

# 난방시설 설계, 시공의 요점

난방시설은 전기 공작물 중에서 감전, 화재의 위험이 많기 때문에 특수 시설로서 취급되고 있다. 즉, 플로어 히팅 등의 전열장치의 시설, 파이프 라인 등의 전열장치의 시설, 전기온상 등의 시설 이외는 옥내, 옥측 또는 옥외에 발열체를 시설하는 것은 「전기 설비에 관한 기술 기준」(전기 사업법)으로 금하고 있다. 따라서, 종래는 필요 최소한의 시설로서 부득이하고 특수한 경우의 설치에 그치며, 일부분의 시설, 지구에 보급되고 있는 상황에 지나지 않았다.

최근 기술의 진보에 따라 새로운 발열체의 개발, 시공법의 개량 등으로 감전, 화재 등의 위험이나 재해가 없는 시설을 용이하게 구축할 수 있게 되었다. 난방 시설의 설계 및 시공에 종사하는 사람들이 이용하는데 편리하도록 구체적인 예를 들었고, 관계자들에게 유효한 자료가 될 것이라 믿는다.

## ▶ 제2종 발열선에 의한 난방시설

### 1. 제2종 발열선의 특징

제2종 발열선은 로드 히팅 설비나 플로어 히팅 시설 등 구조물의 견고한 구조체 속에 직접 매설해서 시공하는 발열선으로 개발된 것이다. 따라서 이 발열선의 절연 피복에는 내열성에 우수한 재료가 사용되고 있으나 그 발열 저항체의 사용 온도는 절연체의 최고 허용 온도 이하로 규정되고 있다. 또 시스재는 매설하는 구조 재료인 콘크리트나 아스팔트의 성질에 충분히 견디는 재료가 사용되고 있다.

이 구분에 속하는 발열선은 크게 나누어서 ① 금속 저항선의 꼬인 선을 발열체로

하는 직렬저항형이고, 대표적인 것에는 (사)건설 전기기술협회(이하 건전협이라 한다) 규격의 고무·플라스틱 발열선과, ② 평행 도체간의 반도체 소자를 발열체로 하는 병렬 저항형이고, 도전성 카본배합 폴리머를 발열체로 하는 자기 온도 제어형 발열선 및, ③ 2개를 평행하게 한 절연 도체의 절연체를 일정 간격마다 갈깃자 모양으로 작게 벗겨내서 접점을 설치하고 그 위에 가는 금속 저항선을 스파이럴 형으로 감아서 다수의 병렬

[표 1] 건전협 규격 발열선의 도체 저항치의 호칭

종별의 호칭	도체 저항치	시스 표면상의 식별 인쇄의 부호
HC-37	37Ω/km±10%	—————
HC-110	110Ω/km±10%	· · · · · · · · · ·
HC-360	360Ω/km±10%	× × × × × × × × ×

[표 2] 건전협 규격 발열선의 표준적인 구조 예

발열선 구성의 항목	표 준 구 조			
	EV형	W형	R형(내하중)	외기어형(내하중)
저항선 재질 개수/소선지름	동 니켈 합금 7개/0.5mm Ø	동 니켈 합금 7개/0.5mm Ø	동 니켈 합금 7개/0.5mm Ø	동 니켈 합금 7개/0.5mm Ø
절연체 재질 두께	에틸렌 프로필렌 고무 0.8mm	내열 비닐 0.8mm	가교 폴리에틸렌 0.8mm	에틸렌 프로필렌 고무 0.8mm
시스 재질 두께	내열 비닐 1.2mm	내열 비닐 1.2mm	내열 비닐 1.2mm(최외층)	내열 비닐 1.2mm
보강 완충층 두께	-	-	에틸렌 프로필렌 고무 1.2mm(중간층)	내열 비닐(기어형) 1.2mm(1.7)mm
마무리 외경	5.5mm Ø	5.5mm Ø	7.9mm Ø	8.9mm Ø

발열체를 구성한 병렬 저항선형 발열선의 3종류가 있다.

금속 저항선형의 발열선은 발열 유닛 설계의 자유도나 설비 구조에 대한 대응성 등에서 플로어 히팅 등의 옥내의 바닥면에 대한 매설이나 천장 등의 은폐 장소에 대한 시공, 로드 히팅 등 옥외의 노면 구조체에 대한 매설이나 물기가 있는 측사 등의 바닥면에 대한 매설, 혹은 루프히팅이나 송수 파이프의 동결 방지 등에 많이 사용되고 있다.

자기 온도 제어형의 발열선은 선의 형상이나 특성에서 주로 파이프 라인이나 탱크 및 그 부속장치 등의 히팅 시설에 사용되고 있다.

건전협 규격 발열선의 표준 도체 저항치와 호칭 및 식별 부호를 [표 1]에, 그 절연체 재질이나 시스 보강 완충층 구성 등에 의한 호칭과 구조 예를 [표 2]에 표시한다. 또, 병렬 저항체의 자기온도 제어형 발열선으로 현재 시판되고 있는 일반적인 제품을 [표 3]에, 또 병렬 저항선형 발열체에 대해서는 [표 4]에 표시한다.

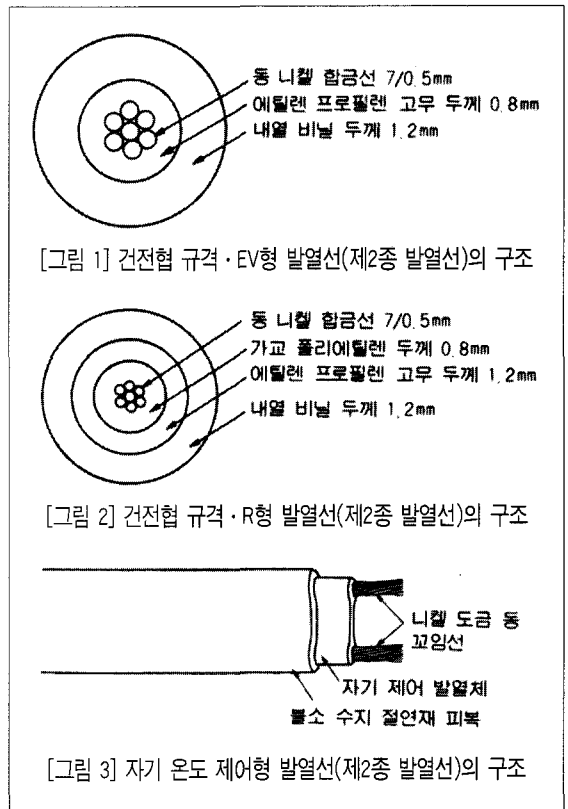
## 2. 발열선 유닛 설계의 요점

금속 저항선 발열체의 발열선을 사용한 히팅 설비는 전원 전압, 소요 발열량이나 가열 온도 혹은 부착의 형태에 따라서 발열성을 유닛화하는 회로 설계가 필요하게 된다. 또, 병렬 저항체 발열선은 사용 전압, 정격 발열량, 허용 내열 온도나 최대사용길이 등이 규정되기 때문에 소요발열량에 대한

할당 설계를 한다.

### (1) 시설 설계의 공통 기준 사항

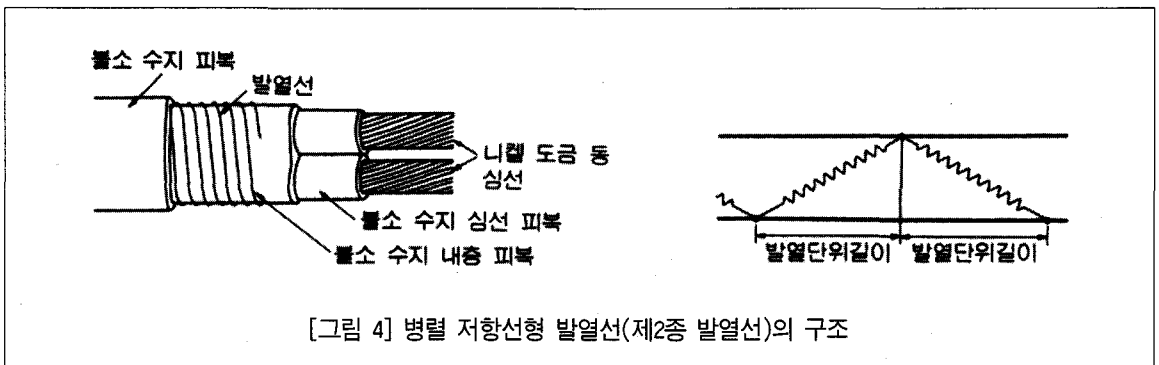
- ① 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지 전압
- ② 발열선의 발열 저항체의 온도
- ③ 발열선에 의해서 가열할 수 있는 온도
- ④ 발열선의 시설을 설치했을 때의 주위의 조형 물에 대한 배려



[표 3] 시판되고 있는 자기 온도 제어형 발열선

상품명	사용전압 [V]	표준열출력 [W/m]	최대 사용길이 [m]	내열온도 [°C]	발열 저항체의 재질	절연체 재질	비고
A	100	10	70	65	도전 카본이 들은 가교 폴리에틸렌 수지	가교 폴리에틸렌 수지	(주) S형 및 SJ형이 있음
	200	10	140	65	도전 카본이 들은 가교 불소 수지	불소 수지	
B	100	8	94	65	도전 카본이 들은 가교 폴리에틸렌 수지	가교 폴리에틸렌 수지	동결 방지용 (주) S, SJ형이 있음
	200	8	188	65			
	100	13	75	65	도전 카본이 들은 가교 불소 수지	불소 수지	프로세스 보온용 (주) S, SJ형이 있음
	200	13	153	65			
	100	21	60	65			
	200	21	115	65			
	100	23	45	110			
	200	23	110	110			
	100	32	62	110	도전 카본이 들은 가교 폴리에틸렌 수지	열가소성 폴리우레탄 수지	동결 방지와 60°C까지의 온도 유지 (주) S, SJ형이 있음.
	200	32	92	110			
100	41	60	110				
200	41	108	110				
C	100	8	100	60	도전 카본이 들은 가교 폴리에틸렌 수지	FEP테플론	120°C까지의 온도 유지용 (주) S, SJ형이 있음.
	200	8	200	60			
	100	14	80	60	도전 카본이 들은 불소계 수지	FEP테플론	
	200	14	160	60			
	100	24	60	60			
	200	24	120	60			
	100	14	82	121			
	200	14	164	121			
100	22	64	121	도전 카본이 들은 수지 저항체	난연(難燃) 폴리에틸렌, 폴리우레탄수지, 불소수지	(주) S, SJ형이 있음.	
200	22	128	121				
100	30	58	121	도전 카본이 들은 수지 저항체	난연(難燃) 폴리에틸렌, 폴리우레탄수지, 불소수지	(주) S, SJ형이 있음.	
200	30	116	121				
D	200	10	180	30	도전 카본이 들은 수지 저항체	난연(難燃) 폴리에틸렌, 폴리우레탄수지, 불소수지	(주) S, SJ형이 있음.
	200	16	150	50			
	200	19	125	100			

(주) 각 회사 제품에는 옵션품으로 절연 피복 위에 주석 도금 동선 편조 부착(S형) 및 편조 위에 절연체와 같은 내열성을 갖는 외장 피복 부착(SJ형)이 있다.



[표 4] 시판되고 있는 병렬 금속 저항선형 발열선

상품명	사용전압 [V]	표준 열출력 [W/m]	발열 단위 길이 [m]	최대 회로길이 [°C]	허용 내열온도 [°C]	절연체 재질	비고
E	100	6.2	610	116	121	폴리우레탄 (주) (1) * 최고 사용 온도는 32°C	(주) (2)
	100	9.9	610	91	121		
	100	14.9	610	76	121		
	200	10.8	1,016	175	121		
	200	16.3	1,016	145	121		
	100	6.2	610	180	204	테플론 (주) (1) * 최고 사용 온도는 65°C	
	100	12.4	610	130	204		
	100	32.8	610	90	204		
	200	10.8	1,016	270	204		
	200	24.7	610	180	204		
F	100	3.4	600	202	205	테플론 (주) (1) * 최고 사용 온도는 120°C	(주) (2)
	100	6.8	600	143	205		
	100	9.1	600	123	205		
	200	13.6	600	202	205		
	200	23.0	600	156	205		
	200	36.4	600	123	205		

(주) (1) 평행도선의 절연체와 발열선상의 절연체의 재질은 각 그레이드와 동일 재질을 사용  
 (2) 각사 제품에는 옵션품으로 절연 피복 위에 주석 도금 동선 편조 부착(S부착) 및 편조상에 절연체와 같은 내열성을 갖는 외장 피복 부착(SJ형)이 있다.

- ⑤ 제2종 발열선을 적용할 수 있는 장소는 철구조, 장치 등을 제외한 모든 것에 가능
- ⑥ 발열선의 시설 구조로서는 매설 공법과 은폐 공법이 적용된다.
- ⑦ 발열선을 시설하므로써, 전기적, 자기적 혹은 열적인 장애를 미치지 않도록 하는 배려
- ⑧ 발열선에 전기를 공급하는 전로에 대한 누전 차단기, 배선용 차단기의 설치
- ⑨ 발열선의 시스나 보강층의 금속체 등에 대한 접지 공사

(2) 건전협 규격 발열선에 의한 유닛 설계

발열선을 사용하는 히팅 설비에서는 발열선의 면구조체의 어느 깊이에도 일정한 폭과 간격으로 되접어 꺾어서 배선해서 매설하고 사용 전압과 소요 발열량에 따라서 산출되는 일정 면적마다 유닛화해서 전원 회로에 접속된다. 발열선 유닛의 설계는 다음 식에 의해서 계산한다.

$$A = \sqrt{p/(r_0 \times w_0)} \times E [m^2] \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

- A : 발열선 유닛 1회로의 점유 면적[m<sup>2</sup>]
- p : 발열선을 접어 구부리는 (배선)간격[m]
- r<sub>0</sub> : 발열선의 표준 도체 저항치[Ω/m]
- w<sub>0</sub> : 단위 면적당 설계 발열량[W/m<sup>2</sup>]
- E : 유닛의 전원 단자 전압[V]

(3) 발열선의 배설 간격과 깊이

발열선의 매설 간격 p는 그 발열선의 사용 온도에 의한 최대 허용 발열량이나 시설의 표면온도 분포의 요구 등을 고려해서, 표준적으로는 5~10 cm 사이의 경제 설계치로 선정하지만 설비의 부설 면적에서 규정되는 경우도 있다.

바닥면이나 포장체에 매설하는 발열선의 간격과 깊이의 관계를 표면 온도 분포에 의한 히팅효과로 생각하면 예컨대, 노면 구조를 반무한 고체로 생각해서 열전도 이론을 적용했을 경우는 발열선의 배치에 대한 표면의 열류 밀도의 최대와 최소의 비율 y가 다음 식으로 얻어진다.

$$y = \frac{(dp/ds)_{max}}{(dp/ds)_{min}} = \frac{\cos h(2Jd/p)+1}{\cos h(2Jd/p)-1} \dots\dots\dots (2)$$

표 5 발열선의 매설 간격과 길이 비율에 의한 표면 열류 밀도의 관계

d/p	0.25	0.5	0.55	0.6	0.75	1.0
y	2.33	1.19	1.14	1.10	1.04	1.01

이 식에서 d/p의 값을 0.25에서 1.0까지의 적당한 값을 취해서 y를 계산하면 [표 5]와 같이 된다.

이 표에서 d/p≒0.5, 즉 p를 d의 2배 이상으로 하면 발열선의 바로 위와 선 사이의 바로 위와의 열류 차는 약 20%보다 작고, p를 d와 같게 될 정도로 택하면 표면의 온도차는 거의 없어지는 것을 알 수 있다. 실제로는 표면에 접하고 있는 공기의 점성에 의한 경계층의 효과에서 매설 깊이가 등가적으로 증가하기 때문에 더욱 표면 열류의 비율은 작게 되어서 표면의 온도차는 줄어 가열 효과로서는 균등 분포로 되나 구조체의 두께가 유한인 경우에도 전체의 두께가 매설 깊이의 4배 정도 있으면 이 관계를 적용할 수 있는 것이 경험적으로 확인되고 있다.

#### (4) 발열선 유닛의 할당 설계

발열선 유닛의 할당은 설비의 시공 면적에 대해서 사용상의 구역 할당이나 회로 균형을 고려해서 유닛의 총합계 면적과 시공 면적이 일치하도록 선의 종류나 선간격 등을 선택해서 결정한다.

전체의 할당은 발열량에 대해서 표준적인 간격으로 1회로의 면적이 최대가 되는 유닛으로 배열하고 나머지 면적에 대해서 근사한 유닛을 사용하는 방법을 취하면 설비 관리도 용이하게 된다.

(1)식에 의한 발열선 유닛에 관한 정수와 그 관계는 다음과 같다.

$$R = L \cdot r_0 \dots\dots\dots (3)$$

$$W = I \cdot E = V^2/R \dots\dots\dots (4)$$

$$L = A/p \dots\dots\dots (5)$$

여기서,

R : 발열선 유닛 1회로의 저항치[Ω]

I : 발열선 유닛 1회로의 전류치[A]

W : 발열선 유닛 1회로의 전력치[W]

L : 발열선 유닛 1회로의 발열선 연장[m]

사용전압 200V에 있어서 표준적인 발열선 유닛의 시방을 [표 6]에 표시한다.

표 6 전압 전압 200V에서 건전협 규격 발열선을 사용한 표준 유닛

발열량 [W/m <sup>2</sup> ]	선간격 [cm]	발열선 종별 (건전협 규격)	점유 면적 [m <sup>2</sup> /유닛]	전 력 량 [kW/유닛]
200	10	HC- 37	23.2	4.66
		HC-110	13.4	2.71
		HC-360	7.4	1.50
250	7	HC- 37	19.5	3.89
		HC-110	11.3	2.24
		HC-360	6.3	1.23
300	7	HC- 37	17.4	4.36
		HC-110	10.1	2.53
		HC-360	5.6	1.39
300	5	HC- 37	15.8	4.78
		HC-110	9.2	2.75
		HC-360	5.0	1.50
300	5	HC- 37	13.4	4.04
		HC-110	7.8	2.33
		HC-360	4.3	1.29

#### (5) 배관 등 간격과 긴 히팅용 발열 유닛의 설계

송·배수관의 동결 방지 등의 히팅에 제2종 발열선을 사용할 경우는 배관의 굵기나 유지 온도에 의한 주위에 대한 발열량 계산에서 단위 길이당 소요 열량과 발열선의 배열 개수, 필요한 추가 열 전력량과 사용 전압, 회로수 등에 따라서 발열선의 길이와 도체 저항치로 사용하는 선 종류를 선정한다.

건전협 규격 고무·플라스틱 발열선 1개당 최대 발열량은 동결 방지 등 유지 온도 +5°C일 때 약 23[W/m], 50°C 유지의 보온 설비의 경우에는 약 10[W/m]이다. 따라서, 발열 도체의 온도가 절열재의 허용치를 초과하지 않는 것에 대한 체크가 필요하다. 또, 발열선의 표면 온도가 피가열 액체의 발화 온도의 80%값을 넘지 않는 것도 중요한 설계 조건으로 된다.

발열선 1회로당 유닛 길이는 사용하는 발열선의 도체 저항치, 단위 길이당 발열량과 사용 전압에서 다음 식으로 계산한다.

$$L = \sqrt{1/r_0 \cdot w_0 \times E} [m] \dots\dots\dots (6)$$

가령, 발열선 HC-110(도체 저항치 r<sub>0</sub>=0.11[Ω/m])를 발열량 20[W/m], 사용 전압이 200V일 경

우, 1유닛의 발열선의 길이는 약 134m로 된다.

발열선을 배관에 트레이스한 개수는 분기 배관에 대한 히터 배선 되돌아옴과 전원 공급점의 고정화 때문에 짝수개로 설계하는 것이 하나의 요점이다.

(6) 병렬 저항형 발열선에 의한 발열 유닛 설계

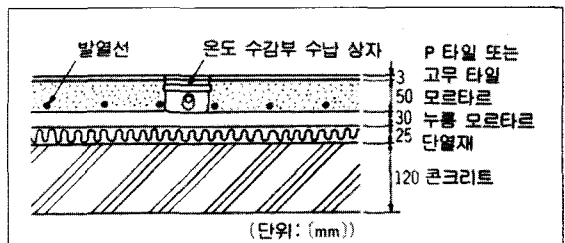
제2종 발열선 중에서 병렬 저항선형 히팅 케이블이나 자기 온도 제어형 케이블의 경우, 단위 길이당 정발열량 타입의 발열량이므로 발열 유닛의 설계는 제1종 발열선과 똑같이 한다. 1유닛당 발열선의 길이는 최대 사용 길이의 범위 내에서 임의로 설정할 수 있으나 설계 발열량에 대한 가열 온도와 표준 출력과의 관계를 고려할 필요가 있다.

파이프 라인의 히팅에서는 단위 길이당 소요 발열량에 알맞은 표준 발열량과 개수를 선정하기만 하는 단순한 설계가 된다.

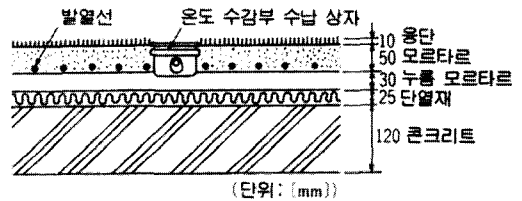
(7) 발열선 유닛 매설 구조의 설계

발열선 유닛을 매설하는 구조의 설계는 설비의 수명은 물론이고 구조물 전체의 강도나 안전성상에서도 극히 중요하다. 제2종 발열선을 사용하는 각종의 시설에 있어서 대표적인 발열선 유닛 매설의 구조를 [그림 5~그림 14]에 표시한다.

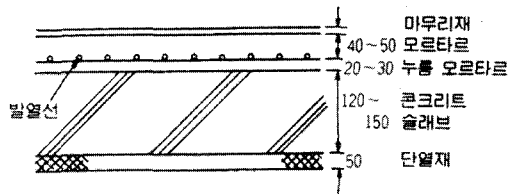
- ① 구조 전체의 내하중 강도나 내구성이 발열선 등의 시설과 동등 이상일 것.
- ② 발열선을 매설 혹은 배치하는 기반이 안정될 것.
- ③ 매설 구조의 경우는 발열선 매설의 기반면과 매설층 재료의 밀착성이 좋을 것.
- ④ 발열선을 싸 넣은 층의 재료 혹은 그 층을 시공할 때 발열선을 손상시킬 염려가 없을 것.
- ⑤ 은폐 구조의 경우에는 단열재의 내열성이나 발열성 유닛을 고정하는 부재의 내구성 등을 충분히 확인해서 선정할 것.
- ⑥ 콘크리트 구조의 경우에는 반드시 맞춤채를 만들 것.
- ⑦ 목질계 등의 표면 마무리 재료의 선정에는 신축, 휘어지거나, 금이 가거나 변색하지 않는 것을 확인할 것.



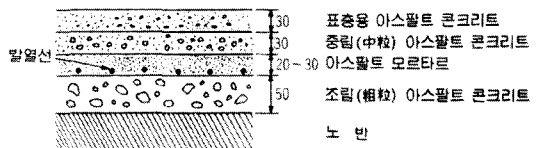
[그림 5] 표준적인 플로어 히팅



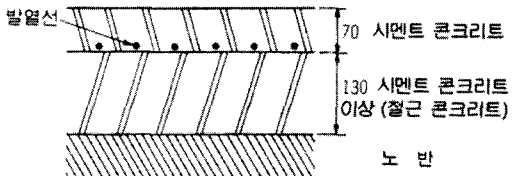
[그림 6] 거실 등의 플로어 히팅



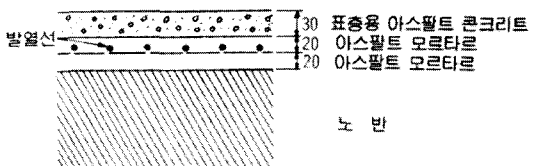
[그림 7] 마루 구조체 축열형 플로어 히팅



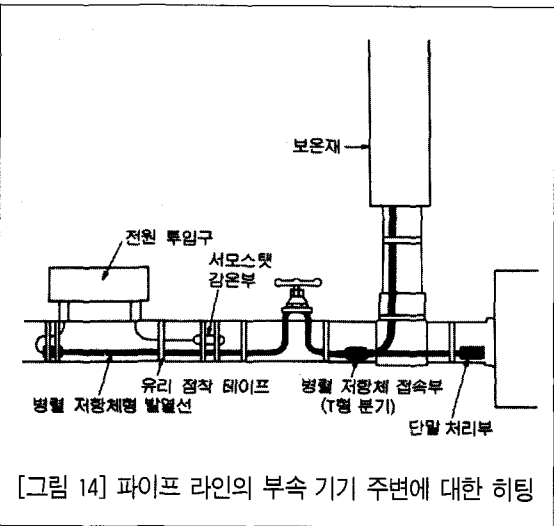
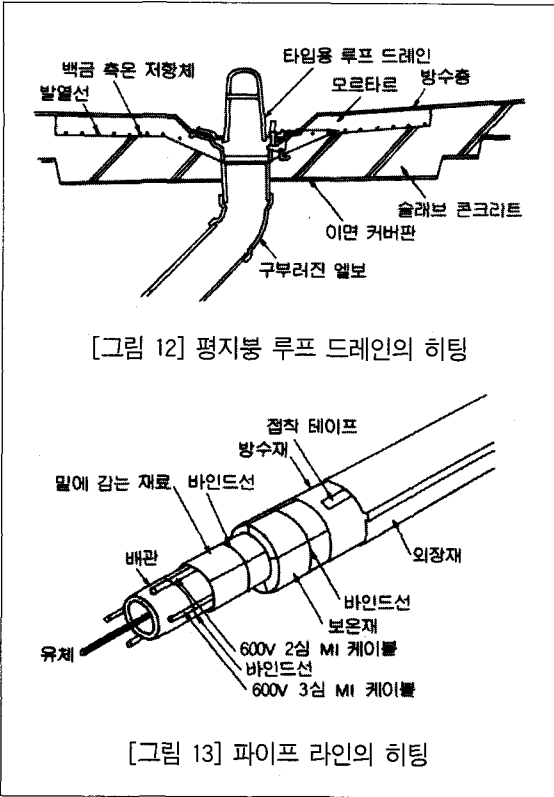
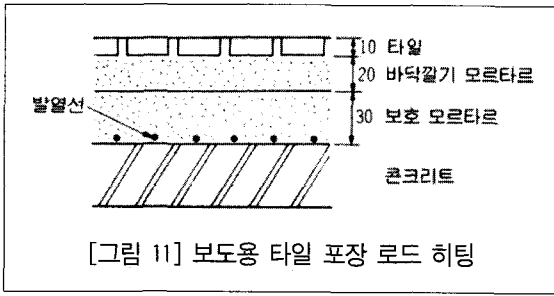
[그림 8] 차도용 아스팔트 포장 로드 히팅



[그림 9] 차도용 콘크리트 포장 로드 히팅



[그림 10] 보도용 아스팔트 포장 로드 히팅



### 3. 시공상 주의점

#### (1) 공통되는 시공상의 주의사항

제2종 발열선을 사용할 때는 각종 시설에 공통되는 일반적인 시공상의 주의사항은 다음과 같다.

① 발열선의 기계적인 강도는 어른이 고무 바닷을 가진 구두로 밟는 정도의 하중이나 인장하는 힘에는 충분히 견딜 수 있으나 삽의 끝을 대거나 해머로 치거나 혹은 발판의 기둥이 올라 앉거나 하는 등 강한 충격력이나 하중을 받으면 단선이나 절연 불량을 일으킨다. 그 취급에 주의해서 손상을 주지 않도록 시설하여야 한다.

② 발열선 유닛을 시설하는 부분의 평면은 평활하고 예리한 돌기 등이 없도록 마무리하고, 정성껏 청소해서 못, 돌기물 기타의 발열선을 손상시킬 염려가 있는 것은 제거하여야 한다.

③ 발열선 유닛을 부설할 때에 발열선 상호가 직접 접촉하거나 교차하고 있지 않는 것을 반드시 확인하여야 한다. 통전에 의해 이상 가열을 일으켜서 트러블의 원인이 된다. 그러나 발열 저항체가 자기 온도 제어성을 갖는 병렬 저항형 히팅 케이블을 사용할 때는 그 제조업자가 지정하는 범위내의 방법으로 시설할 때 이 제한이 없다. 그리고 접속용 전선은 발열체로 보지 않기 때문에 시공할 수 없는 경우는 서로 접촉하거나 일부에서 교차하여도 상관없다.

④ 부대물 등을 부착시키기 위해 파고 깎은 위치의 확인이나 앵커 볼트의 매입은 발열선을 설치하기 전에 하고 선에 외상을 주지 않도록 충분한 주의를 하여야 한다.

⑤ 시설하기 위해서 발열선을 굽힐 때는 피복을 손상하지 않도록 주의해서 취급하고 굽혀진 반지름은 그 발열선의 마무리 외경의 6배 이상인 것을 원칙으로 한다. 표준적인 건전협 규격의 제2종 발열선에서는 되돌림 시설의 최소 선 간격에서 4m 정도이다.

⑥ 발열선은 손상되지 않는 방법으로 공작물에 고정해서 시설한다. 이동할 수 있는 상태에

서 설치할 수는 없다. 그러나 구조체에 매설하는 경우에는 시설할 때는 매설층의 시공에 의해서 발열선 유닛의 배열에 호트러짐을 일으키지 않을 정도로 스페이서 등으로 고정하는 것만으로도 충분하다.

- ⑦ 발열선에 직접 접속하는 전선(접속용 전선)은 그 절연체 및 시스 최고 사용 온도가 파이프 라인의 히팅에서는 발열선의 절연체 및 시스의 최고 사용 온도와 동등 이상의 것을 기타의 시설에서는 75°C 이상으로 또한, 그 난방 시설의 최고 가열 온도 이상의 것을 선정한다. 그리고 접속용 전선을 발열선의 시설 장소 이외의 장소에 시설하는 경우는 금속관 공사, 합성 수지관, 공사, 가요 전선관 공사 혹은 케이블 공사에서 하고 있다.
- ⑧ 발열 저항체 상호 및 발열 저항체와 접속용 전선과의 접속은 전류에 의해서 접속 부분의 온도 상승이 다른 부분의 온도 상승보다 높게 되지 않도록 하여야 한다. 구체적으로는 접속부분에는 접속관 등의 기구를 사용하거나 납땜으로 접속해서 그 부분을 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것으로 충분히 피복하도록 하여야 한다. 표준적인 건전협 규격의 제2종 발열선에 의한 접속 방법은 별항에 표시한다. 그리고 발열선에 시스나 보강층의 금속체가 사용되고 있는 경우에는 그 접속 부분의 금속체를 전기적으로 완전히 접속하여야 한다.
- ⑨ 발열 저항체 상호 혹은 발열 저항체와 접속용 전선을 접속하는 경우는 발열선의 시설 장소 내에서 하기 바란다. 그리고 접속용 전선과 배선을 접속할 때는 발열선의 시설 장소에 가깝고 쉽게 점검할 수 있는 장소에 시설한 박스 내에서 하여야 한다.
- ⑩ 발열선의 시설 시공 중에는 수시로 접속해서 발열선 유닛의 도전 시험 및 절연 저항시험을 하여야 한다.

각 히팅 시설마다의 특유의 시공상에서 나타나는 주의점은 다음과 같다.

## (2) 플로어 히팅

플로어 히팅(바닥 난방)은 바닥면에서의 복사열, 다리에 직접 느끼는 전도열, 그리고 공기의 느슨한 대류, 이들의 상승 효과에서 얻을 수 있는 부드러운과 청결함 그리고 이상적인 난방 방식이다. 그러나 설비의 시공에 있어서는 공사 관계자의 충분한 배려로 인해 처음으로 그 기능을 발휘할 수 있게 되는 것이다.

제2종 발열선에 의한 플로어 히팅 시고시의 일반적인 주의사항은 다음과 같다.

- ① 콘크리트 구조체의 신축 맞춤새나 팽창 맞춤새를 건너는 부분의 배선은 반드시 금속관 등으로 보호를 한 접속용 전선을 사용하고 오프셋의 길이는 충분히 고정하여야 한다.
- ② 부설한 발열선 유닛은 콘크리트를 다져넣어 이동하지 않도록 고정하여야 한다.
- ③ 콘크리트 등을 다져넣는 작업중에 운반차, 삽, 흙손 등의 용구의 충격으로 발열선 등에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다. 특히 콘크리트의 다져넣는 작업의 진동 등에 의한 손상을 받지 않도록 주의해야 한다.
- ④ 냉동 냉장고 등 바닥면의 하부에 단열재를 부착하는 구조의 시설에서는 발열선이 단열재에 직접 접촉하지 않도록 주의하여야 한다.
- ⑤ 제어 장치의 온도 감지부 등은 그 시설의 대표적인 상황이 파악할 수 있는 위치를 확정해서 발열선 유닛의 매설시에 설치하는 것을 잊지 않도록 주의하여야 한다.

## (3) 로드 히팅

로드 히팅은 도로의 용도에 알맞는 노면 구조나 강도를 갖는 포장체로 완전하게 매설되어서 처음으로 그 기능을 살릴 수 있는 것이다. 또, 포장 설계에서는 히팅 설치 장소의 노면에서의 배수에 대한 유의가 포인트이고 배수가 나쁘면 로드 히팅 설비의 효과는 반감하고 만다. 따라서 포장 구조의 선택과 그 시공에 운전 효과나 내구성의 성패가 걸려 있기 때문에 시공 작업의 관리가 중요하게 된다.

노면 마무리의 구조는 아스팔트 포장, 콘크리트 포장, 타일 붙임이나 돌을 깔아서 마무리하는 것 등이 있으나 발열선 유닛 매설은 어느 것이나 포



장 공사와 발열선 부설 작업의 협조에 의해서 시공은 진행된다.

발열선 유닛 매설 공사를 실시하는 데 있어서의 주의사항으로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 발열선 유닛을 매설하는 곳의 표면 상태나 마무리면에서의 높이를 충분히 확인한 다음에 유닛 부설을 한다. 발열선 유닛은 포장 작업을 할 때 이동하지 않도록 고정한다.
- ② 발열선 유닛의 부설 후에는 포장체의 마무리 작업이 완료할 때까지 항상 유닛의 절연 저항 및 회로의 도통 테스트를 반복하면서 감시한다.
- ③ 포장 작업의 기계나 도구에 의해서 발열선 유닛에는 절대로 외상을 주지 않는 주의가 필요하다.
- ④ 아스팔트 포장의 경우에는 유닛을 덮는 보호층에 입도가 큰 골재를 포함하지 않는 빈배합(貧配合) 아스팔트 모르타르 합재를 사용하고 유닛 매설 포장시의 합재 온도는 150°C를 넘지 않도록 품질 관리를 하여야 한다.
- ⑤ 콘크리트 포장의 경우에는 다져 넣을 때 발열선 유닛 등에 강한 충격을 주거나 부설한 유닛이 콘크리트와 함께 흘러가지 않도록 주의가 필요하다. 그리고 보강하기 위해서 유닛위에 용접 철망 등을 부설하는 것으로 발열선 고정의 효과도 있고 시공도 용이하게 된다.
- ⑥ 콘크리트 구조체의 신축 맞춤새나 팽창 맞춤새를 건너는 부분의 배선은 반드시 금속관 등으로 보호한 접속용 전선을 사용해서 길이에 충분히 여유를 주어야 한다.
- ⑦ 타일을 붙이거나 돌을 깔아서 마무리를 할 경우에는 마무리 작업시의 손상을 피하기 위해서 우선 발열선 유닛 위를 보호 타일로 매설 시공하고 초기 양생 후에 표면 마무리를 하면 작업도 용이하게 된다. 그리고 노면 마무리할 때의 맞춤새, 구배나 레벨의 먹물을 내는 실을 치는 지점못을 박은 것은 매설되고 있는 발열선을 손상시킬 위험성이 크기 때문에 특히 주의할 필요가 있다.

#### (4) 루프 히팅

- ① 발열선 유닛을 평지붕에 설치할 경우에는 시공의 기본 부분은 로드 히팅과 똑같다. 아스팔트 방수 구조에 매설할 경우에는 아스팔트의 온도에 주의해야 한다.
- ② 긴 철판으로 이은 루프 히팅에 제2종 발열선을 사용해서 시설할 경우는 밑바탕에 고정하는 발열선 유닛이 설치 후에 이동하지 않도록 잘 고정해야 한다. 발열선의 안정과 열효율의 개선을 위해서 밑바탕 위에 단열재를 깔아 넣는 구조가 유효하다.
- ③ 지붕을 잇는 작업중에 해머, 공구 등에 의해서 발열선에 강한 기계적 충격을 가하지 않도록 주의해야 한다.

#### (5) 파이프 라인 히팅 등

- ① 발열선을 부설하는 파이프 등의 표면을 청소할 때 파이프의 방청 처리 코팅류 등을 동시에 제거하지 않도록 주의해야 한다.
- ② 발열선은 손상을 받지 않도록 보온통이나 외장재 등으로 보호하여야 한다.
- ③ 유리솜이나 발포 플라스틱 등 연질의 보온재를 사용할 때는 파이프 등에 고정된 발열선을 금속 박판 등으로 덮어서 보온재와 직접 접촉하지 않는 구조로 할 것.

#### (6) 송·배수관 히팅

- ① 발열선은 관등의 표면에 잘 접촉하도록 시설한다.
- ② 발열선이 서로 접촉하거나 손상을 받지 않도록 보온재나 외장재로 보호하여야 한다.
- ③ 시설된 발열선이 손상을 받지 않도록 보온재나 외장재로 보호하여야 한다.
- ④ 송·배수관이나 빗물받이의 내부에 발열선을 시설할 때는 발열선이 서로 얽히거나 접촉하지 않도록 하여야 한다. 그리고 발열선을 단열성의 것으로 덮지 않도록 하여야 한다. 그리고 이 시설 방법은 물 이외의 것이 흐를 염려가 있는 경우에는 시설할 수 없다.

#### (7) 발열선의 접속 작업

발열선(히팅 케이블)과 접속용 전선(리드 케이블)의 접속, 그리고 드물게는 발열선과 발열선의 접속은 발열선에 의한 시설 시공상에서 가장 중요한 작업의 하나이다.

제2종 발열선 중에서 건전협 규격 고무·플라스틱 발열선에 대해서 표준적인 접속 방법을 작업 절차에 따라서 요점을 들면 다음과 같다.

① 히팅 케이블과 리드 케이블의 피복 벗겨내기

하층의 절연체 및 저항선(도체)에 상처를 내지 않도록 주의해서 각 접속 끝을 벗겨낸다. 그 치수는 도체 15mm, 절연체 20mm이다. 저항선이나 도체는 절대로 상처를 내지 않도록 주의하고 만약 조금이라도 외상을 주었을 때는 그 부분을 절단해서 다시 시공하여야 한다.

② 발열 저항선과 도체(발열선끼리일 때는 발열 저항선)의 접속

접속에는 겹쳐 맞춘 압착 슬리브를 사용해서 접속부는 발열선의 저항선이 리드 케이블 도체의 소선으로 둘러 쌓이도록 삽입하고 겹쳐 맞춘 부분에 압착 슬리브를 겹쳐서 압력규제 장치가 부착된 압착 공구로 압착한다. 압착 후는 소선의 외상 체크 및 접속부를 세게 잡아 당겨서 확인한다.

③ 절연 테이프 감기

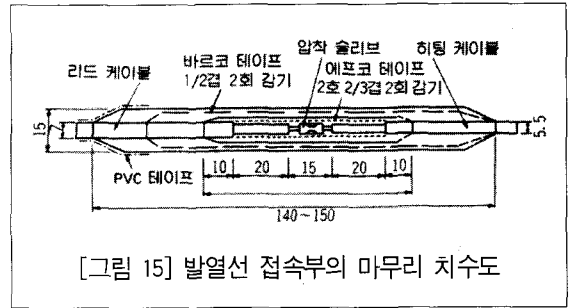
접속부의 절연은 전기 절연용 자기 융착성 테이프를 사용해서 리드 케이블 단말의 외장(시스)부 10mm의 위치부터 감기 시작해서 접착층을 안쪽으로 해서 테이프 폭이 약 10% 접게 될 정도로 잡아 당기면서 2/3 겹쳐 감기로 히팅 케이블 단말의 시스부 위 10cm에서 되돌려서 2층(1왕복)으로 감는다.

④ 외장 테이프 감기

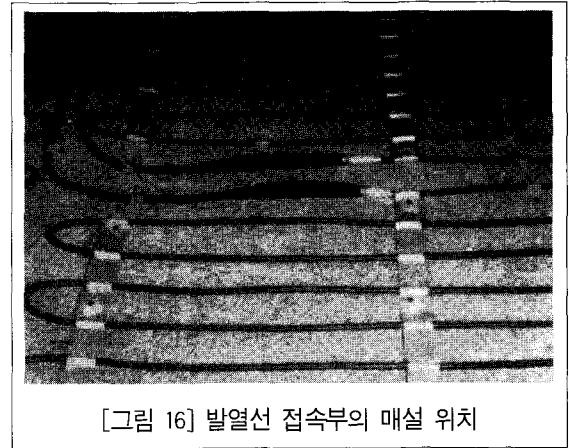
외장용 가류(加硫) 클로로플렌 고무테이프의 접착층을 안쪽으로 해서 리드 케이블측 단말의 시스부 위에서 감기 시작해서 1/2 겹쳐 감기로 해서 히팅 케이블측의 절연 테이프 감기 끝에서 25mm의 시스 위에서 되돌려서 2층 감기(1왕복)한다. 외장 테이프의 감기 끝 부분은 풀리는 것을 막기 위해서 PVC 접착 테이프를 여러번 감아서 막는다.

⑤ 이상의 절차로 접속 작업은 완료한다.

표준적인 접속부의 길이는 약 145cm, 외장 테이프 감기의 마무리 외경은 약 15mm이다. 발열선과



[그림 15] 발열선 접속부의 마무리 치수도



[그림 16] 발열선 접속부의 매설 위치

접속용 전선과의 접속에서 표준적인 마무리 치수를 [그림 15]에 표시한다.

접속부는 [그림 16]에 표시한 것 같이 반드시 난방 시설의 구역 내의 히팅 케이블·유닛과 같은 면에 고정해서 매설하도록 한다. 일반 전선관 공사와 같이 폴박스 안에 접속부를 끌어 넣으면 박스 안에 열원을 넣는 것이 되기 때문에 대단히 위험하다.

4. 유지 관리의 자세

전열을 이용하는 히팅 시설은 그 보수·관리에 너무 시간이 걸리지 않는 것이 특징이고 히팅설비의 주체가 되는 발열선 유닛은 보통의 사용 조건에서는 그 구축물과 같은 정도의 수명이고 전기적, 열적, 기계적으로도 우수한 특성을 유지할 수 있다. 그러나 시설의 자체 구조에 이상이 생기거나 설비의 구조가 부적당하거나 시공 방법에 착오나 부주의가 있었던 경우 또 유지관리가 불충분하면 고장이 생기는 원인이 된다.

특히 시공시에 발열선 등에 외상을 주고 그대로

매설해 버리면 사용 불능이 되는 경우도 있다.

그리고 히팅 시설의 대부분은 그 사용 시기에 계절성을 갖고 있어 1년 단위로 운전-정지가 반복되기 때문에 가동 계절 전에 보수 점검할 필요가 있다. 시설의 종별마다 유지 관리상의 주된 포인트를 정리하면 다음과 같다.

### (1) 플로어 히팅

발열선을 매설한 후에는 바닥면으로부터 손상을 주의하면서 못 등을 쳐서 박거나 정 작업은 금지시키고 중량물의 낙하 등도 엄금한다.

통전 개시 후에는 바닥 구조체의 표면 상태의 체크와 회로의 도통이나 절연 저항 측정 등의 전기 특성의 정기적인 점검을 한다. 그리고 하절 등 기온이 높은 시기의 통전은 금물이다.

### (2) 로드 히팅

#### ① 발열선 유닛의 내구성

발열 유닛의 사용 재료의 특성은 내후성이나 전기적, 열적으로도 우수한 강도를 갖고 콘크리트나 아스팔트 등의 포장재에 대해서도 안정되어 있다. 따라서 포장 파괴 등의 외부적인 요인이 가해지지 않는 한 반영구적인 특성을 갖고 있다.

#### ② 도로 포장의 유지

로드 히팅의 관리에서는 노면 포장 구조체의 유지가 포인트로 된다. 노면을 파고 깎는 등의 포장 파괴를 피하는 것은 물론이거니와 로드 히팅이 설치되고 있는 노상에서의 모닥불이나 뽕족한 중량물을 놓지 않는 것 등에 주의가 필요하다. 도로의 용도나 목적에 따라서 포장의 구조 설계가 되어 있으면 문제는 발생하지 않는다. 그러나 교통에 의한 노면 마모 등 포장면의 손상은 발열선 유닛 손상의 원인이 되기 때문에 반드시 조기에 보수나 오버레이를 하여야 한다.

그리고 시설의 노상에서 차량의 충돌 등 포장에 대한 영향이 예측되는 사고의 경우에는 즉시 통전을 정지시키고 설비를 점검하여야 한다.

#### ③ 전원 설비 기구의 관리

보수 관리는 일반 전기 설비와 같으나 가동 계절 전후에는 발열선 유닛의 전기 특성도 측정, 기록하여야 한다. 도체 저항 측정은 설계치를 기준

으로 하여 테스터로 절연 저항치는  $500V \cdot 100M \Omega$  정격 메가(절연 저항계)로 측정한다.

자동 제어 장치가 짜 놓여져 있는 시설에서는 각 조절계의 작동 상황의 체크와 설정치의 재확인한다. 또, 전기 개폐기 마그네틱의 접촉부에 먼지가 쌓여 있으면 소음을 내고 사고의 원인으로 되기 때문에 제거하여야 한다. 그리고 보수 점검에서 한여름 등 기온이 높을 때는 절대로 통전해서는 안된다. 발열선을 손상시키는 외에 포장체도 손상하는 원인이 된다.

운전 계절의 종료 후에는 반드시 주개폐기를 끊어 놓아야 한다.

### (3) 루프 히팅

평지붕의 시설에서는 로드 히팅에 준한 관리를 한다. 발열선이 표면재로 은폐되고 있는 일반주택 등의 철관을 이은 지붕에서는 눈이 흘러 내리는 것을 막는 장치를 설치할 때 위에서 강한 충격을 주거나 못질을 하지 않도록 주의할 필요가 있다.

그리고, 시즈에 들어갈 때 통전 개시 전에는 발열 유닛의 도통과 절연 저항의 측정에 의한 회로 체크와 지붕면을 점검해서 시설의 건전성을 확인하는 것과 동계 이외에는 절대로 통전하지 않도록 하여야 한다.

### (4) 파이프 라인 등이나 송수관의 히팅

이 종류의 히팅 설비도 발열선은 보온 구조체로 쌓여서 은폐된 상태로 시설되어 있기 때문에 발열체의 외관 등을 직접 체크할 수 없다. 보통 점검에서는 전원측에서 테스터가 도체 저항치의 측정 및 절연 저항계에 의한 도체와 금속 조직 또는 파이프(접지) 사이의 절연 저항의 체크를 하여 시설의 건전성을 확인한다.

### (5) 발열선 유닛 불량률의 보수

발열선 유닛에 단선이나 절연 불량 등이 발생했을 때 손상 장소가 확인되면 사고점을 부분적으로 깎아 내서 보수할 수 있다. 발열선 손상을 예측할 수 있는 외상이 구조체의 표면에 있을 때는 그 장소를 파거나 깎아 내서 확인할 수 있으나 외부에서는 손상점이 알 수 없는 경우에도 전기적

[표 7] 불량 유닛의 측정치에 나타나는 상황과 주된 발생 요인과의 관계

유닛의 도통	절연 저항치	추정되는 주된 불량률의 원인	장애점의 탐지, 확인 방법
있다	10MΩ 전후	접속부의 절연 처리 불량	로커라이즈법
	0 또는 불안정	발열선 등의 피복층에 외상	로커라이즈법
없다	∞	접속부의 도체 접속ミス	서치 코일법
	0 또는 불안정	발열체 등의 도체에 미치는 외상	2종류의 탐지법의 병용

인 계기를 사용한 로커라이즈법이나 서치 코일법에 의해서 사고점을 탐지해서 보수할 수 있다.

일반적인 보전 점검시의 절연 저항 측정은 원칙으로 500V · 100MΩ 정격 메가로 하지만 발열선 유닛에 불량이 발생했을 때의 절연 저항 측정은 사고점 체크의 정밀도를 보다 높이기 위해서 1,000V · 2,000MΩ 정격 메가를 사용한다.

또, 발열선 유닛 불량도 절연 저항치의 상태나 도통의 유무에 의해서 사고 원인을 어느 정도 추측할 수 있다. 불량 유닛의 측정치에 나타나는 상황과 주된 발생 요인과의 관계를 [표 7]에 표시한다.

① 로커라이즈법에 의한 사고점의 탐지

말레루프법에 의해서 발열선 유닛과 검측 저항체에서 휘트스톤 브리지를 형성하고 고압 전원측의 접촉자를 검측 저항선 위에 슬라이드시켜서 유닛 단말에서 장애점까지의 길이를 산출하는 방법이다. 절연 저항치가 저하되었을 때 불량 위치의 검출에 사용하나 길이의 산출 정도가 0.5m 정도이기 때문에 되돌림 배선에서는 점으로 특정하는 것이 곤란하다.

따라서 대략의 불량 위치로서 전후 부분을 깎아내어서 장애부를 확인하거나 더욱 서치코일법을 병용해서 사고 지점을 확인한다. 사고점이 2개소 이상의 경우에도 절연 저항이 큰 장소에서 검출

해 가며 순차적으로 회로를 분할한 상태에서 계측, 탐지를 되풀이하는 것으로 모든 불량부를 검출할 수 있다.

절연 불량 감소의 보수는 발열선의 접속 방법에

준하지만 발열 도체에 조금이라도 외상이 있을 때는 그 부분을 제거하고 리드 케이블의 절연층 부착 도체를 중간의 연결부에 넣어서 접속을 하여야 한다.

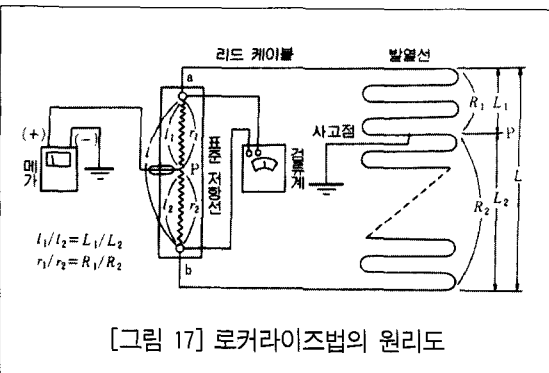
제2종 발열선을 사용한 유닛으로 1 유닛의 절연 저항치가 상온시에 100MΩ이하의 경우는 절연층에 주는 외상 등 어떤 장애를 갖는 가능성이 예상된다. 로커라이즈법의 원리도는 [그림 17]과 같다.

② 서치 코일법

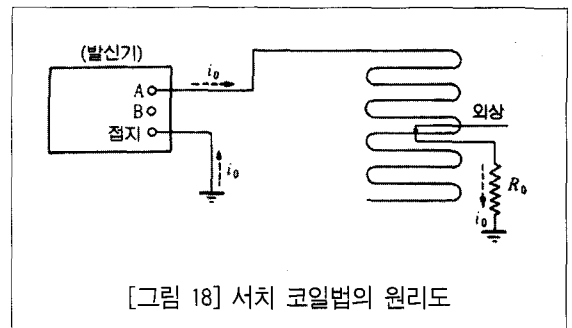
주파수 90kHz의 발신기와 이것을 서치 코일로 탐지하는 수신기로 구성된 케이블 장애점 탐지기로 발열선 유닛의 단선, 절연 불량 감소의 탐지에 사용한다.

발신기의 신호를 장애가 있는 발열선 유닛의 단자에서 보내 해당되는 유닛을 매설한 구조체의 표면에 전계를 서치 코일을 짜 넣은 수신기로 받아 수신 기호의 강약으로 사고점을 탐지한다. 수신기는 사고점 탐지의 작업성이나 탐지 정도를 높이기 위해서 출력 미터, 출력 레벨 표시 네온관 및 이어폰의 3개를 감지할 수 있고 강약의 판단을 쉽게 할 수 있도록 되어 있다.

서치 코일법의 측정 원리도는 [그림 18]과 같다. 그리고 이 방법은 유닛 위에 철망 등의 금속이 매설되고 있는 경우나 표면에 다량의 수분이 있는 경우 등에서는 탐지가 어렵게 된다.



[그림 17] 로커라이즈법의 원리도



[그림 18] 서치 코일법의 원리도