	<p style="text-align: center;">공단 표준규격 마그네슘 동합금 연선 116mm²</p>	<p>KRSA-3076-R1 제정 2014. 12. 26. 개정 확인 2017. 11. 13.</p>
---	---	---

1. 적용 범위 및 분류

1.1 적용 범위

이 규격서는 전차선로에서 조가선으로 사용되는 마그네슘 동합금 연선(이하 “조가선”이라 한다) 및 피복 마그네슘 동합금 연선(이하 “피복조가선”이라 한다)에 대하여 적용한다.

2. 적용 자료

2.1 적용 자료

KS C IEC 60468 금속 재료의 저항율 측정 방법

KS C IEC 60502-2 정격 전압 1 ~ 30 kV 압출 성형 절연 전력 케이블 및 그

부속품-제2부: 케이블 (6kV 및 30kV)

KS C 3002 전기용 동선 및 알루미늄선 시험 방법

KS C 3104 전기용 경동 연선

KS C 3004 고무 플라스틱 절연전선 시험 방법

KS C IEC 60811-1-1 전기 케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통 시험 방법 -

제1부 시험 방법 총칭-제1절 : 두께 및 완성품 바깥지름 측정-기계적인 특성 시험

KS C IEC 60332-1 전기 케이블의 난연성 시험-제1부 : 절연 전선 또는 케이블의 수직

배치 시험

ISO 6892 금속재료의 인장시험

2.2 약어의 정의

IACS : International Annealed Copper Standard(국제 연동규격)

EN : European Norm(유럽 표준)

3. 필요 조건

3.1 재료

1) 연선의 화학적 성분은 IACS 도전율에 따라 분류되며 [표 1]을 만족하여야 한다.

[표 1] 재료

마그네슘(Magnesium) 함량	기타 불순물	IACS 도전율(기준온도 20℃)
0.2 ~ 0.3 %	최대 0.03 %	72 % 이상

- 2) 절연체는 고무(elastomer)에 기초한 재질이어야 하고, 할로겐이 포함되지 않아야 한다 (Halogen-free)

3.2 형태

- 1) 연선의 구성은 [표 2]와 같아야 한다.

[표 2] 연선의 구성

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
명칭	구성		직경	단면적	20℃에서 단위길이 당 저항	단말금구 부착시 파괴하중	단위길이 당 중량	전선 분리 후 소선 최대 하중 최저 한계		연선 파괴 하중
	연선 수	연선의 직경								
mm ²	가닥	참고치 mm	참고치 mm	참고치 mm ²	최대치 Ω/km	최저한계 N	참고치 N/km	평균치 N	최저치 N	최저치 N
116	37	2.00	14.0	116.24	0.216	66,900	102,900	1,950	1,810	72,100

주1) 6, 7, 8, 9, 10 및 11항의 값은 소수점 4째 자리에서 반올림하였다.

2) 연선 및 소선의 공칭 직경과 관련되어 허용되는 오차는 직경이 10mm 이상인 경우는 ± 2%, 10 mm 미만일 경우는 -0.1mm, +0.2mm이다.

- 2) 피복조가선의 구성은 부도1 및 표 3과 같다.

[표 3]

공칭단면적	직경(최소-최대)	도체(심) 직경	도체(심) 구성	단위 중량
116.24mm ²	27.5 ~ 29.8mm	14mm	37 x 2.0mm	1.78kg/m

- 3) 절연체와 내부 반도체막 및 시스(외피)는 [표4]의 두께를 만족하여야 하며, 검은색이어야 한다.

[표 4]

절연층 두께		시스(외피) 두께		압출성형 내부 반도체막	
최소 평균	특정 지점에서 최소	최소 평균	특정 지점에서 최소	최소 평균	특정 지점에서 최소
4.80mm	4.22mm	1.70mm	1.43mm	0.40mm	0.25mm

- 4) 차폐 테이프 및 분리 테이프(반도체체)의 두께는 평균 0.1mm 이상이어야 한다.
- 5) 외부 시스(외피)는 검은색이어야 한다.
- 6) 도체(심)의 연선 및 소선의 공칭 직경과 관련되어 허용되는 오차는 직경이 10mm 이상인 경우는 $\pm 2\%$, 10mm 미만일 경우는 -0.1mm, +0.2mm이다.

[표 5] 연입율

관련 층에서의 연선 수(n)		연입율 $\langle r_c \rangle$
일반적인 경우	6	$12 \leq r_c \leq 18$
	12 또는 18	$10 \leq r_c \leq 14$

- 7) 연선으로 된 여러 층을 갖는 전선에서, 어떤 특정 층의 연입율은 바로 아래층의 그것을 넘지않아야 하고, 차이는 0.5 이상이어야 한다.
- 8) 연선의 꼬임 방향은 각 층 서로 반대로 하되, 최외층에 있어서는 S 꼬임으로 한다.
- 9) 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 전기적 특성은 [표 2]의 6항에 명시된 값을 넘지 않아야 하며, 단위길이당 저항은 부록 A의 A.1과 같이 결정한다.
- 2) 연선의 파괴 하중은 [표 2]의 9항 및 11항의 값 이상이어야 한다.
- 3) 연선의 공칭 중량은 [표 2]의 8항과 같다.
- 4) 결모양은 표면이 평활하고, 흠, 녹, 갈라짐 기타 실용상 해로운 결점이 없어야 한다.
- 5) 나머지 여기에서 명시되지 않은 사항은 KS C 3104 (전기용 경동 연선)를 따른다.

3.3.1 피복연선 정격 전압 및 절연 성능

피복연선의 절연 성능은 KS C IEC 60850에서 규정한 AC 60Hz, 공칭 전압(Vn) 25kV 시스템에 대하여 허용되는 최고 전압에 견디는 절연 성능을 가져야 하며, AC 60Hz 40 kV를 30분간 인가하였을 때 절연이 유지되어야 한다.

3.3.2 허용 최고 온도

피복연선의 허용 최대 온도는 90℃이다.

3.3.3 절연층(절연체)의 기계적 성질

[표 6]

인장 강도(최소치)	신장률(최소치)
$\geq 12.5 \text{ N/m}^2$	$\geq 200 \%$

3.3.4 시스(외피)의 기계적 성질

[표 7]

인강 강도(최소치)	신장률(최소치)	절연층과의 밀착성 (최소치)
$\geq 12.5 \text{ N/m}^2$	$\geq 150 \%$	$\geq 500 \text{ N}$

3.3.5 피복연선의 난연성 특성

KS C IEC 60332-1에 따라 시험하고 KS C IEC 60332-1의 8.3에 따라 시험 결과 평가를 하였을 때 KS C IEC 60332-1의 9.의 요구 특성을 만족하여 합격되어야 한다.

4.1 검사

4.1.1 검사의 분류

1) 겉모양 검사

KSC 3002의 3.에 따른다. 시료 채취 수량기준은 [표 8]를 따른다.

[표 8] 시료 채취 수량기준

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, 치수 검사

직경은 0.01mm 이내 정밀도를 가진 기구로 측정한다. 나머지는 KSC 3002의 4.에 따른다. 시료 채취 수량은 [표 8]에 따른다.

4.2 시험

4.2.1 시험의 분류

- 1) 시험은 시제품 또는 첫 생산품에 시행하는 형식시험, 품질 보증 절차의 일환으로 권장하는 연속시험, 제품의 인도시기에 인수 과정에서 시행하는 검수시험으로 분류된다.
- 2) 검수시험은 구매자의 선택에 따라 [표 2] 및 [표 6], [표 7]에서 주어진 각 시험의

전부 또는 일부를 포함하여 시행하며 모든 시험항목에 합격해야 한다. 인수시험의 방법에 대하여 계약사항에 별도로 포함되지 않았다면, 모든 시험은 제작자의 공장에서 시행해야 한다.

3) 형식시험

제품의 초기 개발 및 제품에 영향을 줄 수 있는 설계 또는 재료의 변경 시 해당 항목에 대하여 시행하고, 국가 공인 기관에서 발행한 시험성적서를 제출하여야 한다.

[표 9] 연선에 시행되는 시험 및 인증

시 험	인증시험	인수시험	관련 규정	확 인
단위 길이당 저항	○	○	표 2	부록 B.1
단말금구 부착 시 파괴 하중	○		표 2	부록 B.2.2
중 량	○	○	표 2	부록 B.3
전선 직경	○	○	표 2	부록 B.4
연입 방향	○	○	3.3의 8)	부록 B.4
연입을	○	○	표 5	부록 B.4

[표 10] 전선 분리 후 연선에 시행하는 시험 및 인증

시 험	인증시험	인수시험	관련 규정	확 인
최대 계산 하중	○	○	표 2	부록 B.2.3

※ 시료채취 : 시험은 선정된 각 드럼에서 채취한 부분의 모든 연선에 시행

[표 11] 연입 전, 전선의 것과 동일한 연선에 시행하는 시험 및 인증

시 험	인증시험	인수시험	관련 규정	확 인
용접 또는 납땜처리	○		3.3의 9)	부록 B.6

※ 시료채취 : 시험은 연입에 사용된 것과 같은 소선의 각기 다른 릴에서 채취한 3개의 연선에 시행

4) 피복연선 형식시험과 검수 시험에서 시행하는 검사(시험) 항목은 다음 표와 같다.

[표 12]

No.	시험(검사) 명	형식시험	검수시험	합격 품질 수준
1	겉모양 검사	○	○	3.2.2을 만족하여야 한다.
2	구조, 치수 검사	○	○	3.2.2 및 3.2.3을 만족하여야 한다.
3	도체(심) 인장 하중 시험	○	○	3.1 및 3.3.3을 만족하여야 한다.
4	도체(심) 전기 저항 측정 시험	○	○	3.1 및 3.3.3을 만족하여야 한다.
5	절연체 및 시스의 기계적 성질 시험	○	○	3.3.3와 3.3.5를 만족하여야 한다.
6	시스의 밀착성 시험	○	○	3.3.4를 만족하여야 한다.
7	피복조가선 완성품의 절연내력 시험	○	○	3.3.1을 만족하여야 한다.
8	피복조가선 완성품의 난연성 시험	○	○	3.3.5을 만족하여야 한다.

※ 피복조가선의 난연성 시험 방법은 KS C IEC 60332-1에 따른다. 시료 채취 수량은 표 8에 따른다.

4.2.2 시험방법

시험은 KS C 3002 연선의 특성검사에 따라 시행한다

5. 표시 및 포장

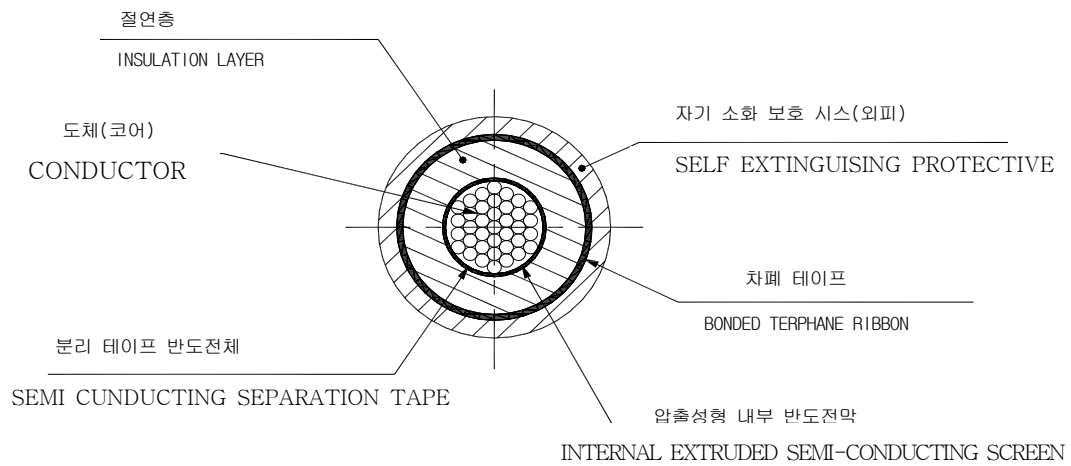
5.1 표시

- 1) 내부표시 : 제품의 사용상 지장이 없는 곳에 쉽게 지워지지 않는 방법으로 품명, 제작년월, 제작자명 또는 그 약호를 표시 하여야 한다.
- 2) 외부표시 : 외부 포장 표면의 적당한 곳에 품명, 제작년월, 제작자명 또는 그 약호, 수량 표시 하여야 하며, 기타 필요한 추가사항은 인수·인도 당사자 간의 협정에 따라 정할 수 있다.

5.2 포장

포장 방법 및 세부 사항은 인수인도 당사자 간의 협정에 따르되 KS T 1002(수송 포장 계열 치수)에 준한다.

[부도 1]



부 록 A (표 준)

가. A.1 단위 길이당 최대 저항 계산 방법

20℃에서 전선의 단위 길이당 저항은 아래에서 설명하는 순수한 기하학적인 고찰과 옴의 법칙을 이용하여 소선의 단위 길이당 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[개]
- N = 중앙 소선 주위 층의 수량[개]
- ϵ_i = 길이 1의 전선과 i 층에 대하여 연입에 따른 소선의 길이 증가[mm]
- D_i = i 층의 외경[mm]
- d = 전선을 형성하는 소선의 직경[mm]

층의 길이가 $r_c \cdot D_i = (2i+1)d \cdot r_c$, 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 도체 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 연선전 소선의 특성을 사용하여 부속품을 포함하는 파괴 하중의 계산 방법
멀티-소선과는 별도로, 부속품을 갖는 전선의 최대 하중의 최소치는 표 A2의 구성 소선의
최대 하중의 최소치에 소선수와 표 A2의 계수를 곱하여 계산한다:
멀티-소선의 부속품을 포함한 연선의 최대 하중의 최소치는 경험으로 결정되었다.

표 A 2 도체 특성
(전선 중량 계산용 계수 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 $C_N = \sum_{i=0}^N (1 + \epsilon_i)n_i$	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 규격 소수점 4째 자리에서 반올림하였다.

표 2 계수 k

소선 수 (n)	계수 k (*)	
	소선 직경 $d \leq 2.5\text{mm}$	소선 직경 $d > 2.5\text{mm}$
	(*)	(*)
7	0.95	0.93
19	0.95	0.90
37	0.90	0.88
61	0.87	0.85

(*) 이 계수는 경험으로 결정되었다.(NF)

최대 하중은 연선을 형성하는 각 소선에서 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} = 연선 최대 하중의 최소치(daN) - 소수점 10째 자리에서 반올림
- k = 표 A2의 계수
- f_{\min} = 연선을 형성하는 소선의 최대 하중의 최소치(반올림 안함)

예 : 연선의 단면적 116mm², 도전을 72%에서 직경 2.0mm의 소선 수 37,

$$F_{\min} = 37 \times 0.9 \times 200.9 = 6,690 daN$$



부 록 B. 연선의 특성 검사

가. B.1 단위 길이당 저항

1m 길이의 시험편에 대한 저항을 측정하여 확인한다.

이 측정은 기온 10℃~30℃ 사이에서 일반적 방법 중 하나에 따라 시행한다.

결과는 다음 공식에 따라 20℃의 값으로 환산한다:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha_{20}(t - 20)}$$

여기서 ;

- R_{20} : 20 ℃에서의 단위 길이당 저항
- R_t : t ℃에서의 단위 길이당 저항
- t : 시료의 온도
- α_{20} : 온도에 따른 저항 변화 계수

나. B.2 연선의 최대 하중

연선의 최대 하중은 아래에 기술된 세 가지의 방법 중 한 가지로 확인할 수 있다.

1) B.2.1 연선의 인장시험 (긴 구간에 대한 인증)

구매자가 사용하는 부속품을 부착한 연선의 적합성을 보증하기 위하여, 인도된 연선은 설치에 사용하는 부속품과 함께 인장시험에 합격해야 한다.

구매자는 다음 사항을 수행해야 한다:

- 사용하는 부속품의 정의(설계도) 및 필요할 경우, 설치 조건 제공
- 필요할 경우, 필요한 파괴 조건(예를 들면, 부속품 외부 파괴)을 명시함으로써 단말금구를 사용하여 고정시킬 때, 연선이 견뎌야 하는 파괴 하중 제공

관리는 최소한 오차 범위 1%의 적절한 기구를 사용하여 시행한다. 이는 최소한 외경의 200배, 최소한 길이 3.5m 연선의 자유 길이에 대한 파괴시험을 포함한다. 구매자가 규정하는 단말 커넥터를 사용한다. 연선을 [표 2]의 7항의 최대 파괴 하중의 60~65% 범위에서 한 시간 동안 당긴다. 견인력은 첫 번째 소선이 파괴될 때까지 점차적으로 증가시킨다. 그 후 전체 연선이 파괴될 때까지 시험을 계속한다.

생산 적합성은 인장 하중이 계약상 파괴 하중에 도달하기 전 소선이 파괴되거나 미끄러지는지를 고려하여 하중 값과 첫 번째 소선을 일으키는 요구치를 비교하여 확인한다. 만약 소선이 커넥터로부터 1cm 이내에서 파괴되거나 실제로 그 안에서 일어난다면, 새

로운 시험을 총 3회까지 실시할 수 있다.

연선에 대한 부속품의 영향을 고려하여, 이 사양서의 표 1의 7항의 값 이전에 연선이 파괴되는 것은 허용할 수 있다. 그러나 첫 번째 파괴는 이 값의 95% 이하에서 일어나지 않고, 완전한 연선은 이 값 이하에서 파괴되지 않아야 한다.

이 생산 인증 시험은 연선의 특성을 향상시킬 수 있는, 생산 공정이 변경될 때마다 매번 반복한다. 이는 차후 제작 관리 감독의 틀 안에서 계획되어질 수 있다.

2) B.2.2 전선 인장시험 (짧은 구간)

시험은 인장에 의한 전선 길이의 파괴와 얻은 최대 하중의 측정으로 이루어진다.

시험은 적어도 1m 이상의 길이에 시행한다. 연선은 주조물 설치(cast mounting) 패드 또는 부속품으로 기계에 부착한다.

3) B.2.3 전선 분리 후 각 소선에서 얻은 값을 사용하여 계산된 할당된 파괴 하중

할당된 파괴 하중은 전선 분리 후 연선을 형성하는 각 소선에서 얻은 값을 더하여 구한다.

다. B.3 연선의 중량

필요할 경우, 1m로 축소된 연선 시료에 대한 중량을 측정하여 확인한다. 측정 오차는 0.5% 이하이어야 한다.

라. B.4 연선 구성 및 연입을

확인 사항은 다음과 같다:

- 연선 직경
- 여러 층의 연입 방향
- 층 길이
- 연선 직경

마. B.5 연선의 불가분성

연선의 끝을 굴렁쇠로 받쳐서, 적어도 10m의 전선을 땅에 펼친다. 굴렁쇠를 제거하였을 때, 연선은 제자리에 놓여 있거나 손으로 다시 제자리에 놓을 수 있을 만큼 약간만 움직여야 한다.

바. B.6 용접 방법

연선의 구성에 사용되는 것과 동일한 직경과 구성의 3개의 소선 시험편을 제작자가 사용하는 것과 같은 방법을 사용하여 용접한다.

용접 지점에서 소선의 파괴 저항은 경험적 규격 C 34 110 1의 표 1에 주어진, 적어도 연입전 전체 소선의 최대 파괴 하중의 최저 한계의 50%이어야 한다.

확인용 규격 ISO 6892 규정에 따라, 두 표시에서부터 등거리의 용접으로, 표시간 길이가

200mm인 소선의 시험편에서 시행한다.

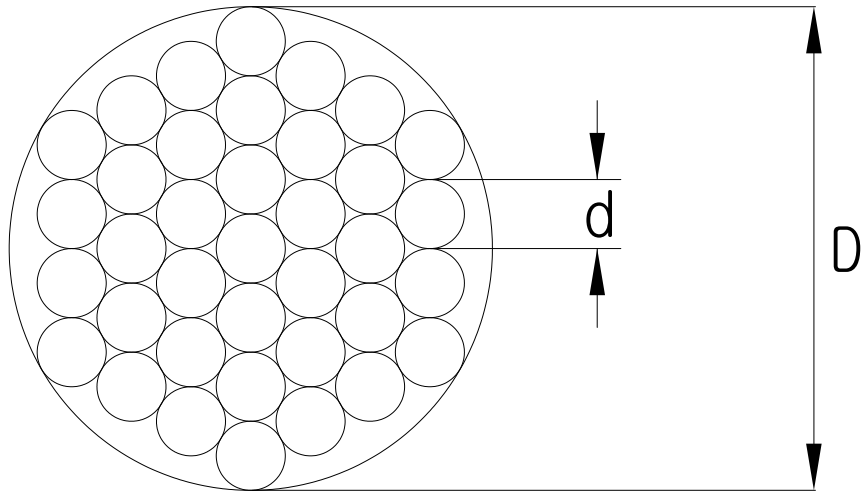
※ C 34 110 : NF

사. B.7 용접개소 시험

용접 또는 납땜개소에 대한 확인 및 시험은 비파괴검사를 통해 확인하고, 용접 또는 납땜개소는 가능한 축소하도록 한다.



〈부도 1〉



기 호	표준 외경(mm)
d	2.0
D	14

품 명	규 격
마그네슘 동합금 연선	Cu - Mg 116mm ²