책을 강구하여야 한다.

- (1) 타 매설물을 보호할 필요가 있는 경우에는 해당 매설물 관리자의 입회하에 조치를 취한다.
- (2) 보호 중인 타 매설물은 공사완료시까지 이상이 없도록 관리하고 이상이 발견될 때에는 해당 매설물 관리자 입회하에 보호대책을 강구한다.

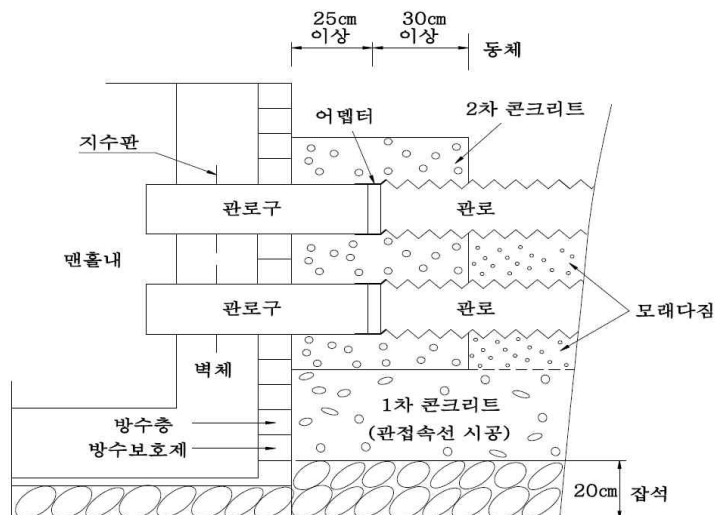
9. 케이블 보호

케이블 보호를 위해 구조물 또는 관로 상부에 케이블 보호판을 다음과 같이 설치한다.

- (1) 구조물 또는 관로와는 최소 30[cm]이상 이격하여 시설하되 30[cm] 깊이에 매설한다.
- (2) 표지 시트간 설치간격은 20[cm]이하로 하며 구조물 또는 관로로부터 5[cm]이상 바깥까지 시설한다.

10. 맨홀 등 구조물과의 접속

- (1) 맨홀 등 구조물과 관로와의 접속은 콘크리트로 보호함을 원칙으로 한다.



- (2) 전선관로 직선접속 부분이 물이 유입되지 않도록 직선접속부분을 밀실 접속한다.
- (3) 파상형(PE)전선관 : 콘크리트 보강
- (4) 직선(PVC)전선관 : 방수연결장치 접속(콘크리트 미적용)



11. 관로의 도통시험

- (1) 관의 포설과 접속이 완료되면 되메우기 전에 1차 도통시험을 시행하고 되메우기 다짐을 완료한 후 도로 포장이전에 2차 도통시험을 시행하여 관 내부와 접속부의 이상유무를 확인하여야 한다.
- (2) 도통검사에 사용되는 도통시험봉은 길이 400[mm]를 사용하며 외경은 적용관로의 내경보다 10[mm] 작은 것을 사용함을 원칙으로 한다.

12. 공동관로

- (1) 공동관로는 전철전력분야, 신호제어분야, 정보통신분야에서 공동으로 사용하도록 설계한다.
- (2) 배전선로를 케이블로 구성할 경우 공동관로 내 수용하며, 철도를 횡단하는 개소에는 예비관로를 설계에 반영하여야 한다.
- (3) 공동관로의 형태는 철도노반의 형태에 따라 노반설계자와 협의하여 결정한다.
- (4) 공동관로에 수용하는 케이블은 난연성케이블로 선정하여야 한다.
- (5) 케이블 공동관로(트로프, 트랜치)를 시설하는 경우에는 각호에 의하여 설치하여야 한다.
 - ① 공동관로는 노반 유형별(터널, 교량, 토공)로 그 구조물에 가장 적합하게 인터페이스 되고 충분한 강도, 환경 안정성, 내구성을 가지는 방식으로 시설한다.
 - ② 공동관로는 예상되는 충격, 진동 등에 충분한 내력을 가지는 공법으로 고정·설치하고 뚜껑 등은 케이블의 보호, 보수요건에 적합하여야 한다.
 - ③ 공동관로간 접속 부분 또는 공동관로와 핸드홀의 접속 부분은 설치류 동물 등이 침입하지 않도록 유형 구조물에 적합하게 보강하여야 한다.
 - ④ 공동관로 내에서 케이블을 접속하는 경우에는 접속위치 확인을 위해 주기표를 설치하여야 한다.
 - ⑤ 공동관로 내에 부설하는 케이블의 점유율을 케이블단면적의 총합이 공동관로 내부 단면적의 50[%] 이하가 되어야 한다.
- (6) 공동관로에 부설하는 케이블은 회선별 및 상별이 쉽게 식별할 수 있도록 일정 간격으로 표시를 하여야 한다.
- (7) 터널, 교량구간에서는 케이블의 여유장을 고려하여 포설하여야 한다.
- (8) 역구내 등의 지중케이블(전력, 신호, 통신 동시포설의 경우)은 공동으로 시설함을 원칙으로 하며, 관계 기술기준에 따라 필요에 따라 격벽 등의 조치를 하여야 한다.

해설 2. 지중구조물

(1) 지중전선로에 있어서 다음의 경우에 지중함을 시설한다.

- ① 케이블의 허용인장하중을 초과하는 경우
- ② 건축물(변전실 등) 인입구에서 케이블 분산이 필요한 경우
- ③ 건축물(변전실 등) 인입구로서 케이블 인입작업상 필요한 경우
- ④ 지하에 변압기, 기기의 설치가 필요한 경우
- ⑤ 관로의 횡단구배가 커서 케이블의 미끄러짐을 방지하기 위하여 필요한 경우
- ⑥ 케이블의 허용곡률반경 이하로 되는 곡점 개소
- ⑦ 다음과 같이 케이블 부설 시에 케이블에 무리를 줄 위험이 있는 개소 및 케이블 부설 작업이 곤란한 개소

가. 케이블의 분기점 또는 접속점

나. 케이블의 허용곡률반경 이하로 되는 곡점

다. 교량과 토공 또는 터널과 토공의 연결지점

라. 철도나 도로 횡단지점

- ⑧ 기타 기술상 필요한 개소

(2) 지중함의 구조는 다음 각 항에 의한다.

- ① 지중함은 견고하고 차량, 기타 중량물의 압력에 견디고 또한 물이 쉽게 침입하지 않는 구조일 것.
- ② 지중함은 그 안에 고인 물을 배수할 수 있는 구조일 것.
- ③ 함 내의 케이블에는 케이블 명찰을 부착하여야 한다.
- ④ 지중함의 뚜껑은 점검자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설 할 것.
- ⑤ 케이블의 허용곡률반경 이상으로 구부릴 수 있는 크기의 것일 것.
- ⑥ 케이블이 열신축에 대하여 시스, 도체, 슬리브가 빠지거나 지지물에서 탈락 등이 생기지 않도록 케이블의 오프셋(offset)을 둘 수 있는 크기 일 것.
- ⑦ 부속품의 수용 및 그 작업에 알맞은 크기 일 것.
- ⑧ 보수, 점검이 용이하여야 할 것.

(3) 핸드홀(Hand Hole)

- ① 핸드홀 설치간격 및 장소

핸드홀의 설치간격은 케이블 포설장력이 케이블 허용장력 및 허용축압을 초과하지 않도록 하고 핸드홀의 설치 수는 가급적 적게 하며 다음 장소에는 원칙적으로 핸드홀을 설치한다.

가. 도로의 분기 또는 관로의 허용곡률반경 이상 굴곡개소

나. 급경사 언덕길의 상, 하



- 다. 긴 교량의 전, 후
- 라. 터널 입·출구부
- 마. 케이블의 접속, 분기개소
- 바. 기타 필요한 장소

② 종류

- 가. 조립식 핸드홀 사용을 원칙으로 하되 도심지 등 시설이 곤란한 장소는 현장 타설할 수 있다.
- 나. 핸드홀 적용 시 토목관련전기설비 표준도를 기준으로 하여야 하며, 현장여건을 고려 적용한다.
- 다. 특수 핸드홀은 표준 핸드홀의 시공이 곤란한 경우에 한하여 적용한다.

③ 접지

- 가. 핸드홀 접지는 공통매설 접지선에서 분기시공(접지단자대 접속)하여야하며, 접지저항치는 $10[\Omega]$ 이하(합성저항 $5[\Omega/\text{km}]$ 이하)로 하고 분기접지선은 F-GV 50[mm²]이상으로 연결한다.
- 나. 선로 및 역구내 외의 개소의 핸드홀 접지는 개별 접지를 시행한다.

④ 배수

핸드홀은 완전 배수가 되는 구조를 기본으로 한다. 배수로 확보가 곤란한 핸드홀은 지하수 및 우수 등이 유입되지 않도록 한다.

가. 배수로를 확보할 수 있는 개소

(가) 돌기구간

(ㄱ) 핸드홀과 성토구간 비탈면 사이에 $\phi 100$ 의 배수관을 적용하여 완전 배수가 되도록 한다.

(ㄴ) 배수로 인하여 비탈면 유실이 발생하지 않도록 보강조치를 한다.

(ㄷ) 배수관 입구에는 서해류 등이 침입할 수 없도록 방지지설을 설치하여야 한다.

(나) 깎기구간

(ㄱ) 맹암거가 있는 개소

㉠ 핸드홀과 맹암거 유공관 사이에 $\phi 100$ 의 배수관을 적용한다.

㉡ 건축한계 등을 고려하여 핸드홀 바닥면을 유공관 보다 높게 시설한다.

(ㄴ) 측구 배수로나 있는 개소

㉠ 핸드홀과 절토구간의 측구 배수로 사이에 $\phi 100$ 의 배수관을 적용한다.

㉡ 건축한계 등을 고려하여 핸드홀 바닥면을 측구 배수로 보다 높게 시설한다.

(다) 차량 등 중량물이 통행하는 개소

(ㄱ) 핸드홀 뚜껑은 원형뚜껑을 적용한다.

(ㄴ) $\phi 100$ 의 배수관을 가까운 배수로까지 연결하여 완전 배수토록 한다.

나. 배수로를 확보하기 어려운 개소

(가) 수밀형 전력 핸드홀을 적용한다.

(나) 배수관은 제거하고, 핸드홀 바닥면에 물받이를 적용한다.

⑤ 핸드홀 축조

가. 핸드홀의 설치장소는 노반 또는 철도변의 녹지를 원칙으로 한다.

단, 현장여건상 부득이 보도 또는 차도에 설치하는 경우에는 유지보수의 편의를 위해 가급적 보도와 가까운 위치로 한다.

나. 핸드홀은 콘크리트로 축조하며 적용규격은 다음을 기준으로 한다.

표 2. 최저설계강도 및 굵은 골재 최대치수

구 분	최저설계강도 [kg/cm^2]	굵은 골재 최대치수 [mm]
무근 콘크리트	180	40
철근 콘크리트	210	25

표 3. 슬럼프

구 분	인 력 타 설	기 계 타 설	
		일반구조물	터널 유사구조물
슬럼프 [cm]	8	12	15

다. 철근은 KSD 3504의 이형철근을 사용하여야 한다.

라. 핸드홀은 지표면 100~200[mm]이상 노출되도록 한다. 다만, 차량 등 중량물이 통행하는 개소는 지표면과 동일한 높이로 시공한다.

⑥ 핸드홀 부속 자재

핸드홀 시공시 사용되는 부속자재 및 규격은 <표 4>와 같다.

표 4. 핸드홀 부속 자재 및 규격

맨 홀 뚜 껑	· 표준도에 의한다
훅 크 (Hook)	· $\phi 32$, 인장하중 : 28t 기준(7t 이하 사용)
합성수지관로구	· $\phi 100, 125, 150, 175, 200 \times 600\text{mm}$
접지연결동봉	· $\phi 24 \times 510\text{mm}$
지지대앵커볼트	· 셋트앵커 1/2 " $\times 100\text{mm}$
물 받 이	· $\phi 180$ (내경)

가. 핸드홀 뚜껑

(가) 울타리, 방음벽 등으로 보호되는 구간의 선로변에 설치되거나, 역구내 등 인력이 통행하는 개소에는 4.5t 이상의 무늬강판을 적용한다.



- (ㄱ) 손잡이는 용접구조로 제작하여 뚜껑에 구멍이 생기지 않도록 한다.
- (ㄴ) 뚜껑의 분실 등을 방지하기 위하여 용접구조로 체인을 핸드홀 내부에 고정한다.
- (나) 차량 등 중량물 통행하는 역구내 및 도로에는 표면이 돌출되지 않는 전력 핸드홀용 뚜껑을 적용한다.
- (ㄱ) 후크
 - ㉠ 핸드홀 내부에는 케이블 포설시 장력계 및 활차를 설치할 수 있도록 후크를 설치하여야 한다.
 - ㉡ 후크의 설치위치 및 수량은 지중배전 표준 핸드홀 및 핸드홀 설치도면을 참고한다.
- (ㄴ) 관로구
 - ㉠ 핸드홀, 핸드홀 및 전력구와 관로를 연결하는 개소에는 핸드홀 벽체에 관로구를 설치하여야 한다.
 - ㉡ 관로구의 재질은 합성수지(복합수지 포함)로 한다.
 - ㉢ 지중배전선로에 사용되는 관로구의 규격은 100, 125, 150, 175, 200[mm]를 표준으로 한다.
 - ㉣ 케이블이 시설되지 않은 관로구에는 덮개를 설치하여야 한다.
 - ㉤ 관로구 규격별로 설치간격은 <표 5>를 표준으로 한다.

표 5. 관로구 규격별 설치간격

관로구 규격 [mm]	100	125	150	175	200
덮개 직경 [mm]	250	275	305	335	360
관로구 중심간 간격 [mm]	300	325	360	390	410

- ㉥ 최외측 관로구와 핸드홀 벽체 사이의 최소간격은 <표 6>와 같다.
- ㉦ 핸드홀과 전선관의 연결부분에는 관로구 방수장치와 지수관을 적용하고, 보강용 콘크리트를 타설하여 물이 유입되지 않도록 한다.

표 6. 최외측 관로구와 핸드홀벽체간의 최소간격

구 분	최외측 관로중심 ~ 핸드홀 벽체간	최하부 관로중심 ~ 핸드홀 바닥간	최상부 관로 중심 ~ 핸드홀 천정간
최소간격 [mm]	250	450	250

(ㄷ) 물받이

- ㉧ 물받이는 매 핸드홀 뚜껑 중앙의 직하 바닥면에 각각 설치하고 상부는 뚜껑으로 덮어야 한다.

㉔ 물받이 및 뚜껑의 재질은 KSD 4301(회주철품)의 제2종 또는 동등 이상의 것으로 한다.

(르) 케이블 지지용 금구

㉕ 지지대(Supporter)

- 종류 : 앵글형, 강관형

- 적용개소

1) 앵글형 : 구조물의 벽체에 고정 시설시

2) 강관형

가) 앵글형을 설치하기가 기술적으로 곤란한 개소

나) 앵글형으로 케이블의 허용곡률반경을 유지하기가 곤란한 개소

- 규격

1) 앵글형: $75 \times 75 \times 9 \times L$ (가로×세로×두께×길이)

L: 600, 800, 1100, 1500, 1800, 2100, 2300, 2700[mm]

2) 강관형: $\phi 76.3 \times L$ (외경×길이)

L: 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200[mm]

(주) 구조물의 높이보다 약 70~270[mm]가 적은 강관형 지지대를 적용한다.

㉖ 행가

- 종류 : I형, ㄱ형, 가변형

사용 지지대에 따라 앵글형과 강관형으로 구분

- 적용개소

1) ㄱ형 : 고정형 케이블받침대 적용개소

2) I형 : 받침형 케이블받침대 적용개소

3) 가변형 : 경사지게 시설된 케이블을 지지하는 개소

- 규격 : 260, 300, 370, 460, 590[mm]

(주) CNCV케이블을 3조씩 시설하는 경우 1회선은 260, 2회선은 370, 3회선은 590[mm]사용을 표준으로 한다.

㉗ 케이블 받침대

- 고정형

1) 경사 및 곡선개소

2) 직선개소 : 케이블 지지대 매 4경간마다 1개소

- 받침형 : 고정형을 사용하지 않는 개소

(주) 고정형은 ㄱ형 행거, 받침형은 I형 행거 사용

㉘ 접속함 기초 핸드홀

가. 일반철도 토공구간의 돌기, 깎기구간은 노반폭이 협소하므로 공간을 확보하도록 한다.



나. 접속함 설치 핸드홀은 현장여건을 고려하여 반영한다.

다. 핸드홀 신설은 둔기구간 및 깎기구간 핸드홀 내부에 배수관을 설치 종단구배를 고려하여 배수관을 토목배수로와 연결하여 배수가 원활하도록 한다.

라. 기존노반에 핸드홀 설치 시 배수관 연결이 어려운 개소는 수밀형 핸드홀을 적용하고 전선관 연결 부분은 지수관, 콘크리트 보강 및 원형 핸드홀 뚜껑을 적용하여야 한다.

⑧ 지상접속함 설치

가. 전력케이블의 접속은 현장여건 및 케이블 허용 포설장력과 허용축압등을 고려하여 산정하여야 하며, **토공구간은 전선로의 분기, 접속 및 유지보수를 위하여 핸드홀 상부에 지상접속함을 설치하여 접속하여야 한다. 지상접속함을 시설할 수 없는 토공 및 교량, 터널 구간은 공동관로 내에서 접속하며, 공동관로 내 접속개소를 최소화하여야 한다.**

나. 접속함 내에서 케이블 양단 접속 후 차폐층에 의한 충전부와 완전절연이 가능하도록 시설하여야 한다.

다. 함 내의 케이블에는 케이블 명찰을 부착하여야 한다.

라. 접속함, 변압기함, 구분개폐기함 등 배전선로가 2회선 이상일 경우 각 회선별 충전부분이 완전히 분리되도록 시설하여야 한다.

해설 3. 케이블 매설표

1. 접지매설표

접지전선의 매설장소에는 <그림 1> 접지매설표를 설치한다.

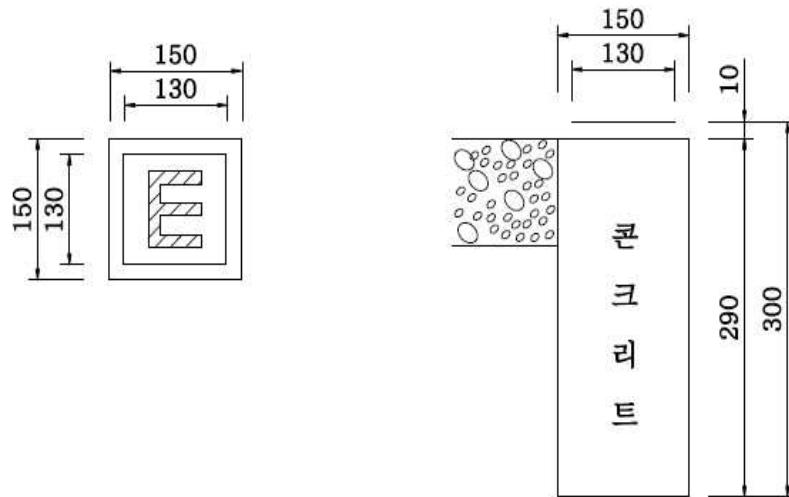


그림 1. 접지매설표

2. 케이블 매설표

(1) 케이블 매설표는 지중케이블을 포설한 구간에는 매설경로를 표시하는 부도 <그림 2>와 같이 케이블 매설표를 철도부지내 에는 50[m]이내, 철도부지이외에는 도로법 시행령 제24조 제1항 제2호(점용의 장소와 면적) 및 도로법시행규칙 제16조의 2(표지 등의 설치기준)에 준하여 육안으로 식별할 수 있는 위치에 설치하여야 한다. 다만, 선로 횡단 전후 및 방향변경지점 등에는 거리에 관계없이 설치한다.

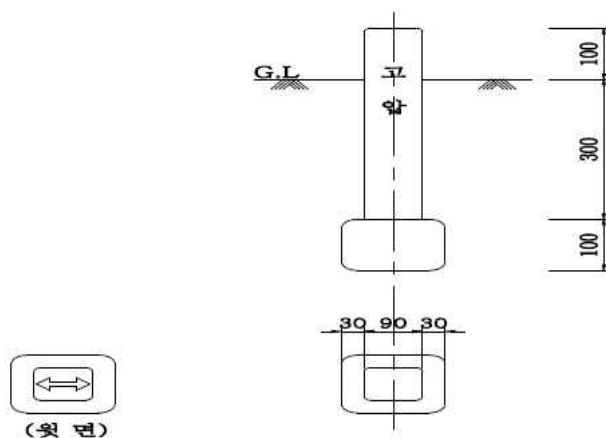
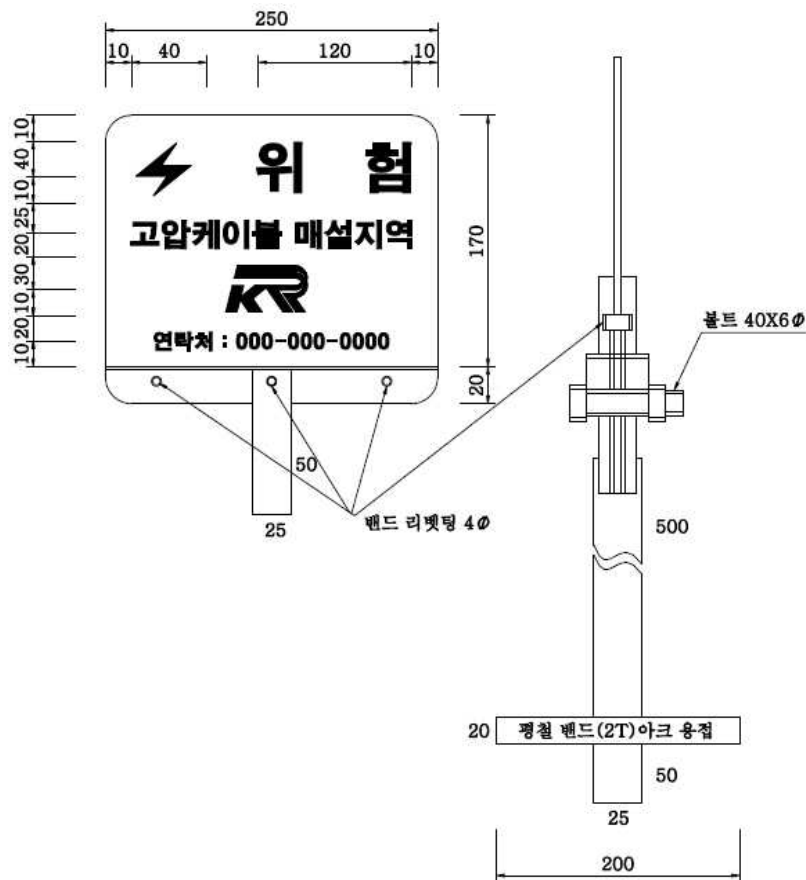


그림 2. 케이블 매설표



- (2) 취약개소나 임시선로 구성 시 <그림 3>와 같이 케이블 매설표를 설치하여야 하며 설치간격은 50[m] 이내로 하고, 선로 종단 전, 후, 방향변경지점 등에는 육안으로 식별이 가능하도록 설치한다.



1. 사용재료
 - 가. “①”은 양면표식형 ALFO PANNEL, T=3
 - 나. “②”는 KS D 3557(수도용 아연도 각형 강관) SPPW A=25
2. 인 쇄 : ASTM 1000/2979의 DC VIN 54 VM4414Y 황색 S/S 필름표면에
내자외선성 DC2 OMB1218 레진리본 열전사 인쇄 (표지판은 양면으로 인쇄)
3. 색 채
 - 가. 바탕은 황색
 - 나. 위험, 고압케이블은 적색
 - 다. 철도시설공단 마크는 CI규정에 의함
 - 라. 기타 자체는 흑색
4. 표면처리 : 자외선 및 굽힘 방지를 위한 UV라미네이팅

그림 4. 케이블 매설표

- (3) 케이블 매설경로에는 전자식 표지기를 역구내에는 5[m] 간격, 역간에는 10[m] 간격으로 설치한다.

해설 4. 표시찰

1. 케이블 표시찰

(1) 설치개소

- ① 케이블 입상개소
- ② 핸드홀 내 케이블
- ③ 전력구내 케이블 시·중점

(2) 설치방법

- ① 케이블 입상개소 : <그림 4> 참조
- ② 맨홀 등 구조물내 : 1[mm] 피복연동선 또는 Cable Tie 사용한다.

(3) 규격 및 설치방법

케이블 명찰		10mm
구 간		10mm
종 류		10mm
용 도		10mm
시 공 일		10mm
시 공 자		10mm
감 독 자		10mm
기 타		10mm

30mm 60mm



그림 4. 케이블 표시찰

2. 상 표시찰

(1) 설치개소

- ① 케이블 접속개소
- ② 기기 엘보우 접속개소
- ③ 케이블 입상개소

(2) 설치방법

- ① 모선을 기준으로 각 케이블의 상 결정
- ② 피복연동선 1[mm] 또는 Cable Tie를 사용하여 접속개소로 3상 일렬 부착



(3) 규격

(1) 크기 : $\phi 50[\text{mm}]$, $t=3[\text{mm}]$

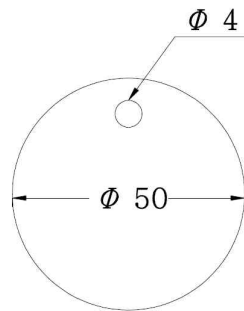
(2) 색상

가. 바탕색상 : A상 적색, B상 백색, C상 녹색

나. 문자색상 : A상 및 C상은 백색, B상은 흑색을 음각 표시

(가) 글자의 굵기 : $4[\text{mm}]$

(나) 사용재질 : 아크릴



<상표시찰도>



그림 5. 상 표시찰

3. 접속자 명찰

(1) 설치개소 및 위치

- ① 케이블 및 기기 엘보우(개폐기, 변압기) 접속개소의 가운데 상 중성선
- ② 기기는 전원측 및 부하측 엘보우 접속재의 중성선에 각각 부착
- ③ 3상 변압기나 개폐기의 3상을 일괄하여 하나의 접속자 명찰 부착
단, 접속자가 다른 경우에는 각각 부착

(2) 설치방법

피복연동선 $1[\text{mm}]$ 또는 Cable Tie를 사용하여 정면으로 부착

(3) 규격 및 설치방법

케이블 접속		10mm
시 공 일		10mm
접 속 자		10mm
감 독 자		10mm
시 공 업 체		10mm

30mm 60mm

* 아크릴판에 음각인쇄, 3상인 경우 중간상에 1개소만 취부

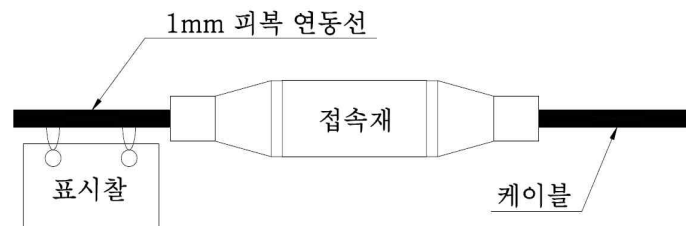


그림 6. 접속자 명찰

4. 핸드홀 번호찰

(1) 설치개소 및 위치

① 핸드홀 표면에 뚜껑 부분을 제외한 콘크리트 부분

(2) 설치방법

Bolt로 고정

(3) 규 격

- (1) 크 기 : 200×100[mm], t=0.5[mm]
- (2) 사용재질 : 스테인레스 강판
- (3) 표기방법 : 음각으로 표기

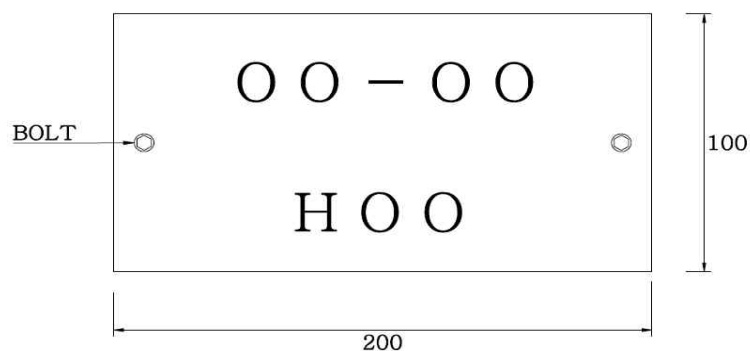


그림 7. 핸드홀 번호찰



해설 5. 케이블 포설장력 계산

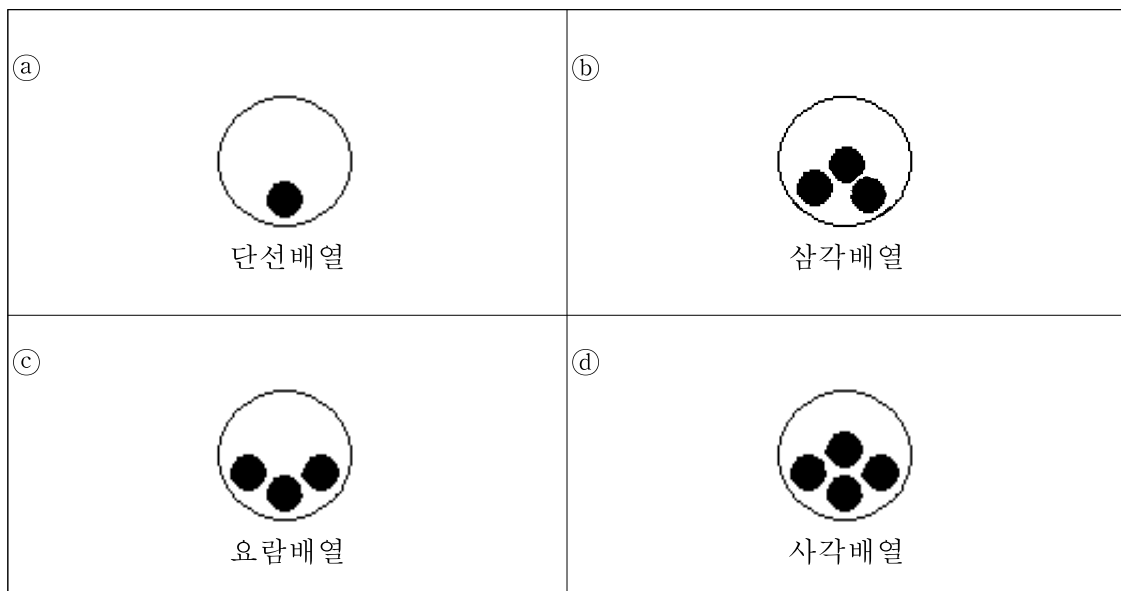
1. 케이블 포설작업의 이해

케이블은 설치하는 과정에서 많은 물리적 위험에 노출되어 있기 때문에 케이블 수명을 장기간 유지하기 위해서는 포설작업에 대한 이해가 필요하다. 현장에서 케이블을 부적절하게 취급하거나 암반 또는 급한 굴곡부에서 케이블을 무리하게 당기는 것은 종종 케이블 고장의 원인이 된다. 실제 케이블 고장의 상당부분은 풀링 과정에서의 물리적 손상에 기인한 것으로 밝혀지고 있다.

따라서 관로설계시 최소곡률반경, 포설장력, 굴곡부 측압 등을 충분히 검토하는 것은 케이블 손상을 방지하는데 중요한 역할을 한다.

1.1 관로 케이블 배열(Cable Configuration in Raceways)

관로내에서 케이블의 배열형태는 단선배열, 요람배열, 삼각배열, 사각배열이 있는데, 이것은 관로내경(D) 과 케이블 외경(d)과의 비율로 결정된다. 1개의 케이블은 그림 ㉠와 같이 배열되고, ㉡와 같은 삼각배열은 D/d율이 2.5보다 작을 때 발생되고, D/d율이 2.5~3.0이면 삼각배열 또는 그림 ㉢와 같은 요람배열이 되며, 비율이 3.0을 넘으면 요람배열의 가능성은 더욱 높아진다. 그림 ㉣와 같은 사각배열은 4개의 케이블이 각각의 드럼으로부터 당겨지거나 비율이 3.0보다 작을 때 발생한다.



[그림 8] 관로 케이블 배열

1.2 중량보정계수(Weight Correction Factor) : K

2개 이상의 단심 케이블이 관로에 포설될 때는 관로와 케이블 간에 힘이 발생하고 이 힘은 케이블 무게를 크게 한다. 따라서 포설장력 계산 시는 케이블 중량을 실제로 증가시키는 중량보정계수(또는 중량 수정율)가 고려되어야만 한다. 아래식은 4가지 배열상태에 대한 중량보정계수 산출식이다.

(1) 중량보정 계수 산출식

케이블수	배열상태	중량보정계수(K)
1	단선배열	$K=1$
3	요람배열	$K=1+(4/3)[d/(D-d)]^2$
3	삼각배열	$K=1/(1-[d/(D-d)]^2)^{1/2}$
4	사각배열	$K=1+2[d/(D-d)]^2$

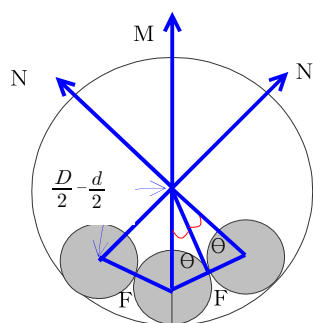
D : 관로 내경

d : 케이블 외경

보통 중량보정계수는 삼각배열보다 요람배열이 높다. 케이블 단면적으로 관로 단면적의 40% 정도인 경우 삼각배열은 약 1.222, 요람배열은 약 1.441정도이다.

(2) 중량보정계수 산출근거

1) 요람배열

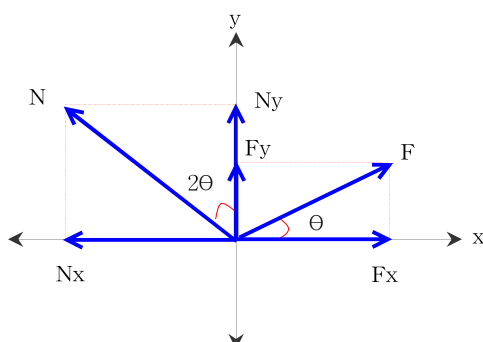


F : 케이블간에 작용하는 힘

N : 양외측의 한쪽케이블에 작용하는 힘

M : 중간케이블에 작용하는 힘

W : 케이블 중량



[그림 9] 요람배열시 관로내 케이블에 작용하는 힘 벡터도



○ 양외측 케이블 중 한쪽 케이블에 가해지는 힘

- x성분 : $F\cos\theta = N\sin 2\theta$

- y성분 : $F\sin\theta + N\cos 2\theta = W$

$$F = \frac{N\sin 2\theta}{\cos\theta} = \frac{2N\sin\theta\cos\theta}{\cos\theta} = 2N\sin\theta$$

$$W = 2N\sin^2\theta + N\cos 2\theta$$

$$N = \frac{W}{2\sin^2\theta + \cos 2\theta} = \frac{W}{2\sin^2\theta + \cos^2\theta - \sin^2\theta} = \frac{W}{\sin^2\theta + \cos^2\theta} = W$$

$$\therefore N = W$$

○ 중간케이블에 가해지는 힘

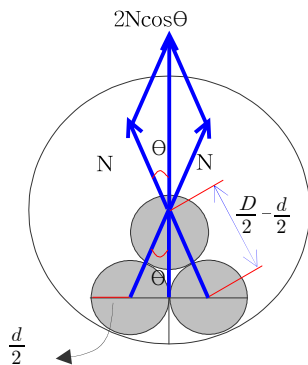
$$M = 2F\sin\theta + W$$

$$= 4N\sin^2\theta + W = 4W\sin^2\theta + W$$

$$K = \frac{\text{관로에 가해지는 총 힘}}{\text{전체 케이블 중량}} = \frac{M + 2N}{3W} = \frac{4W\sin^2\theta + W + 2W}{3W} = 1 + \frac{4}{3}\sin^2\theta$$

그런데, $\sin\theta = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}} = \frac{d}{D-d}$ 이므로 $\therefore K = 1 + \frac{4}{3}\left(\frac{d}{D-d}\right)^2$

2) 삼각배열



D : 관로직경

d : 케이블 외경

h : 관로의 중심에서 두 케이블이 맞

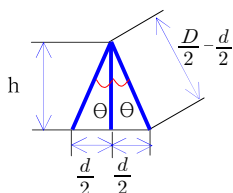
닿는 점까지의 거리

W : 전체 케이블 중량

N : 아래쪽 케이블중 한쪽케이블에 가

해지는 힘

K : 중량보정계수



[그림10] 관로내경과 케이블 외경과의 관계

$$h = \sqrt{\left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$\cos \theta = \frac{h}{\left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2}\right)} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{(D-d)^2 - d^2}}{\frac{(D-d)}{2}} = \frac{\sqrt{(D-d)^2 - d^2}}{D-d} = \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}$$

$$K = \frac{\text{관로에 가해지는 총 힘}}{\text{전체 케이블 중량}} = \frac{2N}{3W} = \frac{1}{\cos \theta}$$

$$\text{그런데, } 2N \cos \theta = 3W, \quad 2N = \frac{3W}{\cos \theta} \quad \therefore K = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}}$$

1.3 측압(Sidewall Bearing Pressure)

케이블을 관로에 인입시 관로의 굴곡부에서는 장력에 의하여 케이블이 관로벽에 누리는 힘(저항력)을 받는데 이 힘을 측압(側壓)이라 하며 과대한 측압이 걸리면 케이블에 손상을 줄 위험이 있다. 측압은 곡률반경, 포설장력, 케이블 무게 등과 직접적인 관련이 있으나 케이블 무게는 포설장력에 비하여 상대적으로 작기 때문에 대부분 경우 생략하고 곡률반경(R)과 굴곡부 포설장력(T)으로 측압계산식을 나타낸다.

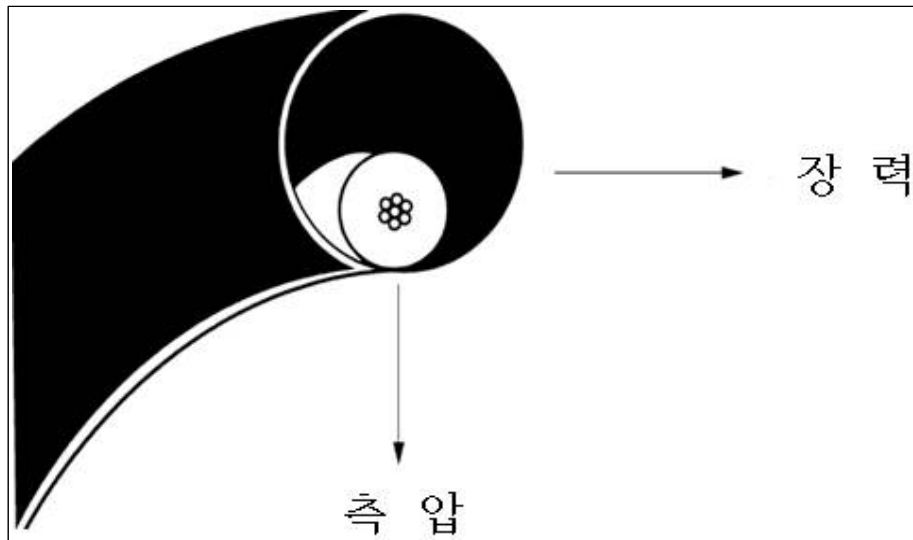
1.3.1 배열상태별 적용 측압계산식

케이블수	배열상태	측압 계산식 [단위 : kN/m (kgf/m)]
1	단선배열	$P = T/R$
2	요람배열	$P = [(3K-2) \times T]/3R$
3	삼각배열	$P = KT/2R$
4	사각배열	$P = (K-1) \times T/R$

K : 중량보정계수, T : 포설장력, R : 곡률반경

위 식은 배열상태별로 최대 마찰력이 생기는 도체에 적용된다. 요람배열에서 이러한 케이블은 가운데 케이블이고, 사각배열은 최하단 케이블, 삼각배열은 바닥에 있는 케이블에 최대 마찰력이 생긴다. 다심 케이블은 단선배열 식이 적용된다. 위 식에 보면 곡률반경이 클수록 케이블이 받는 측압이 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 아래표에 명시된 허용측압을 초과하면 케이블이 손상받을 위험이 있으므로 설계원은 곡률반경을 증가시켜야 한다.

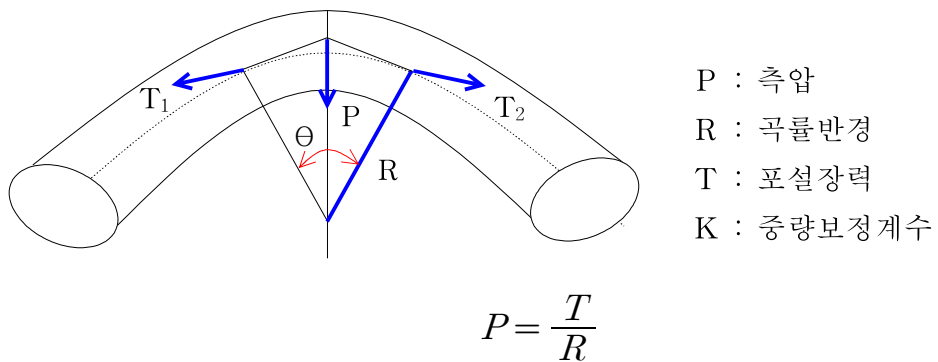
외 피 종 류	PVC, PE, PO 외피
허 용 측 압	2.45kN/m (250kgf/m)



[그림11] 관로내 케이블에 작용하는 힘

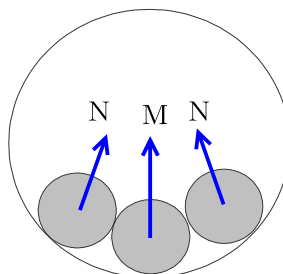
1.3.2 측압계산식 산출근거

1) 단선 배열



[그림 12] 굴곡부 형상

2) 요람 배열



[그림 13] 관로 내부에 작용하는 측압 벡터도(요람배열)

$$K = \frac{\text{관로에 가해지는 총 힘}}{\text{전체 케이블 중량}} = \frac{M + 2W}{3W}$$

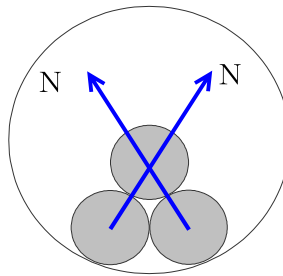
$$M + 2W = 3KW$$

$$M = (3K - 2)W$$

$$\text{여기서 } \frac{M}{3W} = \frac{3K - 2}{3}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{관내 중간 케이블에 가해지는 힘}}{\text{전체 케이블 중량}} \times \frac{T}{R} \\ &= \frac{M}{3W} \times \frac{T}{R} = \frac{3K - 2}{3} \times \frac{T}{R} \end{aligned}$$

2) 삼각배열



[그림 14] 관로 내부에 작용하는 측압 벡터도(삼각배열)

$$K = \frac{2N}{3W} \text{ 이므로,}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{관로내에 한쪽 케이블에 가해지는 힘}}{\text{전체 케이블 중량}} \times \frac{T}{R} \\ &= \frac{N}{3W} \cdot \frac{T}{R} \end{aligned} \quad \therefore P = \frac{K}{2} \cdot \frac{T}{R}$$

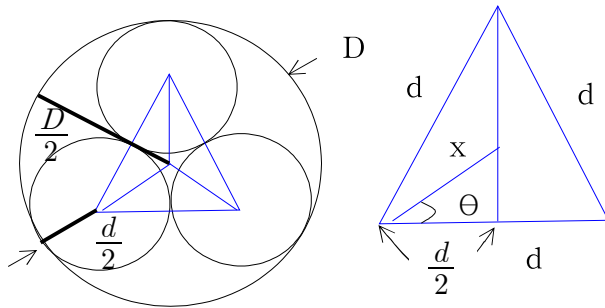
1.4 잼 레이쇼(Jam Ratio)

케이블 포설 중 Jamming(끼는 현상) 또는 Wedging(쥘기현상)의 가능성이 관로 설계시 고려되어야 한다. 이러한 상황은 3조 또는 그 이상의 케이블이 평면적으로 나란히 배열될 때 발생한다. 케이블이 굴곡부를 통과할 때 케이블이 서로 꺾으로써 Jamming 현상의 원인이 된다. 1조 또는 2조의 케이블 또는 다심 케이블인 경우 보통 Jamming은 발생치 않는다. 이와 같이 케이블을 1공3조로 관로에 포설시 케이블이 관로에 끼어 포설이 불가능한 상태가 되는 케이블 외경(d)대 관로내경(D)의 범위를 Jam Ratio라고 한다. Jam Ratio는 일반적으로 관로내경이 2.85d~3.15d 정도일 때 발생하며, 케이블 배열을 유지하면서 포설하기 위하여는 $2.16d + 30\text{mm} \leq \text{관내경}(D) \leq 2.85d$ 또는 $D \geq 3.15d$ 를 만족하는 관을 선정하는 것이 좋다.



1.4.1 Jamming의 발생범위 산출근거

1) 2.16d(케이블 외접원 지름의 크기)의 산출



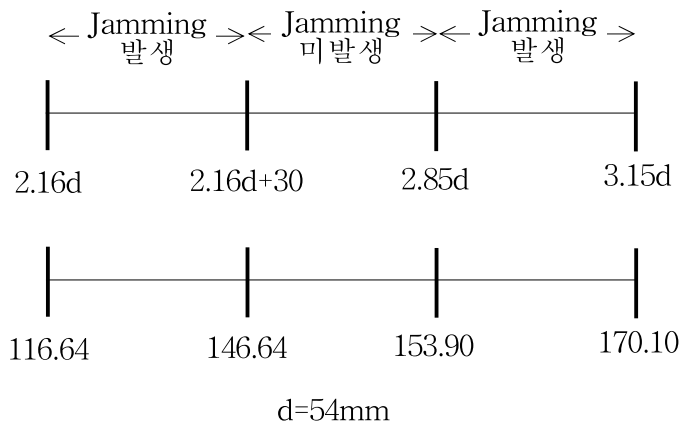
$$\frac{\frac{d}{2}}{x} = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$x = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

$$\text{따라서 } D = \left(\frac{d}{2} + \frac{d}{\sqrt{3}} \right) \times 2 = 2.1547d$$

$$\therefore D \approx 2.16d$$

2) Jamming 발생범위 실례



※ 이와 같이 CNCV 325mm² 케이블은 최대외경 (54mm) 기준으로 내경 175mm 파형관이 결정 됨

1.5 최소곡률반경(Minimum Bending Radius) : R

케이블 최소곡률 반경은 케이블 제조와 직접 관련이 있으며 케이블 절연재질에 직접적인 영향을 준다. 일반적으로 최소곡률반경을 결정하는 목적은 포설중 손상을 입지 않고 케이블을 안전하게 통과시킬 수 있도록 하기 위함이다.

특히 차폐테이프형 케이블은 적절한 곡률반경을 유지하지 않고 손상 받기가 쉽다. 이 경우 차폐테이프층이 굴곡부를 통과할 때 분리되고 케이블이 직선개소를 나올 때 차폐테이프가 원상복귀하려 하기 때문에 뒤틀리고 케이블 절연체에 손상(cut into)을 준다.

이러한 현상은 외피가 있는 케이블에서 나타나므로 손상부위는 발견되지 않아 결국 케이블 수명을 단축시키게 된다. 예를 들면 관로 굴곡부 설계시 곡률반경이 5m, 굴곡부 축압이 2,000kg으로 계산되었다면 단위 길이당 축압은 $2,000/5=400\text{kg/m}$ 로 허용 값을 넘게 되므로 설계원은 곡률반경을 더 증가시켜야 한다.

1.6 케이블 허용인장력(Maximum Pulling Tension Factors)

관로에 케이블을 포설할 때 사용되는 허용 인장력은 다음과 같다.

풀링아이 사용시		풀링그립 사용시 (PVC, PE, PO 외피)
銅도체의 경우	알루미늄도체의 경우	
68.6 N/mm ² (7 kgf/mm ²)	39.0 N/mm ² (4 kgf/mm ²)	4.90 kN/m (500 kgf/m)

(주) 1. 풀링아이를 사용하여 3개의 케이블을 당길 때 삼각배열, 요람배열 모두 2선이 모든 포설장력을 받기 때문에 케이블 수는 2로 한다.

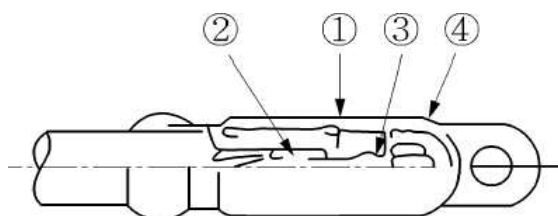
(예) 1C 60mm² 1공 3조 포설시 허용인장력 : $60 \times 7 \times 2 = 840\text{kgf} = 8.23\text{kN}$

또한 4가닥 이상을 당기는 경우에는 도체에 직접 적용시킬 수 있는 최대장력은 전체 값의 60%이어야 한다.

2. 풀링그립 사용시는 매 1m마다 강철선 등으로 바인드하여 이탈되지 않도록 한다.

3. 풀링그립의 허용인장력계산시 길이는 풀링그립의 케이블 삽입길이를 적용한다.

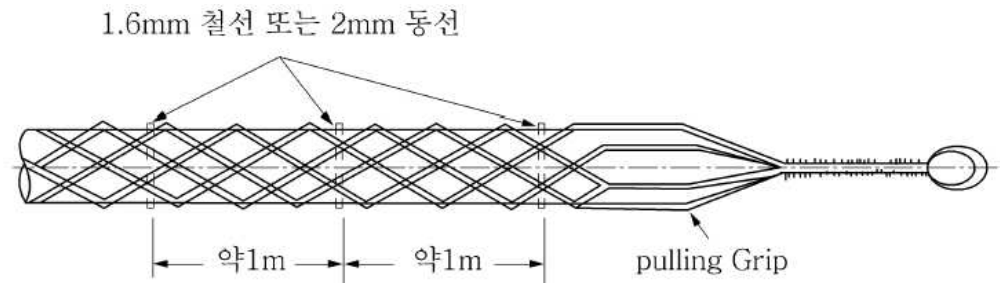
○ 풀링아이



- ① 풀링아이 몸체 ② 동관보강
③ 도체 ④ 풀링아이 캡



○ 폴링그립



1.7 케이블 인입장력 계산 예

1.7.1 케이블 인입조건

케이블 인입장력 및 굴곡부 측압이 케이블 허용인장력 및 허용측압 이내를 만족하여야 한다.

- 케이블 인입장력 < 케이블 최대포설장력
 - 케이블 측압 < 케이블 허용측압
-] 모두 만족하여야 함

1.7.2 케이블 인입장력

케이블 포설 전 현장여건을 면밀하게 검토하고 관로경간 양단, 즉 양측 맨홀에서 각각 최대 포설장력을 계산하여 이를 넘지 않는 범위 내에서 인입하여야 하며 필요시 경간의 조정이 불가피하게 된다.

이러한 관점에서 관로의 경간을 결정하기 위하여는 설계시 반드시 최대 포설장력을 확인할 필요가 있다.

- 최대 포설 장력 계산공식 (표1)
- 관재별 마찰계수 (표4)

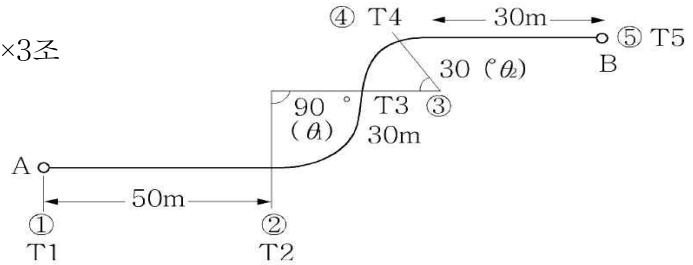
1.7.3 케이블 인입장력 계산 예

케이블을 인입하는 경우 어느 쪽에서 당기는 것이 유리하고, 각 지점에서 장력은 어느 정도 인가, 또한 굴곡부의 측압은 얼마인가?

(사례 1)

1. 조건

- 케이블 : 22.9kV CNCV 325mm²×3조
- 관종류 : 파형관 ϕ 175mm
- 케이블 단위중량(W) : 5.27kg/m
- 마찰계수(μ) : 0.3
- 수평굴곡 2개소



2. 케이블 배열

관로내경 175mm, 케이블 직경 53.2mm이므로 D/d 는 $175/53.2=3.29$ 로 이 값은 3.0보다 크므로 요람배열이 될 것이다.

3. 중량보정계수

$$\begin{aligned} \text{요람배열이므로 } K &= 1 + 4/3[d/(D-d)]^2 \\ &= 1 + 1.33(53.2/(175-53.2))^2 = 1.25 \end{aligned}$$

4. 계산식

가. 케이블 직선부 포설장력(1공 3조 포설)

$$T = \mu WL (\mu \rightarrow K\mu, W \rightarrow 3w)$$

(T : 장력, μ : 마찰계수, K : 중량보정계수, w : 케이블당 단위중량)

$$\text{따라서 } T = 3K\mu wL$$

나. 수평굴곡부의 인입장력

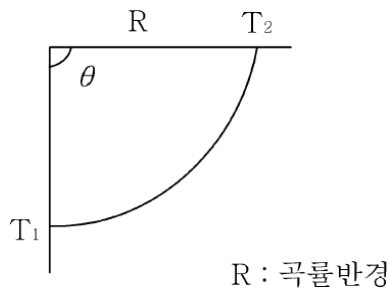
Rifenderng 공식

$$T_2 = T_1 \cosh(\mu\theta) + \sqrt{T_1^2 + (WR)^2} \sinh(\mu\theta)$$

여기서 $T \gg (WR)$ 인 경우 다음의 간이식으로 한다.

$$T_2 = T_1 \times e^{\mu\theta}$$

(굴곡부장력=인입장력×굴곡부 증가계수)





다. 계산식

(1) A→B방향으로 인입하는 경우

a. 각점의 장력을 구하면

$$\textcircled{1} T_2 = 3K_{\mu}WL = 3 \times 1.25 \times 0.3 \times 5.27 \times 50 = 296.4 \text{kgf} = 2.90 \text{kN}$$

$$\textcircled{2} T_3 = T_2 \times \varepsilon^{\mu\theta_1} = 296.4 \times 1.6 = 474.2 \text{kgf} = 4.65 \text{kN} \quad (\varepsilon^{\mu\theta} \text{는 표3 참조})$$

$$\textcircled{3} T_4 = T_3 \times \varepsilon^{\mu\theta_2} = 474.2 \times 1.17 = 554.8 \text{kgf} = 5.44 \text{kN}$$

$$\textcircled{4} T_5 = T_4 + 3k_{\mu}WL = 554.8 + 3 \times 1.25 \times 0.3 \times 5.27 \times 30 = 732.6 \text{kgf} = 7.18 \text{kN}$$

b. 굴곡부 측압을 구하면

②~③간의 측압 :

$$\text{곡률반경은 } 2\pi R_1 \times \frac{90}{360} = 30, \quad R_1 \times \frac{60}{\pi} = 19.1 \text{ (m)}$$

요람배열 측압식

$$P'_1 = \frac{(3K - 2) \times T}{3R} = \frac{(3 \times 1.25 - 2) \times 474.2}{3 \times 19.1} = 14.5 \text{ kg}$$

③~④간의 측압 :

$$\text{곡률반경은 } 2\pi R_2 \times \frac{30}{360} = 20, \quad R_2 \times \frac{120}{\pi} = 38.2 \text{ (m)}$$

$$P'_2 = \frac{(3 \times 1.25 - 2) \times 554.8}{3 \times 38.2} = 8.5 \text{ kg}$$

계산측압은 허용측압 250kg이하로 문제 없음

(2) B→A방향으로 인입하는 경우

a. 각점의 장력을 구하면

$$\textcircled{1} T'_4 = 3 \times 1.25 \times 0.3 \times 5.27 \times 30 = 177.8 \text{kg}$$

$$\textcircled{2} T'_3 = T'_4 \times \varepsilon^{\mu\theta_2} = 177.8 \times 1.17 = 208 \text{kg}$$

$$\textcircled{3} T'_2 = T'_3 \times \varepsilon^{\mu\theta_1} = 208 \times 1.6 = 332.8 \text{kg}$$

$$\textcircled{4} T'_1 = T'_2 + 3k_{\mu}WL = 332.8 + 3 \times 1.25 \times 0.3 \times 5.27 \times 50 = 629.2 \text{kgf} = 6.17 \text{kN}$$

b. 굴곡부 측압을 구하면

$$P'_2 = \frac{(3 \times 1.25 - 2) \times 208}{3 \times 38.2} = 3.2 \text{ kg}$$

$$P'_1 = \frac{(3 \times 1.25 - 2) \times 332.8}{3 \times 19.1} = 10.1 \text{ kg}$$

∴ 허용측압 이내

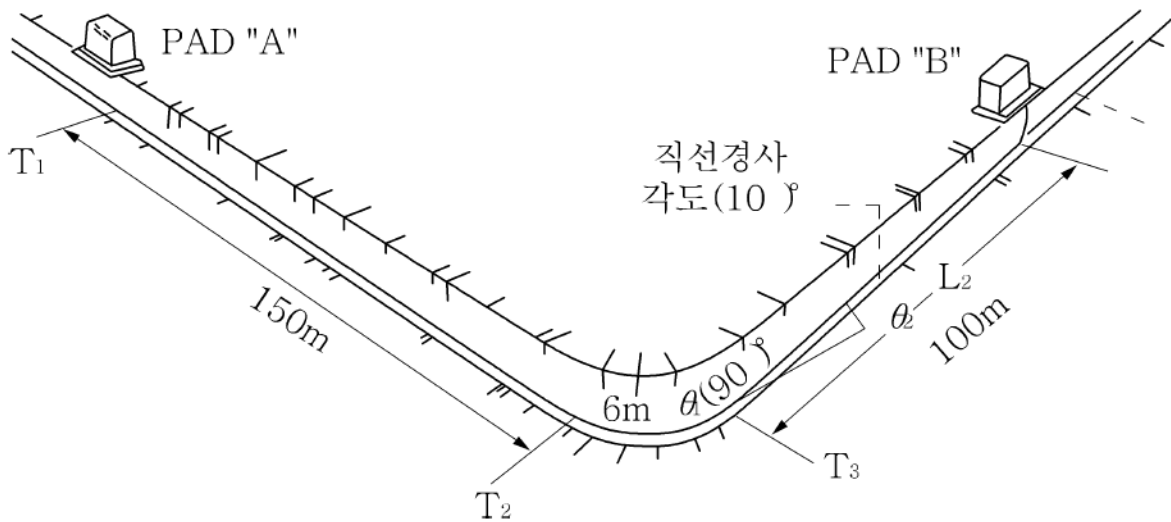
라. 결 론

- 케이블 허용인장력
 - 폴링아이 사용시 : $T=7\text{kg/mm}^2 \times 325\text{mm}^2 \times 2 = 4,550\text{kg}$
 - 폴링그립 사용시 : $T=500\text{kg/m}$
- 폴링아이를 사용할 경우 허용인장력 이내로 문제가 없으나 폴링그립을 사용할 경우에는 그립 삽입길이를 2m 유지하여야 한다.
- 인입방향은 포설장력이 작은 B→A방향으로 함이 유리

(사례 2)

1. 조 건

- 케 이 블 : 22.9kV CNCN 60mm²×3조
- 관 중 류 : 파형관 $\phi 175\text{mm}$
- 케이블 단위중량 : 1.58kg/m
- 케이블 외경 : 39.4mm
- 마찰계수 : 0.3
- 구 배 : 수평굴곡(90°) 및 직선 경사 (10°)



2. 케이블 배열

$D/d=175/39.4=4.44$ 로 요람배열

3. 중량보정계수

요람배열이므로 $K=1+4/3[39.4/(175-39.4)]^2=1.11$



4. 계산식

가. PAD "A" → PAD "B"로 인입하는 경우

(1) 각 점의 장력

$$T_2 = 3k_{\mu}WL = 3 \times 1.11 \times 0.3 \times 1.58 \times 150 = 236.7 \text{kgf} = 2.32 \text{kN}$$

$$T_3 = T_2 \varepsilon^{\mu \theta_1} = 236.7 \times 1.6 = 378.7 \text{kgf} = 3.71 \text{kN}$$

$$T_4 = T_3 + 3Kw(\mu \cos \theta_2 + \sin \theta_2)L$$

$$= 378.7 + 3 \times 1.11 \times 1.58 \times (0.3 \times 0.985 + 0.174) \times 100 = 625.7 \text{kgf} = 6.13 \text{kN}$$

(2) 측 압

굴곡부 곡률반경 R

$$2\pi R \times \frac{90}{360} = 6 \text{ m}, R = \frac{12}{\pi} = 3.8 \text{ m}$$

$$\text{측압 } P = \frac{(3K-2) \times T_2}{3R} = \frac{(3 \times 1.11 - 2) \times 236.7}{3 \times 3.8} = 27.6 \text{ kg}$$

나. PAD "B" → PAD "A"로 인입하는 경우

(1) 각 지점의 장력

$$T_3 = 3Kw(\mu \cos \theta_2 - \sin \theta_2)L$$

$$= 3 \times 1.11 \times 1.58 \times (0.3 \times 0.985 - 0.174) \times 100$$

$$= 63.9 \text{kgf}$$

$$T_2 = T_3 \varepsilon^{\mu \theta_1} = 63.9 \times 1.6 = 102.2 \text{kgf} = 1.00 \text{kN}$$

$$T_1 = T_2 + 3K_{\mu}WL = 102.2 + 3 \times 1.11 \times 1.58 \times 0.3 \times 150 = 338.9 \text{kgf} = 3.32 \text{kN}$$

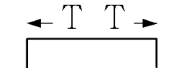
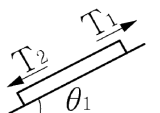
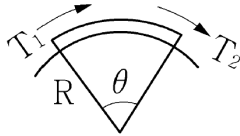
(2) 측 압

$$P = \frac{(3K-2) \times T_3}{3 \times R} = \frac{(3 \times 1.11 - 2)}{3 \times 3.8} = 7.5 \text{kgf} = 73.50 \text{N}$$

다. 결 론

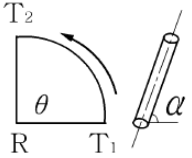
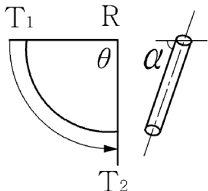
인입장력 및 측압은 모두 허용치 이내로 문제가 없으며 인입은 B→A방향으로 함이 유리

[표 1] 최대 포설장력 계산공식

포 설 종 류	개 요 도	계 산 식 (kg)
수평직선부		1공 3조 포설 $T = \mu WL \quad \mu \rightarrow K \cdot \mu$ $W \rightarrow 3w$
직선경사부		① 상방향으로 끌 경우 $T_1 = WL (\mu \cos \theta + \sin \theta)$ ② 하방향으로 끌 경우 $T_2 = WL (\mu \cos \theta - \sin \theta)$
수평굴곡부		① Buller의 공식 $T_2 WR \sinh (\mu \theta + \sinh^{-1} \frac{T_1}{WR})$ $\mu \rightarrow K \cdot \mu, \quad W \rightarrow 3w$ 1공 3조 포설의 경우 ② Rifenburg의 공식 $T_2 = T_1 \cosh(\mu \theta) + \sqrt{T_1^2 + (WR)^2} \sinh(\mu \theta)$



포설종류		개요도	계산식(kg)
수직굴곡부	☐곡선		$T_2 = \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (1-\mu^2)\sin\theta + 2\mu(\varepsilon^{\mu\theta} - \cos\theta) \}$ $+ T_1 \varepsilon^{\mu\theta}$ $\cdot \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 일때 } T_2 = \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (1-\mu^2) + 2\mu\varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}} \}$ $+ T_1 \varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}}$
			$T_2 = \frac{WR}{1+\mu^2} \{ 2\mu\sin\theta - (1-\mu^2)(\varepsilon^{\mu\theta} - \cos\theta) \}$ $+ T_1 \varepsilon^{\mu\theta}$ $\cdot \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 일때 } T_2 = \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (2\mu - (1-\mu^2)\varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}}) \}$ $+ T_1 \varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}}$
	☐곡선		$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu\theta} - \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (1-\mu^2)\sin\theta + 2\mu(\varepsilon^{\mu\theta} - \cos\theta) \}$ $\cdot \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 일때 } T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}} - \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (1-\mu^2) + 2\mu\varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}} \}$
			$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu\theta} - \frac{WR}{1+\mu^2} \{ (2\mu\sin\theta - (1-\mu^2)(\varepsilon^{\mu\theta} - \cos\theta)) \}$ $\cdot \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 일때 } T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}} - \frac{WR}{1+\mu^2} \{ 2\mu - (2-\mu^2)\varepsilon^{\mu\frac{\pi}{2}} \}$

포 설 종 류	개 요 도	계 산 식(kg)
경사면 내의 수직 굴곡부	<div data-bbox="491 349 683 506">  </div>	$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu \Theta} + \frac{WR \sin \alpha}{1 + \mu^2} \{ (1 - \mu^2) \sin \Theta + 2\mu (\varepsilon^{\mu \Theta} - \cos \Theta) \}$
		$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu \Theta} + \frac{WR \sin \alpha}{1 + \mu^2} (1 - \mu^2) (\cos \Theta - \varepsilon^{\mu \Theta}) + 2\mu \sin \Theta \}$
	<div data-bbox="483 853 691 1043">  </div>	$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu \Theta} + \frac{WR \sin \alpha}{1 + \mu^2} \{ (1 - \mu^2) \sin \Theta + 2\mu (\cos \Theta - \varepsilon^{\mu \Theta}) \}$
		$T_2 = T_1 \varepsilon^{\mu \Theta} + \frac{WR \sin \alpha}{1 + \mu^2} \{ (1 - \mu^2) (\cos \Theta - \varepsilon^{\mu \Theta}) + 2\mu (\sin \Theta) \}$



[표 2] 계산식에 적용된 정수

기호	항 목	단위	비 고
T	인입장력	kN (kgf)	케이블 표면과 관로 내면과의 마찰 또는 로울러의 회전마찰
μ	마찰계수		
W	케이블 단위중량	kg/m	
L	케이블 길이	m	직선경사부의 경사각
θ_1	경 사 각	Radian	
θ	굴곡부 중심각	"	
T_1	인입구에서의 인입장력	kg	매설초기에는 와이어로프의 중량이나 드럼회전을 위한 힘이 케이블에 백텐션으로서 가해진다.
T_2	인입구에서의 인출장력	kg	
α	경 사 각	Radian	경사면내 만곡부에서의 경사각
K	중량보정계수		
d	케이블 외경	mm	파이프형 케이블의 경우 : (절연체 직경 + 스킴드 와이어 직경)×1.5
D	관 내 경	mm	
R	만곡부의 곡률반경	m	

[표 3] 장력계산용 함수

(a) 指數極數 $e^{\mu\theta}$

$\theta \backslash \mu$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	1.018	1.035	1.054	1.072	1.091
15	1.027	1.054	1.082	1.11	1.14
20	1.035	1.072	1.11	1.15	1.19
30	1.054	1.11	1.17	1.23	1.30
40	1.072	1.15	1.23	1.32	1.41
45	1.082	1.17	1.27	1.37	1.48
50	1.091	1.19	1.30	1.42	1.55
60	1.11	1.24	1.37	1.52	1.69
70	1.13	1.28	1.44	1.63	1.85
80	1.15	1.32	1.52	1.75	2.01
90	1.17	1.37	1.60	1.87	2.19

(b) 變曲線極數 $\cosh(\mu\beta)$

$\theta \backslash \mu$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	1.000	1.000	1.001	1.002	1.004
15	1.000	1.001	1.003	1.006	1.008
20	1.000	1.002	1.005	1.010	1.014
30	1.001	1.005	1.012	1.022	1.034
40	1.002	1.010	1.022	1.039	1.062
45	1.003	1.013	1.029	1.048	1.077
50	1.004	1.015	1.034	1.062	1.098
60	1.005	1.022	1.048	1.090	1.138
70	1.007	1.030	1.069	1.122	1.192
80	1.010	1.039	1.090	1.161	1.255
90	1.013	1.050	1.112	1.205	1.329



(c) 變曲線極數 $\sinh(\mu\beta)$

$\beta \backslash \mu$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	0.0174	0.0349	0.0523	0.0698	0.0873
15	0.0261	0.0523	0.0786	0.1049	0.1313
20	0.0349	0.0698	0.1049	0.1400	0.1754
30	0.0523	0.1049	0.1576	0.2108	0.2648
40	0.0698	0.1400	0.2109	0.2828	0.3561
45	0.0786	0.1577	0.2377	0.3193	0.4029
50	0.0873	0.1757	0.2648	0.3561	0.4503
60	0.1049	0.2107	0.3194	0.4312	0.5536
70	0.1224	0.2466	0.3747	0.5082	0.6494
80	0.1400	0.2825	0.4312	0.5879	0.7562
90	0.1576	0.3191	0.4888	0.6704	0.8687

(d) 變曲線極數 $\mu \cos \alpha + \sin \alpha$

$\alpha \backslash \mu$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	0.2721	0.3706	0.4690	0.5675	0.6660
15	0.3554	0.4520	0.5486	0.6532	0.7418
20	0.4360	0.5300	0.6239	0.7179	0.8119
30	0.5866	0.6732	0.7598	0.8464	0.9330
40	0.7194	0.7960	0.8726	0.9492	1.0258
45	0.7778	0.8485	0.9192	0.9899	1.0607
50	0.8303	0.8946	0.9588	1.0231	1.0874
60	0.9160	0.9660	1.0160	1.0660	1.1160
70	0.9739	1.0081	1.0423	1.0765	1.1107
80	1.0022	1.0195	1.0369	1.0542	1.0716
90	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(e) 三角極數 $\mu \cos \alpha - \sin \alpha$

$\alpha \backslash \mu$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	-0.0751	0.0234	0.1218	0.2203	0.3188
15	-0.1622	-0.0656	0.0310	0.1356	0.2242
20	-0.2480	-0.1541	-0.0601	0.0339	0.1279
30	-0.4134	-0.3268	-0.2402	-0.1536	-0.0670
40	-0.5662	-0.4896	-0.4130	-0.3364	-0.2598
45	-0.6364	-0.5657	-0.4950	-0.4243	-0.3536
50	-0.7017	-0.6374	-0.5732	-0.5089	-0.4446
60	-0.8160	-0.7660	-0.7160	-0.6660	-0.6160
70	-0.9055	-0.8713	-0.8371	-0.8029	-0.7687
80	-0.9674	-0.9501	-0.9327	-0.9154	-0.8980
90	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000

[표 4] 관재별 마찰계수

관로의 종별(인입조건)	마찰계수
흡관	0.5~0.7
파이프형 케이블	0.17~0.19
굴림대 사용인입	0.1~0.2
모래~매설 직매	1.5~3.5
강관	0.3~0.5
염화비닐관	0.23
파형관	0.2~0.3
경질비닐관	0.4



RECORD HISTORY

- Rev.3(12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는 데 목적을 둬.
- Rev.4(14.03.0) 철도분야의 기술적 환경변화에 따른 불합리한 사항 기준 개정을 위한 “전기분야 설계기준 개선 통합워크숍” 결과(설계기준처-3997호) 및 설계자문회의 결과 반영.
- Rev.5(15.06.29) 공동관로내 부설하는 케이블 점유율 수정(철도설계기준 시스템편 내용 반영)
- Rev.6(18.12.14.) 철도건설기준 개선을 위한 협력사 VOC 반영하여 고속철도 지중전선관로 설치위치 명확화 및 고압배전선로 취약 운영개소 파악 및 대책수립 국토부 요청(‘18.08.06)에 따른 지중케이블 보호방안 반영(전철처-5389호, 2018.09.14.)
- Rev.7(19.12.19.) 선로변 통합접지 시설기준 개선 및 전문가협의회 결과(‘18.11.05.)에 따른 접속주기표 반영(전철처-5605호, 2019.08.30.)
- Rev.8(20.05.08.) 공동관로 내 케이블 접속 및 지상접속함 설치기준 개선 반영(전철처-1233호, 2020.02.19.)