

와이어 로프의 破斷特性에 關한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Fracture Characteristics of Wire Ropes

김 종 현*·이 근 오*·태 순 호*

Jong-Hyeon Kim·Keun-Oh Lee·Soon-Ho Tae

ABSTRACT

This study examines fracture characteristics of wire rope of 6×37+FC 14mm B degree, Which has been widely used for the strength support for machinery, cranes and shipping. The examination is based on the following experimental conditions. Firstly, this study analyzes the effect of the strength of wire rope. When number of broken wires is occurring at the level of 5%, 10% and 15% degree respectively in the following two cases : 1) Case of broken down to each strand equally. 2) Case of broken down to one strand only. Secondly, this study analyzes the effect of corrosion on the strength of wire rope. Corrosion times are 72hours, 144hours and 216hours corrosion respectively under following conditions : 1) Case of only a corrosion without wire breaking. 2) Case of corrosion after 5% degree wire breaking to each strand equally.

Some outcomes of these experiment are as follows. 1) From the of tension test, We can find that the ratio of strength reduction case of wire broke down to one strand concentrically is greater than that ratio case of broke down to each strand equally. 2) From the corrosion test, We can also find that the ratio of strength reduction case of corroded after 5% degree wire breaking to each strand equally is greater than that ratio case of corroded without wire breaking. 3) After comparing theoretical fracture load of wires with experimental fracture load of wires, we can find the fracture load of the case of broken down to each strand equally is most similar to theoretical fracture load. 4) It is proposed that safety rules on wire rope in the industrial safety and healthy labor of law have to change “breaking over 10% of number of wires in one strand of wire rope(excluded filler wire)” has to be replaced by “breaking over 10% of number of all wires in all strand of wire rope(excluded filler wire)”

* 서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

와이어 로프는 기계, 건설, 선박, 어업, 임업, 광업, 삭도, 엘리베이터 등 전산업에 걸쳐 광범위하게 물체의 운송 및 강도부재에 사용되고 있다. 이러한 와이어 로프의 소선은 일반적인 기계부품과는 달리 열처리 후 수회의 냉간인발 가공과정을 통하여 강철의 조직을 입상조직에서 섬유상조직으로 변화시키기 때문에 다른 어떤 금속 보다도 강도와 인성이 우수하다. 이처럼 이용도가 매우 광범위하고 유용한 와이어 로프는 인장력과 반복하중, 주위환경에 의한 부식, 진동 등을 받게되며 일정한 거리의 왕복구동에 따라 국부적인 마모와 단선 등의 손상이 유발된다. 더우기 최근 건설경기의 부흥과 건물의 고층화에 따라 와이어 로프를 이용한 건설중장비의 사용이 증가되고 있는 실정이다. 따라서 이들 와이어 로프의 손상정도는 안전사고와 직결될 수 있는 매우 중요한 변수이다. 그러나, 이에 반하여 현재 국내의 건설현장 및 엘리베이터를 비롯한 산업용 와이어 로프는 매년 그 사용이 현저히 증가함에도 불구하고 이 분야에 대한 조사, 연구가 미흡할 뿐 아니라 여기에 관한 참고자료조차 부족한 실정이므로 와이어 로프로 인한 안전사고 방지에 관한 연구를 하는데 막대한 지장을 초래하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 와이어 로프 사용 중 안전사고를 발생시킬 수 있는 위험요인인 단선 및 부식에 대하여 크레인, 기계용, 선박용 등의 강도부재로 널리 이용되고 있는 6×37+FC B종 10mm~30mm 와이어 로프 중 실험의 용이성을 위하여 14mm를 선택하여 단선 및 부식이 강도에 미치는 영향을 실험을 통하여 고찰하였다.

2. 실험

2.1 재료

본 실험에 사용한 재료는 KSD 3559(경강선재)에 있는 HSWR 72B로서 실험용 와이어 로프의 사양은 Table 1과 같고 재료의 화학성분은 Table 2와 같다.

Table 1 Specification of testing wire rope

Structure	Twisting	Rope diameter (mm)	Wire Diameter (mm)		Fracture load (t)	Weight (Kg/m)	Galvanizing	Remark
			δ ₀	δ ₁				
6x37+Fc	Right lay Regular lay	14	0.8	0.66	11.3	0.704	UG	Machinery Crane Shipping

Table 2 Chemical composition of testing material

Material	Chemical composition(%)				
	C	Si	Mn	P	S
HSWR 72 B	0.69-0.76	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 이하	0.030 이하

2.2 실험 방법

2.2.1 인장실험

(1) 실험조건

시험편의 인장실험을 위하여 Table 3의 각 스트랜드별 단선방법에 따른 단선수로 실험하였으며, 소선의 단선은 시험편의 중간위치에서 단선하였다.

Table 3 Number of broken wires at each strand of specimens

Strand Number of broken wires	Strand					
	1	2	3	4	5	6
5% degree broken down to each strand equally	2	2	2	2	2	1
10% degree broken down to each strand equally	4	4	4	4	3	3
15% degree broken down to each strand equally	6	6	6	5	5	5
5% degree broken down to one strand concentrically	11					
10% degree broken down to one strand concentrically	22					
15% degree broken down to one strand concentrically	33					

(2) 실험방법

시험편의 인장실험을 위하여 시험편 양단을 KS D 3514에 따라 단선부가 시험편 중앙에 오도록 고정하고 물림부 간격이 1.2m, 인장시험기의 크로스

헤드 속도를 10mm/min으로 실험하였다.

2.2.2 부식실험

시험편의 부식실험을 위하여 KSD 9502(염수분무 시험방법)에 따라 실험한 후 인장실험 하였다.

(1) 실험조건

시험편 중 단선이 없는 것과 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선된 시험편을 대상으로하여 염수공급이 계속되는 상태에서 시험편을 각각 72시간, 144시간, 216시간 동안 부식시킨다.

(2) 실험방법

부식실험 종료후 24시간이 경과한 후 2.2.1절의 인장실험방법에 따라 인장실험을 한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 파단하중

3.1.1 인장실험

Fig. 1은 시험편의 소선을 A(각 스트랜드에 균등하게 단선) 및 B(한 스트랜드에 집중하여 단선)의 방법으로 5%, 10%, 15% 단선했을 때의 파단하중의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 기준파단하중(단선, 부식없는 경우의 파단하중)은 12.4ton이고, 실험결과 시험편 A는 5%, 10%, 15%의 단선에 대하여 각각 11.9ton, 11.4ton, 10.7ton을 나타내

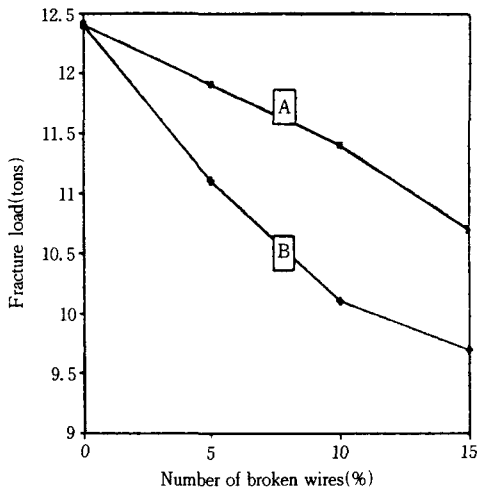


Fig. 1 Fracture load(Tensile test)

- A : broken down to each strand equally
- B : broken down to one strand concentrically

고, 시험편 B는 각각 11.1ton, 10.1ton, 9.7ton을 나타낸다. 시험편 B는 시험편 A에 비하여 파단하중의 급격한 저하를 보이는데 이는 로프의 단선이 집중된 스트랜드에 하중이 작용하면 응력이 증가되어 그 스트랜드는 즉시 파단되고 나머지 스트랜드가 전체하중을 받으므로 강도저하가 심화된 결과이다.

3.1.2 부식실험

Fig. 2는 시험편을 C(단선없이 부식) 및 D(각 스트랜드에 균등하게 5% 단선 후 부식)의 방법으로 72시간, 144시간, 216시간 부식 후 파단하중의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 기준파단하중은 12.4ton이고, 시험 C는 72시간, 144시간, 216시간에 대하여 각각 11.3ton, 10.5ton, 10ton을 나타내고, 시험 D는 각각 10.3ton, 9.8ton, 9.5ton을 나타내고 있으며 이는 부식시간이 경과함에 따라 강도감소가 현저하게 진행되고 있음을 보여준다. 시험 D는 시험 C에 비하여 급격한 강도저하를 보이는데 이는 단선과 부식의 2가지 요인이 복합적으로 작용할 때 강도저하가 더 큼을 알 수 있다. 시험 C, D 모두 처음 72시간에서 부식으로 인한 강도감소가 가장 큰 것으로 나타났다.

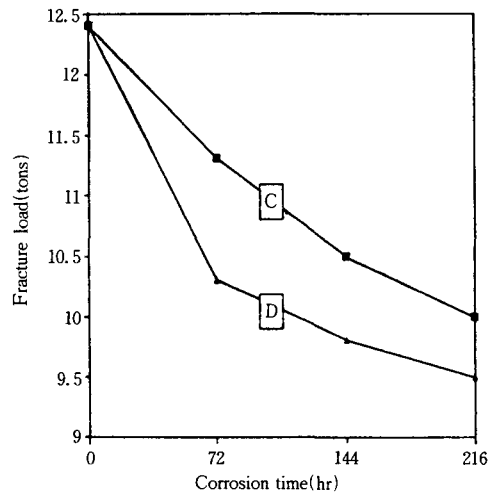


Fig. 2 Fracture load(corrosion test)

- A : corrosion without wire breaking
- B : corrosion after 5% degree wire breaking to each strand equally

Fig. 3은 단선과 부식의 2가지 요인이 복합적으

로 작용할 경우 로프의 강도저하에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 실험결과, 기준파단하중에 대하여 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선한 I의 경우 0.5ton의 파단하중감소를 나타내고, 순수부식 J의 경우 72시간, 144시간, 216시간에 대하여 각각 1.1ton, 1.9ton, 2.4ton의 파단하중감소를 나타내고, 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선 후 부식한 K의 경우는 72시간, 144시간, 216시간에 대하여 각각 2.1ton, 2.6ton, 2.9ton의 파단하중감소를 나타내었다. 여기서, 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선과 순수부식을 합한 파단하중감소 보다 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선 후 부식한 파단하중의 감소가 더 큼을 알 수 있는데 이는 단선과 부식의 복합작용으로 강도저하가 심화되었으며 부식시간이 경과함에 따라 그 경향은 점차 줄어들음을 알 수 있다.

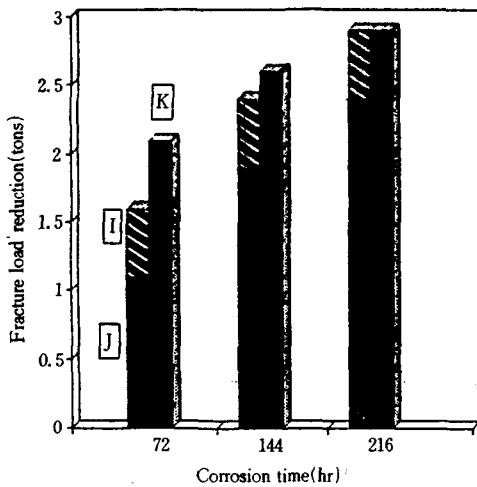


Fig. 3 Reduction ratio of strength in broken wire and corrosion

- I : 5% degree broken down to each strand equally
- J : corrosion without wire breaking
- K : corrosion after 5% degree wire breaking to each strand equally

3.2 기준파단하중에 대한 강도감소율

3.2.1 인장실험

Fig. 4는 시편의 소선을 (3.1.1)의 조건으로 단선 했을 때의 기준파단하중에 대한 강도감소율을

나타낸 것으로 강도감소율은 아래식에 의하여 구하였다.

$$\frac{P_o - P_i}{P_o} \times 100 \quad (i=0\%, 5\%, 10\%, 15\%)$$

시편 A는 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 4%, 8.1%, 13.7%를 나타내고, 시편 B는 각각 10.5%, 18.5%, 21.7%의 강도감소율을 나타내었다.

현 산업안전보건법의 와이어 로프 교체기준인 “와이어 로프의 한 가닥에서 소선의수가 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)”은

- (1) 와이어 로프의 한 스트랜드에서, 소선의수가 한 스트랜드 소선수의 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)
- (2) 와이어 로프의 한 스트랜드에서, 소선의수가 와이어 로프 전체소선수의 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)

(3) 와이어 로프의 모든 스트랜드에서, 소선의수가 와이어 로프 전체소선수의 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)

- ① 각 스트랜드에 균등하게 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)
- ② 몇개의 스트랜드에 걸쳐 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)

등 위와 같이 여러가지 경우로 해석될 수 있다.

Table 4는 로프종류별 위의 각항의 법해석 기준에 따른 로프교체기준의 단선수를 나타낸다.

Table 4 Number of broken wires for change rules of wire rope

Change rules of wire rope	(1)	(2)	(3)①	(4)②
Type of wire rope				
6×7	1(0.7)	5(4.2)	5(4.2)	5(4.2)
6×19	2(1.9)	12(11.4)	12(11.4)	12(11.4)
6×24	3(2.4)	15(14.4)	15(14.4)	15(14.4)
6×37	4(3.7)	23(22.2)	23(22.2)	23(22.2)
6×Fi(25)	2(1.9)	12(11.4)	12(11.4)	12(11.4)
	Excluded Filler wire	Excluded Filler wire	Excluded Filler wire	Excluded Filler wire

Table 4에서 보는 바와 같이 (1)항 “와이어 로프의 한 스트랜드에서, 소선의수가 한 스트랜드 소선수의 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)”의 경우(전문기기관의 일반적인 해석기준으로 보통 1파치 이내의 단선수로서 ANSI 기준보다 더 엄격함)는

소선수 1~4개 단선시 로프를 교체해야 하는데 이것은 실제 안전율이 고려된 로프의 강도에 거의 영향이 없을 뿐 아니라 비경제적이라고 판단된다.

왜냐하면 일반적으로 크레인용 와이어 로프의 안전율을 5라 볼 때 본 실험의 기준파단하중인 12.4ton에 걸리는 최대하중은 2.5ton 인데, 각 스트랜드에 균등하게 10% 단선시 파단하중(3)의 ①항)은 11.4ton으로 최대하중은 2.3ton으로 감소하고, 한 스트랜드에 집중하여 10%단선 시 파단하중(2)항)은 10.1ton으로 최대하중은 2ton으로 감소한다. 실제 현장에서 운영 시 사용하중을 최대하중의 80%로 운영하는데 이 80%를 기준으로 볼 때, 한 스트랜드에 집중하여 10%단선에서는 근접하고, 각 스트랜드에 균등하게 10% 단선에서 안전함을 알 수 있다. 따라서 현행법의 와이어 로프 교체기준은 “와이어 로프의 모든 스트랜드에서 소선수의 수가 와이어 로프 전체소선수의 10%이상 단선된 것(필러선 제외)”에서 교체 하는 것이 타당하다고 생각된다.

본 실험에서는 위의 (3)의 ①항을 와이어 로프의 교체기준으로 보고 실험한 결과이다.

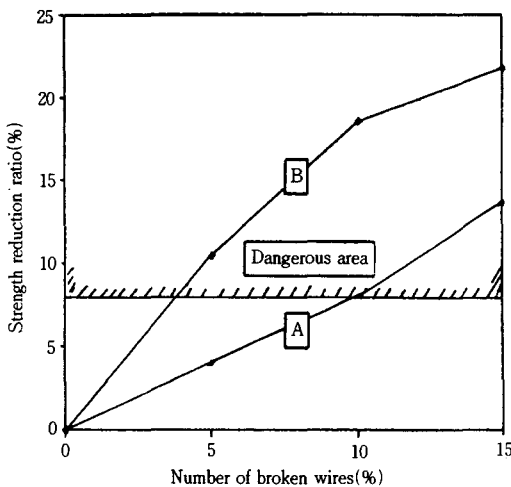


Fig. 4 Strength reduction ratio for original tensile strength (tensile test)

- A : broken down to each strand equally
- B : broken down to one strand concentrically

Fig. 4에서 시편 A는 10%파단시 8.1%의 강도감소율에서 로프를 교체해야 함을 알 수 있고, 시

편 B는 같은 강도감소율에서 약 4%의 단선수에서 로프를 교체해야 함을 알 수 있다. 또한 Fig. 4에서 각 스트랜드에 균등하게 단선된 경우 단선수가 증가함에 따라 강도감소율이 증가하고 있으므로 적정시기에 와이어 로프를 교체하지 않으면 파단 위험성이 가중된다고 볼 수 있다.

3.2.2 부식실험

Fig. 5는 시편을 (3.1.2)의 조건으로 부식 후 기준파단하중에 대한 강도감소율을 나타낸 것으로 강도감소율은 아래식에 의하여 구하였다.

$$\frac{P_o - P_i}{P_o} \times 100 \quad (i=0hr, 72hr, 144hr, 216hr)$$

시편 C는 72hr, 144hr, 216hr에 대하여 각각 8.8%, 15.3%, 19.4%를 나타내고 시편 D는 각각 16.9%, 20.9%, 23.4%의 강도감소율을 나타내었다.

부식이 와이어 로프의 강도에 미치는 영향은 부식초기에는 크게 나타나고 있으나 부식시간이 경과 함에 따라 강도감소율이 둔화되고 있음을 볼 수 있으며 이는 부식초기에 외부부식이 거의 완료된 후 심강으로부터 나온 그리이스가 소선수 사이에 침투하여 내부부식으로 진행되지 못한 결과라고 생각된다.

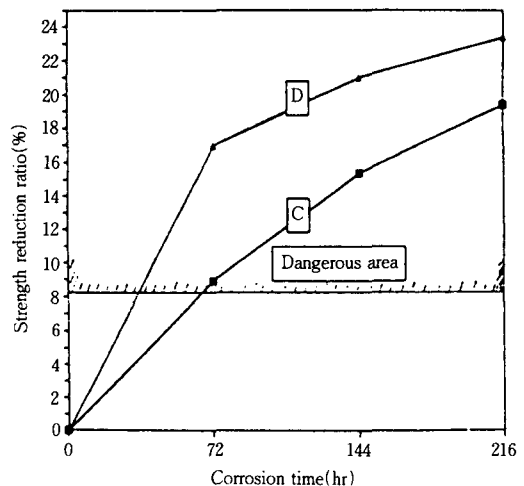


Fig. 5 Strength reduction ratio for original tensile strength (corrosion test)

- C : corrosion without wire breaking
- D : corrosion after 5% degree wire breaking to each strand equally

3.3 순간강도 감소율

3.3.1 인장실험

Fig. 6은 시편의 소선을 (3.1.1)의 조건으로 단선했을 때의 순간강도 감소율을 나타낸 것으로 순간강도 감소율은 아래식에 의하여 구하였다.

$$\frac{P_i - P_{(i+5\%)}}{P_i} \times 100 \quad (i=0\%, 5\%, 10\%, 15\%)$$

시편 A는 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 4%, 4.2%, 6.1%를 나타내고 시편 B는 각각 10.5%, 9%, 3.9%의 순간강도 감소율을 나타낸다. 시편 A는 5%, 10%에서는 순간강도 감소율이 지속적으로 증가하며, 15%에서 크게 증가함을 볼 수 있는데 이는 단선수가 10% 이상되면 강도감소가 가속적으로 진행됨을 알 수 있다. 따라서 와이어 로프의 교체기준은 각 스트랜드의 균등 단선의 10%를 선택하는 것이 적절하다고 생각된다. 시편 B 즉, 한 스트랜드에 집중되어 단선되었을 때는 처음 5%와 10%에서 순간강도 감소율이 크게 된다.

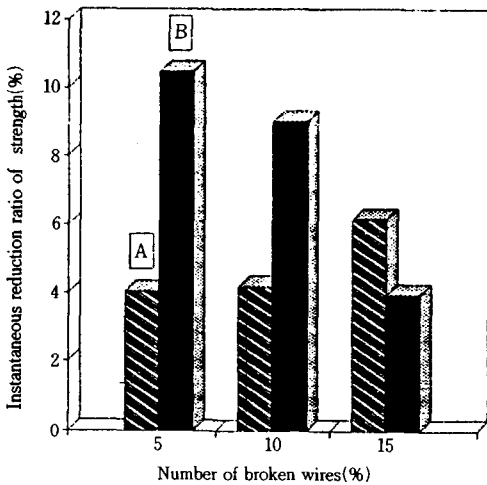


Fig. 6 Instantaneous reduction ratio of strength (Tensile test)

- A : broken down to each strand equally
- B : broken down to one strand concentrically

3.3.2 부식실험

Fig. 7은 시편을 (3.1.2)의 조건으로 부식 후 인장실험 했을 때의 순간강도 감소율을 나타낸 것으로 순간강도 감소율은 아래식에 의하여 구하였다.

$$\frac{P_i - P_{(i+72hr)}}{P_i} \times 100 \quad (i=0hr, 72hr, 144hr)$$

시편 C는 72hr, 144hr, 216hr에 대하여 각각 8.8%, 7.1%, 4.7%를 나타내고 시편 D는 각각 16.9%, 4.9%, 3%의 순간강도 감소율을 나타낸다. 시편 C, D 모두 처음 72hr에서 순간강도 감소율이 가장 크게 나타나며, 부식시간의 경과에 따라 점차 순간강도 감소율은 저하됨을 볼 수 있다. 따라서 초기부식이 강도에 중대한 영향을 미치므로 와이어 로프 사용시 주기적인 로프 그리이스 도유 및 부식이 발생될 우려가 있는 장소에서는 점접촉 로프보다 선접촉 로프를 사용, 비도금종 로프보다 도금종 로프를 사용, 부식이 심한 장소에서는 스테인레스 로프를 사용 등 적절한 로프의 선택이 중요하다.

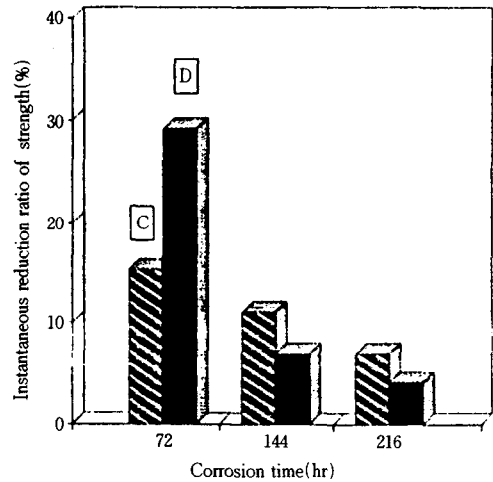


Fig. 7 Instantaneous reduction ratio of strength (Corrosion test)

- C : corrosion without wire breaking
- D : corrosion after 5% degree wire breaking to each strand equally

3.4 이론적인 소선의 파단하중과 실험한 소선의 파단하중 비교

본 실험에서 사용한 6×37+FC B종 14mm 와이어 로프소선의 인장강도를 이론적으로 구해보면 다음과 같다.

Table 5 Variable for calculating fracture load of wires

Coefficient of wire diameter	Core(δ_0)	0.057
	Outlayer wire(δ_1)	0.047
Reduction rate of twisting(%)	20	
Normal strength of B degree(kg/mm ²)	180	

δ_0 와 δ_1 의 지름은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\delta_0 = 0.057 \times 14\text{mm} = 0.8\text{mm}$$

$$\delta_1 = 0.047 \times 14\text{mm} = 0.66\text{mm}$$

① δ_0 의 합계하중

δ_0 하나의 하중은

$$180(\text{kg/mm}^2) \times \frac{\pi}{4} \times (0.8)^2 = 90.5\text{kg} \text{ 이다.}$$

여기에 스트랜드의 수를 곱하면, δ_0 의 합계 하중을 구할 수 있다.

$$\text{즉, } 90.5 \times 6 = 543\text{kg}$$

② δ_1 의 합계하중

δ_1 하나의 하중은

$$180(\text{kg/mm}^2) \times \frac{\pi}{4} \times (0.66)^2 = 61.6\text{kg} \text{ 이다.}$$

여기서, 스트랜드수와 한 스트랜드의 소선수를 곱하면, δ_1 의 합계 하중을 구할 수 있다.

$$\text{즉, } 61.6 \times 6 \times 36 = 13306\text{kg}$$

③ 총소선의 합계하중

총소선의 합계하중은 $\delta_0 + \delta_1$ 으로 구할 수 있다.

$$\text{즉, } 543\text{kg} + 13306\text{kg} = 13849\text{kg}$$

④ 연감율 적용

총소선의 합계하중에 연감율 20%를 적용하면 $13849\text{kg} \times 0.8 = 11079\text{kg}$ 이다.

따라서 본 실험에서는 12400kg에서 로프가 파단 되었으므로 소선 하나의 인장강도는 201kg/mm^2 이 됨을 알 수 있다.

Table 5의 변수 중 소선의 인장강도를 위에서 구한 201kg/mm^2 으로 볼 때 연감율이 적용된 δ_0 하나의 파단하중은 80.8kg이고, δ_1 하나의 파단하중은 55kg이 된다.

Fig. 8은 5%, 10%, 15%의 단선수에 대한 이론적인 소선의 파단하중과 실험한 소선의 파단하중을 비교한 것으로 한 스트랜드에 집중단선의 경우는 이론적인 소선의 파단하중과 실험한 소선의 파단하중은 상이한 것을 알 수 있으며, 각 스트랜드에 균등단선의 조건이 가장 근사치인 것을 알 수

있다. 여기서, 각 스트랜드에 균등단선은 δ_1 만 단선되었고, 한 스트랜드에 집중단선은 δ_0 가 하나씩 포함되어 단선된 것이다. 또한 Fig. 8에서 E는 각 스트랜드에 균등 단선시 실험한 소선의 파단하중을 표시하고 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 500kg, 1000kg, 1700kg을, F는 각 스트랜드에 균등 단선시 이론적인 소선의 파단하중을 표시하고 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 605kg, 1210kg, 1815kg을, G는 한 스트랜드에 집중 단선시 이론적인 소선의 파단하중을 표시하고 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 631kg, 1236kg, 1786kg을, H는 한 스트랜드에 집중 단선시 실험한 소선의 파단하중을 표시하고 5%, 10%, 15%에 대하여 각각 1300kg, 2300kg, 2700kg을 나타내었다.

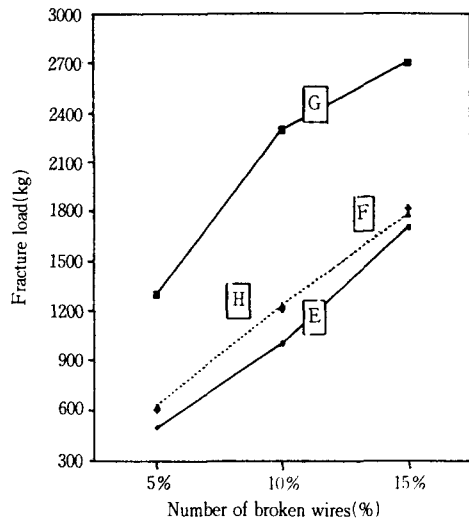


Fig. 6 Comparing theoretical fracture load of wires with experimental fracture load of wires

- E : experimental fracture load of wires case of broken down to each strand equally
- F : theoretical fracture load of wires case of broken down to each strand equally
- G : theoretical fracture load of wires case of one strand concentrically
- H : experimental fracture load of wires case of one strand concentrically

4. 결 론

6×37+FC 14mm B종의 와이어 로프를 단선수

와 부식시간의 변화에 따른 인장실험을 하여 강도 변화(파단특성)를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 인장실험의 경우, 각 스트랜드에 균등하게 5%, 10%, 15% 단선했을 때의 강도 감소율은 각각 4%, 8.1%, 13.7%이고 한 스트랜드에 집중하여 단선했을 때는 각각 10.5%, 18.5%, 21.7%의 강도감소율을 나타내었다. 이를 비교한 결과 한 스트랜드에 집중하여 단선했을 때의 강도감소율이 큰 것을 알 수 있으며 이는 로프의 단선이 집중된 스트랜드에 하중이 작용하면 응력이 증가되어 그 스트랜드는 즉시 파단되고 나머지 스트랜드가 전체하중을 받으므로 강도저하가 심화된 결과이다. 또한, 각 스트랜드에 균등하게 단선된 경우 5%, 10%에서는 순간강도감소율이 지속적으로 증가하며, 15%에서 크게 증가함을 볼 수 있는데 이는 단선수가 10% 이상되면 강도감소가 가속적으로 진행됨을 알 수 있다. 따라서 와이어 로프의 교체기준은 10%단선일 때가 가장 적절하다고 생각된다.
- 2) 부식실험의 경우, 단선없이 72시간, 144시간, 216시간 부식 후 인장실험했을 때의 강도감소율은 각각 8.8%, 15.3%, 19.4%이고 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선 후 부식했을 때는 각각 16.9%, 20.9%, 23.4%의 강도감소율을 나타내었다. 이를 비교한 결과 각 스트랜드에 균등하게 5% 단선 후 부식했을 때의 강도감소율이 큰 것을 알 수 있으며, 이는 부식과 단선이 복합적으로 작용한 경우 가속적으로 강도감소가 진행됨을 알 수 있다. 또한 부식이 와이어 로프의 강도에 미치는 영향은 부식초기에는 크게 나타나고 있으나 부식시간이 경과 함에 따라 강도감소율이 둔화되고 있음을 볼 수 있으며 이는 부식초기에 외부부식이 거의 완료된 후 심강으로 부터 나온 그리이스가 소선사이에 침투하여 내부부식으로 진행되지 못한 결과라고 생각된다. 따라서, 와이어 로프 사용시 주기적인 로프 그리이스 도유 및 부식이 발생될 우려가 있는 장소에서는 부식환경에 적절한 로프의 선택이 중요하다.
- 3) 이론적인 소선의 파단하중과 실험한 소선의 파단하중을 비교한 결과 각 스트랜드에 균등하게

단선된 경우의 파단하중이 가장 근사치임을 알 수 있다.

- 4) 현 산업안전보건법의 와이어 로프 교체기준인 “와이어 로프의 한가닥에서 소선의수가 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)”은 “와이어 로프의 모든 스트랜드에서 소선의수가 와이어 로프 전체소선의 10% 이상 단선된 것(필러선 제외)”으로 하여 적용하는 것이 타당하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Allan B Dove, Steel wire hand book, vol. 3, The Wire Association Ins, pp. 95~96
- 2) エレベーター界, 1993년 4월호, pp. 13~19.
- 3) ウイヤロープ 便覧 編纂委員會, ウイヤロープ 便覧, 白亞書房, 昭和42年.
- 4) W. E. Rossnagel, Hand book of rigging vol. 3, Mcgraw-hill book company, pp. 65~68.
- 5) 金大龍外1, 金屬의 腐蝕과 防蝕概論, 螢雪出版社, p. 84, 1981.
- 6) KS D 3514, 와이어 로프, 1992.
- 7) ISO 2408, Steel wire rope for general purposes-characteristics, 1985.
- 8) JIS G 3525, ウイヤロープ, 1988.
- 9) DIN 3051, Drahtseile aus stahl-drahten, 1972.
- 10) BS 5053, Section 1~8, 1985.
- 11) Wire world international, vol. 25, pp. 164~165, 1983.
- 12) 産業安全科教授協議會, 産業安全關係法規 産業안전에 관한 규칙 제167조, 同和技術, 1993.
- 13) 申鍾和, WIRE ROPE 使用으로 인한 安全事故 豫防對策에 관한 研究(卷上用 Wire rope 中心으로), 1985.
- 14) 安光仁, 揚重機用 와이어 로프로 인한 災害 事例調査와 安全對策에 관한 研究, 1992.
- 15) 公업진흥청, 93기술수준 평가결과 보고서(엘리베이터용 와이어 로프), 1993.
- 16) 생산기술연구원, Wire rope의 수명예측 평가에 관한 연구, 1992.
- 17) KS D 3559, 경강선재, 1992.
- 18) KS D 9502, 염수분무 시험방법, 1992.