TECHNICAL SPECIFICATION

특 기 시 방 서

Snow Meltimg System

적용 제품 BRH-H (Snow Melting Heating Cable)

목 차

1. 일반사항 (General) 3

1.1 적용 범위 3
1.2 관련 규격 및 기준 3
1.3 용어 정의 3

2. 제품 사양 (Product Specifications) 4

2.1 Heating Cable – BRH-H 4

3. Cold Lead Cable 사양 6

3.1 개요 및 역할 6
3.2 구조 및 요구사항 6
3.3 시공 시 주의사항 6

4. 과열방지 Control System 7

4.1 시스템 구성 7
4.2 온도 제어 알고리즘 7
4.3 가중치 보정 (습도·모션 감지 반영) 8
4.4 에너지 절감 효과 8

5. 시공 설치 사양 9

5.1 사전 조사 및 설계 9
5.2 그루빙 및 케이블 매설 9
5.3 Cold Lead Cable 접속 9
5.4 센서 장치 설치 10
5.5 전력 제어 장치(서버) 설치 10

6. 시험 및 검사 10

6.1 제품 수령 검사 10
6.2 시공 중 시험 10
6.3 준공 후 시운전 시험 11
6.4 정기 유지관리 11

7. 품질 보증 및 제출 서류 11

7.1 제출 서류 11
7.2 보증 조건 12

제1장 일반사항 (General)

1.1 적용 범위

본 특기시방서는 도로 및 보도의 제설·융빙을 목적으로 설치하는 과열방지 기능 내장형 Heating Cable(BRH-H) 및 Cold Lead Cable 시스템의 설계, 자재, 시공, 시험 및 유지관리에 관한 기술적 요구사항을 규정한다.

1.2 관련 규격 및 기준

규격 번호	규격명
KS C IEC 60800:2021	발열 케이블 – 정격 전압 300/500 V 이하
전기설비기술기준	전기설비기술기준 및 판단기준

1.3 용어 정의

용어	정의
Heating Cable	전기저항 발열을 통해 열을 발생시키는 케이블 (BRH-H 형식)
Cold Lead Cable	전원 공급부와 Heating Cable을 연결하는 비발열 접속 케이블
과열방지 센서	열선 온도를 실시간 감지하여 과열을 방지하는 내장 센서 (제3온도)
융설	도로·보도 표면의 눈·얼음을 열로 녹이는 행위 (Anti-Icing, Deicing 포함)
온도 예측 모델	시계열 기반의 노면온도 예측 알고리즘

제2장 제품 사양 (Product Specifications)

2.1 Heating Cable – BRH-H

2.1.1 케이블 구조

Heating Cable (BRH-H)는 아래 5개 층으로 구성된 고성능 과열방지형 케이블이다.



Heating Cable (BRH-H) 단면 구조

번호	구성요소	설명
①	발열도체 (열선)	구리-니켈 합금 연선 – 저항발열
②	절연체 1차	내열 폴리머 절연 – (PFA)
③	절연체 2차	내열 폴리머 절연 – (TPO)
④	금속 편조	누전 보호장치 연동, 기계적강도 보강
⑤	과열방지 센서 적용	과열 발생 시 전원 차단으로 화재 및 손상 방지

2.1.2 전기적 특성

항목	규격값	시험결과 (GT2025-14146)
공칭 전압	600 V / MAX	–
도체 저항 @ 20±1 ℃	0.0555 Ω/m (±10%/-5%)	0.0556 Ω/m ✓
도체 저항 @ 100±2 ℃	–	0.0571 Ω/m
온도 저항 계수	≥ 0 (양의 값)	3.35×10^{-4} ✓
차폐 저항 @ 20±1 ℃	≤ 0.0180 Ω/m	0.0150 Ω/m ✓
단위 출력	50 W/m	–
최소 설치 온도	-20 ℃	–

2.1.3 기계적 특성

항목	규격값	시험결과 (GT2025-14146)
인장 고장 하중 (기계등급 M2)	≥ 300 N	1,255 N ✓
역방향 권부 시험 (외장 케이블)	맨드릴 15d, 6사이클 – 손상 없음	손상 흔적 없음 ✓
시스 노화 후 인장 강도 변화율	±25 % 이내	-14.3 % ✓
시스 노화 후 파단 신장률 변화율	±25 % 이내	-3.6 % ✓
최소 굽힘 반경	15d (외장 케이블 기준)	맨드릴 외경 35 mm 적용

2.1.4 절연 특성

시험 항목	시험 조건	결과
절연 내력 시험	AC 2,000 V × 5 min (침수)	절연파괴 없음 ✓
전기 절연 저항	DC 1,000 V × 1 min	7.99×10^{6} MΩ (≥50 MΩ) ✓
도전성 차폐 침투 시험	RCD 30 mA, 공칭전압 600 V AC	RCD 동작 ✓

2.1.5 외장 표면 온도 시험 결과

시험 기준 : Heating Cable 외장 표면 온도가 최고 80 ℃를 초과하지 않을 것.

시험 조건 : 주변온도 3 ℃, 인가전압 16.7 V, 2시간 연속 측정

측정 위치	센서 01	센서 02	센서 03	센서 04
최고 온도 (℃)	63.5 ✓	59.0 ✓	45.8 ✓	35.2 ✓

※ 기준 80 ℃ 대비 최고 측정값 63.5 ℃로 안전 여유도 확보

제3장 Cold Lead Cable 사양

3.1 개요 및 역할

Cold Lead Cable은 전원 공급 분전반(또는 전압 제어 장치)과 Heating Cable 사이를 접속하는 비발열 케이블로, 발열 없이 전력을 안전하게 전달하는 역할을 수행한다.



[그림 2] Cold Lead Cable 단면 구조

3.2 구조 및 요구사항

항목	요구사항
도체 재질	연동선 (Cu) – 구리 연선
절연 피복	내열성 폴리머 절연 - PFA(1차), TPO(2차)
금속 차폐	스테인리스 편조 – Heating Cable 차폐와 연속 접속
외부 시스	비금속 내후성 시스 – 매설 환경 대응
내전압	600 V 이상 (Heating Cable과 동등 수준)
접속 방식	Heating Cable과 몰드 또는 열수축 슬리브 접속
색상 구분	Heating Cable과 구별되는 색상 적용

3.3 시공 시 주의사항

- Cold Lead Cable과 Heating Cable 접속부는 방수 처리를 철저히 시행한다.
- 접속부는 도로면 하부에 매설하며, 접속점의 위치를 준공도서에 명기한다.
- Cold Lead Cable의 여유 길이는 최소 0.5 m 이상 확보하여 향후 재접속이 가능하도록 한다.
- 차폐 도통 연속성을 접속 완료 후 반드시 저항 측정으로 확인한다.

제4장 과열방지 Control System

4.1 시스템 구성

본 시스템은 온도 예측·제어 기술을 적용하여 열선의 과열 방지와 에너지 절감을 동시에 구현한다.

구성 요소	기능	비고
융설 장치	Heating Cable 내장 – 도로·보도 열 공급	BRH-H 적용
센서 장치	온도·습도·모션 감지 – 노면 상태 실시간 수집	노면 매설형, 외기노출
과열방지 센서	열선 온도(제3온도) 직접 측정 – 과열 경보 및 제어	케이블 내장형
서버·제어장치	온도 예측 모델 실행 – 후속 전압 레벨 자동 결정	예측제어 모델
전력 제어 회로	열선 인가 전압을 1~99% 범위에서 단계적 조절	SCR/SSR 방식

4.2 온도 제어 알고리즘

4.2.1 기본 제어 흐름

- ① 제1온도 획득 : 노면 온도센서 시계열 정보 수신 → 이상치 필터링 → 평균 산출
- ② 인가 전압 레벨 확인 : 현재 열선 인가 전압 레벨 기록
- ③ 제2온도 예측 : 기학습된 온도 예측 모델에 제1온도 + 전압 레벨 입력 → 다음 시간 구간 노면온도 예측
- ④ 임계값 비교 및 후속 전압 결정

제2온도 vs 임계값	판정	조치
제2온도 < 임계값 하한	노면온도 부족	후속 전압 레벨 상향 조절
임계값 범위 이내	정상 유지	현재 전압 레벨 유지
제2온도 > 임계값 상한	노면온도 과다	후속 전압 레벨 하향 조절

4.2.2 과열방지 이중 제어

후속 전압 레벨 결정 이후, 과열방지 센서(제3온도)를 추가 확인하여 최종 전압을 조정한다.

제2온도	제3온도 (열선)	최종 조치
< 임계값 (융설 필요)	≤ 열선 온도 임계값	전압 상향 유지
< 임계값 (융설 필요)	> 열선 온도 임계값 (과열)	전압 하향 조절 (과열 우선)
> 임계값 (충분)	무관	전압 하향 조절

※ 노면 온도가 부족하더라도 열선이 과열 상태이면 전압을 하향하여 케이블 손상을 방지한다.

4.2.3 모델 재학습

후속 전압 인가 후 실제 제2시간 구간의 노면 온도를 측정하여 예측값과 비교하고, 오차가 기설정 임계 구간을 벗어나는 경우 온도 예측 모델의 재학습을 자동 수행한다.

4.3 가중치 보정 (습도·모션 감지 반영)

센서 장치로부터 온도,습도 감지 결과 및 모션 감지 결과를 수신하고, 이를 가중치 값으로 환산하여 제1온도에 적용함으로써 실제 노면 상태에 부합하는 수정된 온도 입력값을 산출한다.

4.4 에너지 절감 효과

- 단위면적당 전력 사용량 : 기존 시스템 대비 약 40~50% 수준으로 절감
- 내열성 단열재 적용으로 지중 열손실 최소화

제5장 시공 설치 사양

5.1 사전 조사 및 설계

- 설치 구역의 기후 조건(최저 기온, 적설량), 지반 조건(아스콘/콘크리트), 전원 공급 조건을 사전에 조사한다.
- 단위 면적당 열량 목표 250~300 W/m²을 기준으로 케이블 간격 및 매설 깊이를 설계한다.
- 그루빙(Grooving) 폭·깊이를 케이블 외경에 맞게 설계하며, 보온재 및 열전도 마감재 두께를 함께 고려한다.

5.2 그루빙 및 케이블 매설

공정	요구사항
그루빙 장비	핸드 커팅기 또는 그루빙 머신 사용
홈 규격	케이블 외경 + 양측 여유 각 3 mm 이상
보온재 설치	홈 하부에 보온재를 깔아 열손실 방지
케이블 배치	Heating Cable → 보온재 위 안착, 꼬임 및 교차 금지
열전도 마감재	도로면과 수평 마감 또는 마감면보다 조금 낮게 설치
최소 굽힘 반경	케이블 외경(d)의 3배 이상

▌시공 순서



시공 순서도

5.3 Cold Lead Cable 접속

- Heating Cable 단말과 Cold Lead Cable을 방수형 몰드 또는 열수축 슬리브로 접속한다.
- 접속부는 방수 등급을 만족시켜야 하며, 매설 전 절연 저항을 측정하여 확인한다.
- Cold Lead Cable은 분전반까지 난연 전선관에 수납하여 인입한다.

5.4 센서 장치 설치

- 노면 온도센서 : 도로·보도 표면에 매설하며, 센서 감지 영역(좌우 20 cm)이 확보되도록 위치 선정.
- 습도센서·모션센서 : 온도센서와 함께 또는 인접 위치에 설치하여 서버로 감지 결과 전송.
- 과열방지 센서 : 케이블 외부시스에 설치. 서버와의 통신 센서선 사전 확보.
- 센서 배선은 난연 케이블을 사용하고, 방수가 되는 선을 사용한다.

5.5 전력 제어 장치(서버) 설치

- 전력 제어 장치는 제어반 내부에 설치하여 원격통신이 되도록 한다.
- 누전 차단기(RCD, 작동전류 30 mA 이하)를 회로별로 설치한다.
- 인가 전압 조절 범위 : 인가 전압의 1~99% (SCR 또는 SSR 방식).
- 통신 인터페이스 : 융설 장치 및 센서 장치와 무선 네트워크(암호화 채널) 연결.

제6장 시험 및 검사

6.1 제품 수령 검사

- 납품된 Heating Cable의 성적서 및 특허 등록증 원본 또는 공인 사본을 확인한다.
- 케이블 릴의 외관 손상, 표시(마킹) 내용 일치 여부를 확인한다.

6.2 시공 중 시험

시험 항목	기준	시기
도체 저항 측정	0.0527~0.0611 Ω/m (20 ℃)	매설 전·후 (200M 기준)
절연 저항 측정	≥ 50 MΩ (DC 1,000 V)	매설 전·후
차폐 저항 측정	≤ 0.0180 Ω/m	매설 후
접속부 방수 확인	≥ 50 MΩ (DC 1,000 V)	접속 완료 후
육안 검사	외부 시스 균열, 꼬임, 교차 없음	매설 전

6.3 준공 후 시운전 시험

- 제어 시스템 통전 확인 : 전압 제어 범위(1~99%) 동작 확인.
- 센서 감지 확인 : 온도·습도·모션 센서 신호 정상 수신 여부 확인.
- 과열방지 동작 확인 : 과열방지 센서(제3온도) 임계값 초과 시 전압 하향 조절 동작 확인.
- 온도 예측 모델 작동 확인 : 제2온도 예측 및 임계값 비교, 후속 전압 결정 로직 정상 작동 확인.
- 노면 온도 목표 달성 확인 : 설계 조건(3~5 ℃) 도달 여부 확인.

6.4 정기 유지관리

주기	점검 항목	조치
계절 전 (매년)	접속부 방수 상태, 센서 동작 확인 절연 저항, 도체 저항 확인	실링 재처리, 센서 교체 이상 시 케이블 위치 탐지 후 수리
이벤트 후	과열 경보 발생 후 열선 온도 이력 검토	온도 예측 모델 재학습 수행
연 1회	제어 장치 펌웨어· 모델 업데이트 검토	제조사 기술지원 요청

제7장 품질 보증 및 제출 서류

7.1 제출 서류

- 제품 카탈로그 및 설치 지침서, 특기시방서
- 준공 후 : 시공 사진, 시험 측정 기록지, 준공도서 (케이블 및 센서 위치도 포함)

7.2 보증 조건

항목	내용
제품 보증 기간	시공 완료 후 2년 (단, 외력·부적절한 시공에 의한 손상 제외)
보증 범위	제조 결함에 의한 케이블 단선, 절연 열화, 과열방지 센서 오작동
보증 제외	물리적 외력, 타 공사에 의한 손상, 설계 기준 초과 전압 인가