

	<p style="text-align: center;">공단 표준규격</p> <p style="text-align: center;">전기용 경동연선</p> <p style="text-align: center;">(Hard-drawn Copper Stranded Conductors)</p>	<p style="text-align: center;">KRSA - 3110 - R0</p> <p>제정 2017. 08. 00</p> <p>개정 . .</p> <p>확인 . .</p>
---	--	---

1. 적용 범위

1.1 적용 범위

이 규격은 가공전차선로 비절연보호선, 급전선 및 변전소, 구분소, 보조급전구분소, 병렬급전소 등의 인입·인출에 사용하는 전기용 경동연선(이하 ‘연선’이라 한다)에 대하여 적용한다.

2. 인용표준

KS C 3002 전기용 동선 및 알루미늄선 시험 방법

KS C 3102 전기용 경동선

KS C 3104 전기용 경동 연선

KS C IEC 60028 동 재료 전기저항의 국제표준

KS C IEC 60468 금속재료의 저항률 측정 방법

ES-8130-0001 전선포장용 목재리일

3. 필요조건

3.1 구성

(1) 소선의 재질은 경질의 전기용 동선(Hard-drawn Copper wire)으로서 표 1의 특성을 만족하여야 한다.

[표 1] 소선의 특성

특 성	성 능				
공칭지름	2.3mm	2.6mm	3.0mm	3.2mm	3.7mm
인장하중 (파괴하중)	185kgf [1.816kN]	235kgf [2.304kN]	279kgf [2.736kN]	350kgf [3.434kN]	463kgf [4.536kN]
전기저항	4.278Ω/km	3.384Ω/km	2.56Ω/km	2.210Ω/km	1.653Ω/km
도전율	97%이상	97%이상	97%이상	97%이상	97%이상

(2) 연선의 구성 및 특성은 표 2를 따른다.

[표 2] 연선의 구성 및 특성

특 성	성 능						
공칭단면적	38mm ²	75mm ²	100mm ²	150mm ²	200mm ²	250mm ²	261mm ²
연선구성 (소선수/소선지름)	7/2.6mm	7/3.7mm	19/2.6mm	19/3.2mm	19/3.7mm	61/2.3mm	37/3.0mm
인장하중 (파괴하중)	1,480kgf [14.51kN]	2,910kgf [28.54kN]	4,020kgf [39.42kN]	6,000kgf [58.84kN]	7,900kgf [77.47kN]	10,200kgf [100.03kN]	9,280kgf [91.00kN]
계산단면적	37.16mm ²	75.25mm ²	100.9mm ²	152.8mm ²	204.3mm ²	253.5mm ²	261.5mm ²
바깥지름	7.8mm	11.1mm	13.0mm	16.0mm	18.5mm	20.7mm	21.0mm
무 계	334.4kg/km	677.0kg/km	907.6kg/km	1,375kg/km	1,838kg/km	2,298kg/km	2,390kg/km
전기저항	0.484Ω/km	0.239Ω/km	0.178Ω/km	0.118Ω/km	0.088Ω/km	0.0715Ω/km	0.0713Ω/km

3.2 제조 및 가공

- (1) 연선은 소선을 고르고 긴밀하게 동심원으로 꼬아 합치고, 그 피치는 그 층의 소선의 개수에 따라 다음 표 3에 있는 배수(해당 층의 바깥 지름에 대한 배수) 이내에 있도록 한다. 내부 층의 피치는 외부 층보다 크지 않아야 하고, 차이는 0.5 이상이어야 한다.

[표 3] 소선 개수에 따른 피치의 제한

해당 층에 연합되는 소선의 개수	피치의 제한(해당 층 바깥 지름의 배수)
6	12 배에서 18 배 사이
12, 18, 24	10 배에서 14 배 사이
30	10 배에서 13 배 사이

- (2) 소선을 연선으로 꼬아 합칠 때 그 꼬임 방향은 각 층 서로 반대로 하되, 최외층에 있어서는 S 꼬임으로 한다.
- (3) 전선 구성 요소를 형성하는 연선의 용접은 가능한 한 피해야하며, 접속이 발생하는 경우 연선 작업을 할 때 각 소선의 접속은 15m당 1회를 초과해서는 안되며, 용접에는 금속 필러(filler)를 사용하지 않아야 한다.

3.3 성능 및 결모양

- (1) 연선의 결모양은 표면이 평활하고, 흠, 녹, 갈라짐 기타 실용상 해로운 결점이 없어야 하며 구성은 표 2와 같다.

- (2) 소선 및 연선의 최소 인장하중(파괴하중)은 표 1과 표 2의 값 이상이어야 한다.
- (3) 소선 및 연선의 전기적 특성은 표 1과 표 2에 명시된 값을 넘지 않아야 하며, 단위 길이 당 저항은 부록 A의 A.1과 같이 결정한다. 전기저항은 20℃에서의 값이다.
- (4) 연선의 공칭중량은 표 2와 같다.
- (5) 나머지 여기에 명시되지 않은 사항은 KS C 3104를 따른다.

4. 검사와 시험

4.1 검사의 분류

- (1) 겉모양 검사
- (2) 구조, 치수검사
- (3) 무게검사

4.2 시험 종류

- (1) 시험은 형식시험(qualification test), 검수시험(routine test)으로 구분하며, 각 시험은 아래와 같다.
- (2) 형식시험
제품의 초기 개발 및 제품에 영향을 줄 수 있는 설계 또는 재료의 변경 시 해당항목에 대하여 시행하고, 국가 공인시험기관에서 발행한 시험성적서를 제출하여야 한다.
- (3) 검수시험
형식시험에 합격한 규격의 제품에 한하여 제품의 제작이 완료되어 주문자에게 인수·인도되는 단계에서 실시한다.
- (4) 형식시험과 검수시험에서 시행하는 검사(시험) 항목은 표 4와 같다

[표 4] 검사(시험) 항목

No	시험(검사) 명	형식시험	검수시험	시험방법
1	겉모양 검사	○	○	4.3.1.의 (1)
2	구조, 치수	○	○	4.3.1.의 (2)
3	무게검사	○	○	4.3.1.의 (3)
4	인장하중 시험	○	○	4.3.1.의 (4)
5	도전율(전기저항) 시험	○	○	4.3.1.의 (5)

4.3 시험 및 검사 방법

4.3.1 형식시험

(1) 겉모양 검사

KS C 3002의 3.에 따른다. 시료 채취 수량은 표 5를 따른다.

[표 5] 시료 채취 수량

시험(검사) 대상 릴, 드럼 또는 코일의 수	시료 채취 수량 (릴 또는 드럼 또는 코일의 수)
$N \leq 10$	1
$11 \leq N \leq 25$	2
$26 \leq N \leq 90$	3
$91 \leq N \leq 150$	5
$151 \leq N \leq 280$	8
$281 \leq N \leq 500$	12
$501 \leq N \leq 1200$	20
$N \geq 1201$	30

(2) 구조, 치수검사

직경은 0.01mm 이내 정밀도를 가진 기구로 측정한다. 나머지는 KS C 3002의 4.에 따른다. 시료 채취 수량은 표 5를 따른다.

(3) 무게 검사

연선의 단위 길이 당 중량은 표 2와 같다. 표 2에 나타나 있지 않은 연선의 단위 길이 당 최소, 최대 중량은 부록 B와 같이 결정된다. 시료 채취 수량은 표 5에 따른다.

(4) 인장하중 시험

KS C 3002의 5에 따른다. 시료 채취 수량은 표 4를 따르며, 소선과 연선에 대하여 각각 시행한다.

(5) 도전율(전기저항) 시험

KS C 3002의 6에 따른다. 시료 채취 수량은 표 4를 따르며, 소선과 연선에 대하여 각각 시행한다.

4.3.2 검수시험

(1) 겉모양 검사

시험방법 및 결과는 4.3.1의 (1)에 의한다.

(2) 구조, 치수검사

시험방법 및 결과는 4.3.1의 (2)에 의한다.

(3) 무게 검사

시험방법 및 결과는 4.3.1의 (3)에 의한다.

(4) 인장하중 시험

시험방법 및 결과는 4.3.1의 (4)에 의한다.

(5) 도전율(전기저항) 시험

시험방법 및 결과는 4.3.1의 (5)에 의한다.

5. 표시 및 포장

5.1 표시

(1) 각 드럼은 다음과 같은 내용이 지워지지 않도록 충분히 내구성이 있는 영구적인 라벨을 각 측면에 표시한다.

- 제작자명
- 드럼번호
- 구매자명(발주기관명)/사용위치
- 연선 품명/규격
- 연선 길이
- 중량(총 중량/연선 중량)
- 제작년월
- 기타 발주처 요구사항

5.2 포장

(1) 포장방법은 KS T 1002에 의하며 세부사항은 인수·인도 당사자 간의 협의에 따른다.

부 록 A (표 준)

가. A.1 단위 길이 당 최대 저항 계산 방법

20℃에서 전선의 단위 길이 당 저항은 아래에서 설명하는 순수한 기하학적인 고찰과 음의 법칙을 이용하여 소선의 단위 길이 당 저항에서 추론한다.

용어 정의 ;

- r_c = 연입율 = $\frac{\text{층의 길이}}{\text{관련 층의 직경}}$
- i = 층 번호 (0층 = 중앙 소선, i = 외층에 대한 N)
- n_i = 전선 i 층의 연선 수량
- N = 중앙 소선 주위 층의 수량
- ϵ_i = 길이 1의 전선과 i 층에 대하여 연입에 따른 소선의 길이 증가
- D_i = i 층의 외경
- d = 전선을 형성하는 소선의 직경

층의 길이가 $r_c D_i = (2i+1)d r_c$, 평균 가선 경계가 $2\pi d \cdot i$ 인 i 층에서 소선의 길이 L_i 는 다음과 같다:

$$L_i = \sqrt{4\pi^2 d^2 i^2 + (2i+1)^2 d^2 r_c^2}$$

전선 길이가 층의 길이 $r_c \cdot D$ 라하고, i 층에서 소선의 길이를 L_i 라 하면, 케이블 길이가 1m 일 때, i 층의 소선의 길이는:

$$\frac{L_i}{r_c D_i} = 1 + \epsilon_i$$

가 되고 이는 다음과 같다:

$$1 + \epsilon_i = \sqrt{\frac{4\pi^2 d^2 i^2 + (2i+1)^2 d^2 r_c^2}{(2i+1)^2 d^2 r_c^2}} = \sqrt{1 + \left[\frac{2\pi i}{(2i+1)r_c} \right]^2}$$

i 층에서, 전선 1m에 해당하는 소선의 저항 r_i 은 다음과 같다:

$$r_i = \frac{P}{S} (1 + \epsilon_i)$$

여기서;

P : 소선의 고유 저항

S : 소선의 단면적

i 층의 연선이 전기적으로 병렬이므로, 1m 길이의 전선에 대하여 이 층에서 연선 n_i 의 저항은 다음과 같다:

$$\frac{r_i}{n_i}$$

그리고 전선 길이가 1m일 때, N개의 층을 갖는 전선의 저항 R_N 은 다음과 같다:

$$\frac{1}{R_N} = \sum_{i=0}^{i=N} \frac{n_i}{r_i} = \sum_{i=0}^{i=N} \frac{n_i}{\frac{P}{S}(1 + \epsilon_i)}$$

그리고:

$$R_N = \frac{P}{S} \cdot \frac{1}{\sum_{i=0}^{i=N} \frac{n_i}{(1 + \epsilon_i)}}$$

결론적으로, N개의 층을 갖는 전선의 1km당 전기 저항은 분배 계수로 저항 값을 나누어서 구성 소선의 1km당의 전기 저항으로 계산한다.

$$C_n = \sum_{i=0}^{i=N} \frac{n_i}{(1 + \epsilon_i)}$$

이 약수는 연입율을 감안한다.

표 A1은 많아야 4개 전선 층을 갖는 전선의 경우에 연입율의 최소, 평균 및 최대치에 대한 분배계수의 값을 보여준다.

단위 길이당 저항 값은 층 길이의 최소치로 계산한다.

표 A1 전선 특성
(연입울의 최소, 평균, 최대치에 대한 분배 계수)

N층의 수	연입울 r_c	$1 + \epsilon_i = \sqrt{1 + \left[\frac{2\pi N}{(2N+1)r_c}\right]^2}$	nN	분배 계수 $C_N = \sum_{i=0}^N (1 + \epsilon_i) n_i$	약 수 $\frac{n_i}{(1 + \epsilon_i)}$		
					연입울 r_c		
					최소	평균	최대
0	∞	1	1	$C_N = C_0$	1	1	1
1	12	1.015	6		5.910	—	—
	15	1.010	6		—	5.940	—
	18	1.007	6		—	—	5.960
				$C_N = C_1$	6.910	6.940	6.690
2	10	1.031	12		11.640	—	—
	12	1.022	12		—	11.750	—
	14	1.016	12		—	—	11.810
				$C_N = C_2$	18.550	18.690	18.770
3	10	1.036	18		17.380	—	—
	12	1.025	18		—	17.560	—
	14	1.018	18		—	—	17.680
				$C_N = C_3$	35.930	36.250	36.450
4	10	1.038	24		23.120	—	—
	12	1.027	24		—	23.380	—
	14	1.020	24		—	—	23.540
				$C_N = C_4$	59.050	59.630	59.990

계수 값은 소수점 4째 자리에서 반올림하였다.

나. A.2 0.2%에서 최대 시험 강도 계산 방법

A.2.1 경동선

경동선에 대한 최대 하중의 최소치는 다음 식으로 계산한다.

$$F_m = \frac{1}{10} R_m \chi S_{\text{nom}}$$

여기서:

- F_m = 최대 하중의 최소치 (daN) - 반올림한 근사치
- R_m = 경동선에 대한 경험적 규격 C 31-111의 표 3에 의해 주어진, 공칭 최대 인장 강도 (MPa)
- S_{nom} = 표 1의 4항에 주어진, 소선의 공칭 단면적 (mm²)

예를 들어, 소선의 직경이 1.5mm 라면:

$$F_m = \frac{442 \times 1.77}{10} = 78.23 \Rightarrow 78 \text{ daN}$$

0.2%에서 시험 강도에 주어진 지시 값은 최대 하중의 90%이다.

A.2.2 연선의 특성을 이용한 계산

케이블 최대 하중의 최소치는 구성 연선 인장 하중의 최소치에 이 연선의 수 및 표 A2에 주어진 계수를 곱하여 계산한다.

[표 A2] 계수 k

연선 수 (n)	계수 k (*)	
	소선 직경 $d \leq 25\text{mm}$ (*)	소선 직경 $d > 25\text{mm}$ (*)
7	0.95	0.93
19	0.95	0.90
37	0.90	0.88
61과 91	0.87	0.85

(*) 이 계수는 경험으로 결정되었다.

최대 하중은 케이블을 형성하는 각 연선에서 얻은 값을 더하고, 이것에 표 A2의 계수 k를 곱하여 얻는다.

$$F_{\min} = k \times \sum_{i=1}^{i=n} f_{\min_i}$$

여기서;

- F_{min} = 전선 최대 하중의 최소치(daN) - 소수점 10째 자리에서 반올림
- k = 표 A2의 계수
- f_{min} = 전선을 형성하는 소선의 최대 하중의 최소치(반올림 안함)

예를 들면 : 케이블의 단면적 376mm^2 , 직경 2.8mm 의 연선 수 61,

$$F_{min} = 61 \times 0.85 \times 243 = 12,600$$

부 록 B (표준)

B.1 케이블의 단위 길이당 중량 계산 방법

케이블의 단위 길이당 중량(kg/km)은 이 케이블의 1km에 대한 구성 연선의 중량을 합한다. A2에서와 같은 문자 기호를 취하여 다음을 얻을 수 있다:

- 1m의 케이블에서 i 층 연선의 길이 : $(1 + \epsilon_i)$
- i 층 연선의 중량 : $\delta \cdot s \cdot (1 + \epsilon_i) \cdot n_i$

여기서,

- δ : 비중
- s : 연선의 단면적 (일정한 단면적)
- n_i : i 층에서 연선의 수

- N층을 갖는 케이블 1m당 총중량 M_N 은 다음과 같다:

$$M_N = \delta \cdot s \cdot \sum_{i=0}^{i=N} (1 + \epsilon_i) \cdot n_i$$

결론적으로

- a) N층을 갖는 케이블의 단위 길이당 공칭 중량은 소선의 단위 길이당 공칭 중량에 표 B1의 평균 연입율로 계산된 계수 $\sum_{i=0}^{i=N} (1 + \epsilon_i) \cdot n_i$ 를 곱하여 계산한다.
- b) 예를 들어, N층을 갖는 케이블의 단위 길이당 최소 중량은 소선의 단위 길이당 최소 중량에 표 B1의 최대 연입율로 계산된 계수 $\sum_{i=0}^{i=N} (1 + \epsilon_i) \cdot n_i$ 를 곱한다.
- c) 예를 들어, N층을 갖는 케이블의 단위 길이당 최대 중량은 소선의 단위 길이당 최대 중량에 표 B1의 최대 연입율로 계산된 계수 $\sum_{i=0}^{i=N} (1 + \epsilon_i) \cdot n_i$ 를 곱한다.

[표 B1] 케이블 특성

(케이블 중량 계산용 승수 값)

N층의 수	연입율 r_c	$1 + \epsilon_i = \sqrt{1 + \left[\frac{2\pi i}{(2i+1)r_c}\right]^2}$	nN	분배 계수 $C_N = \sum_{i=0}^{i=N} (1 + \epsilon_i)n_i$	약 수 $(1 + \epsilon_i) \cdot n_i$		
					연입율 r_c		
					최소	평균	최대
0	∞	1	1	$C_N = C_0$	1	1	1
1	12	1.015	6		6.090	—	—
	15	1.010	6		—	6.060	—
	18	1.007	6		—	—	6.040
				$C_N = C_1$	7.090	7.060	7.040
2	10	1.031	12		12.370	—	—
	12	1.022	12		—	12.260	—
	14	1.016	12		—	—	12.190
				$C_N = C_2$	19.460	19.320	19.230
3	10	1.036	18		18.640	—	—
	12	1.025	18		—	18.450	—
	14	1.018	18		—	—	18.330
				$C_N = C_3$	38.110	37.770	37.560
4	10	1.038	24		24.920	—	—
	12	1.027	24		—	24.640	—
	14	1.020	24		—	—	24.470
				$C_N = C_4$	63.030	62.410	62.030

계수의 값은 소수점 4째 자리에서 반올림하였다.