RPSD에 설치된 와이어로프의 안전성 해석

박상규* · 팡루** · 김 현***

Safety Analysis of Wire rope in the RPSD

Sang-Kyu Park* · Lu Peng** · Hyun Kim***

요 약

이 연구는 RPSD시스템의 양쪽 끝에 연결되어 있는 세 가지 종류의 와이어로프에 대한 안전성에 대한 결과를 해석하였다. 양쪽 끝을 고정한 것과 여러 개의 도르래를 사용하여 연결한 상태로 일정한 하중을 적용하여 와이어로프의 변위량을 측정한 결과 양끝을 고정한 것 보다 여러 개의 도르래를 사용한 와이어의 변형이 작았으며 하중을 가할 때 특별한 와이어로프의 변위량은 없는 것으로 설정하였다. 그 결과 6mm의 와이어로프의 변위가 4.83mm로 가장 작았으며, 여러 개의 도르래를 사용한 와이어로프의 변위량이 가장 적음을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This study shows the results of safety analysis obtained from the three different wire rope connections in the RPSD (Rope Platform Screen Door) system, which are the rope connected at both ends, the ropes connected by a pulley at both ends, and the ropes connected by many pulleys at both ends. With a constant load applied, the displacements in the ropes connected by a pulley at both ends and the ropes connected by many pulleys at both ends are smaller than that in the rope connected at both ends. There are no any special different displacements between the ropes connected by a pulley at both ends and the ropes connected by many pulleys at both ends. The displacement in the wire rope diameter of 6mm is smallest of 4.83mm and the strains from the displacements in the ropes connected by a pulley at both ends and the ropes connected by many pulleys at both ends are very small.

키워드

Wire rope, RPSD, Displacement
와이어로프, 와이어로프승객안전방재시스템, 변위

1. 서 론

현재 지하철역사 승강장의 승객안전방재시스템 중 하나인 PSD(Platform Screen Door)는 승객의 안전을 위주로 승강장의 환경개선과 에너지 절감을 목표로

1990년부터 현재까지 개선되어 설치하고 있다. 하지만 지상역사 승강장은 매우 초보적인 단계에 있으며 설치비용이 고가이며 환경개선과 에너지 절감효과가 나타나기 어렵고 추가적인 유지비용이 야기되기 때문에 채용을 어렵게 하고 있다[1~5]. 특히 현행 PSD는 계

* 전남대학교 기계설계공학부(psk@jnu.ac.kr)

** 교신저자 : 전남대학교 기계설계공학부(bryant-1988@hotmail.com)

*** 한국교통연구원(hyun_kim@kotri.re.kr)

접수일자 : 2012. 12. 20

심사(수정)일자 : 2013. 01. 15

게재확정일자 : 2013. 02. 20

폐 위치가 고정되어 제원이 일치하지 않을 경우 설치가 매우 어려운 형편이다. 이에, 현재 PSD보다 효율적이고 경제적인 승객안전방재시스템인 상하개폐방식과 와이어로프를 채택한 RPSD(Rope Platform Screen Door)방식이 개발되어 광주 녹동역에 설치 운영되고 있다. RPSD에서 사용하는 와이어로프는 와이어를 꼬아서 만든 기계요소로서, 단층 및 다층의 스트랜드 및 코어로 구성되어 높은 중량대비 강도를 지니고 있으며[6~11]. 휨에 대해서는 적은 저항능력을 가져 산업현장에 사용되고 있다. 최근 들어 로프와 스트랜드에 대한 기계적 특성을 예측하는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이중 와이어의 탄성에 따라 탄성의 변화와 휨에 대한 저항능력의 편차도 크게 달라지므로 와이어로프의 기초적 선행연구가 요구된다[12~17].

현재 운영되고 있는 RPSD는 200M 일체형으로 설치되어 운영되고 있으나 특히, 지상역 정거장의 경우는 곡선구간이 많은 경우는 로프간격이 다양화되어 분할 시공의 경우가 많고, 와이어로프와 이를 고정하기 위한 이동체간의 편하중과 비틀림이 작용하여 내구성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 RPSD 분할구조로 시공될 경우 승객안전을 위하여 구간길이별 와이어 인장력과 허용하중을 시뮬레이션 하여 안전성을 높이고 또한, 와이어로프와 이를 고정하기 위한 이동체간의 편하중과 비틀림으로 내구성이 떨어지는 것을 비교 분석하였다[18~20].

II. 연구내용

2.1 모델링

본 연구에서는 RPSD의 최적화를 위하여 양끝이 고정되는 3가지의 경우로 설정하여 와이어 직경 $\varnothing 4$ mm, 와이어간격 15cm, 와이어길이 2m의 조건으로 실험하였다.

특히, Main Lift에서 와이어는 다른 부분에 비하여 편하중에 따른 모멘트가 작용되어 많은 사고 위험요소를 갖고 있어 와이어 탄성에 대한 안정성과 내구성을 조사하기 위해서는 시뮬레이션이 선행되어야 한다.

그림 1. 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 1 The wires are connected both ends

그림 2. 활차를 통해 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 2 The wires are connected by pulley

그림 3. 다수의 활차를 통해 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 3 The wires are connected by many pulleys

그림 1은 1선지지 와이어 체결에 따른 변화율을 측정하기 위하여 양 끝이 고정되어있는 그림이며, 그림 2는 한 줄의 와이어가 활차를 통해 고정되어있는 방법으로 와이어간 높이는 15cm, 길이 2m인 그림이다. 그림 3은 다수의 활차를 통해 한 줄의 와이어가 고정되어 있고 와이어간 높이는 15cm, 길이 2m로 모델링

을 하는 그림이다.

3가지 와이어 체결방법에 따른 모델링을 해석하기 위해 ansys 프로그램을 이용하여 동일 조건인 길이 L , 와이어에 가해지는 중력 및 방향 A , 와이어에 가해지는 힘과 방향 B 를 일정하게 설정하였다.

본 과업을 통하여 와이어로프의 인장력 및 허용중을 측정함으로써 사고의 위험성을 낮추며 RPSD시스템의 간격에 따른 분할구조에 맞춰 제조하여 제조원가를 낮출 수 있으며 신속하여 공사가 진행할 수 있는 장점을 가지고 있다.

III. 계산결과 및 고찰

3.1 와이어 체결 방법에 따른 분석

그림 4, 5와 6은 3가지 체결 조건으로 $\varnothing 4\text{mm}$, $L=2000\text{mm}$, $A=9.8\text{m/s}^2$, $B=600\text{N}(60\text{Kg} \times 9.8\text{m/s}^2)$ 로 설정하여 각자 Mesh를 분할 한 값을 나타내었다.

그림 4. 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 4 The wires are connected both ends

그림 5. 활차를 통해 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 5 The wires are connected by pulley

그림 6. 다수의 활차를 통해 양끝이 고정되어있는 와이어
Fig. 6 The wires are connected by many pulleys

그림 4, 5, 6은 각각 체결방법에 따라 Mesh값을 구한결과 Elements의 값은 각각 440, 2547, 6424로 분할되었다.

3.2 와이어 종류에 따른 변형률 측정

각 체결 와이어의 종류에 따른 변형률을 측정하기 위해 와이어의 지름별 인장력을 측정하였다. 그림 7의 a,b,c는 와이어의 지름이 각각 $\varnothing 4$, $\varnothing 5$, $\varnothing 6\text{mm}$ 일 때 $L=2000\text{mm}$, $B=600\text{N}$ 으로 해석한 결과를 나타낸 그림이다.

그림 7. 1선 양끝 고정시 와이어 지름의 변화에 따른 해석

Fig. 7 The analysis of change of wire diameter when it connected both ends

그림 7의 a는 1선지지 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 88mm 휨 현상이 발생하였고, b 35mm, c 17mm로 처짐이 발생하는 것으로 나타났다.

그림 8. 활차를 통해 양끝 고정시 와이어 종류에 따른 해석

Fig. 8 The analysis of wire type connected both ends using pulley.

그림 8의 a는 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 43mm 처짐 현상이 발생하였고, b는 17.18mm, c는 8.71mm의 처짐이 발생하는 것으로 나타났다.

그림 9. 다수 활차를 통해 양끝 고정시 와이어 종류에 따른 해석

Fig. 9 The analysis of wire type connected both ends using many pulley.

그림 9의 a는 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 8.3mm 처짐 현상이 발생하였고, b 19.31mm, c 4.2mm의 처짐이 발생하는 것으로 나타났다.

3.3 와이어에 가하는 하중에 따른 변형률 측정

각 체결 와이어에 가해지는 하중에 따른 변형률을 측정하기 위해 $\phi 4$ 의 와이어를 600N, 900N, 1200N, 1500N의 하중을 선지지 중앙에 가하여 와이어의 변형률을 해석한 결과를 나타낸 그림이다.

그림 10과 그림 11, 그림 12에서의 각 조건은 $\phi 4$, $L=2000\text{mm}$, $A=9.8\text{mm}^2$, $B=600\text{N(a)}$, 900N(b) , 1200N(c) , 1500N(d) 로 설정하여 각자 모델링 해석을 나타낸 그림이다.

그림 10. 1선 양끝 고정시 하중별 와이어의 변형률 해석

Fig. 10 The analysis of single wire strain per load when it connected both ends.

그림 10의 a는 1선지지 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 88mm 휨 현상이 발생하였고, b는 900N의 힘이 작용한 결과 132mm, c는 1200N의 힘이 작용한 결과 176mm, d는 1500N의 힘이 작용한 결과 220mm로 처짐이 발생하는 것으로 나타났다

그림 11. 활차를 통해 양끝 고정시 하중별 와이어 변형률 해석

Fig. 11 The analysis of wire strain per load when it connected both ends using pulley.

그림 11의 a는 와이어 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 43mm 휨 현상이 발생하였고, b는 900N의 힘이 작용한 결과 65mm, c는 1200N의 힘이 작용한 결과 86mm, d는 1500N의 힘이 작용한 결과 108mm로 처짐이 발생하는 것으로 나타났다.

그림 12. 다수의 활차를 통해 양끝 고정시 하중별 와이어 변형률 해석

Fig. 12 The analysis of wire strain per load when it connected both ends using many pulley.

그림 12의 a는 와이어 중앙에 하중이 600N의 힘이 작용한 결과 19mm 휨 현상이 발생하였고, b는 900N의 힘이 작용한 결과 28mm, c는 1200N의 힘이 작용한 결과 38mm, d는 1500N의 힘이 작용한 결과 48mm로 처짐이 발생하는 것으로 나타났다.

표 1. 각 하중별 와이어크기가 변화하였을 때 와이어 체결에 따른 변형률

Table. 1 The wire type strain when it change the size of each wire.

종류별		4mm	5mm	6mm
양끝고정식	600N	88mm	35mm	17mm
	900N	132mm	52mm	26mm
	1200N	176mm	70mm	35mm
	1500N	220mm	87mm	44mm
활차를 통한 양끝고정식	600N	43mm	17mm	8mm
	900N	65mm	25mm	13mm
	1200N	86mm	34mm	17mm
	1500N	108mm	42mm	21mm
3단활차이용 양끝고정식	600N	19mm	8mm	4mm
	900N	28mm	12mm	6mm
	1200N	38mm	16mm	8mm
	1500N	48mm	20mm	10mm

표 1은 와이어크기 및 각각의 하중을 가하였을 때 와이어 체결에 따른 변형률을 나타낸 것이다. 양끝고정식의 경우는 직경이 클수록 변형률이 적으며 다수의 활차구성시 변형률이 적은 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 RPSD에 설치된 양끝고정, 활차고정, 다수활차고정 와이어로프 체결방법에 따른 강도 해석의 결과는 다음과 같이 나타났다.

일정한 하중작용시 양끝고정인 경우보다 활차고정, 다수활차고정식인경우가 가장 처짐이 적게 나타났으며 두경우의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 와이어지름별에 따른 처짐도 $\phi 6\text{mm}$ 인 경우가 4.83mm의 처짐이 가장 적게 나타나나 활차고정과 다수활차고정간에는 하중작용시와도 마찬가지로 처짐변형률은 거의 변화가 없다. 향후 이 논문은 와이어로프 변위량을 측정하거나 안전도를 설정하는데 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2011년도 미래도시철도기술개발사업(11PURT-C059783-01)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

- [1] 허성필, 양원호, 김철, 성기득, “조명래 와이어 로프의 강성 최적화에 관한 연구”, 대한기계학회 1999년도 춘계학술대회논문집A, pp. 661-666, 1999.
- [2] “ANSYS Workbench”, 태성에스엔이 2010.
- [3] 허성필, 양원호, 성기득, 조명래, “스트랜드와 와이어 로프의 강성해석 및 최적화”, 대한기계학회 논문집 A권, 24권, 5호, pp. 1246-1253, 2005.
- [4] 이규수, 심현, 오재철, “USN기반의 외부인 출입 감시시스템 설계 및 구현”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 5호, pp. 1165-1171, 2012.
- [5] George a Costello, “Mechanics of Wire Rope” wire association international, 2003.
- [6] Raoof M, and Kraincanic, I,1995, “Anslysis of Large Diameter wire rope” J. eng. mechanics, Vol. 121, No. 6, pp. 667-675, 1995.
- [7] 김천석, 조의주, “TIS 통합 보안시스템에 관한 고찰”, 한국전자통신학회 2012 추계종합학술대회논문지, 6권, 2호, pp. 242-245, 2012.
- [8] 정양권, 김용식, 김진석, 해학무, “스캐너를 이용한 유고 감지 시스템 개발”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 457-463, 2012.
- [9] 손나나, 박수홍, “소형 해양 조사 부이 Hull에 대한 설계”, 한국전자통신학회논문지, 6권, 1호, pp. 123-128, 2011.
- [10] 김동우, 김재민, 주식준, 박재환, “열차풍에 의한 승강장 스크린도어 및 천장마감재의 풍압 특성”, 한국공공학회지, 13권, 1호, pp. 32-39, 2009.
- [11] 강운재, “기술적 해결을 통한 위험관리의 가능성과 한계: 지하철 스크린도어를 중심으로, 과학기술학연구”, 10권, 2호, pp. 77-105, 2010.
- [12] 이정기, “PSD 센서를 이용한 3차원 상대위치 결정장치 개발”, 충남대학교 석사학위논문, 2011.
- [13] 김진식, 손진근, “승강장 스크린 도어(PSD)에 대한 고 신뢰성의 감시 및 제어 시스템 개발”, 전기학회논문지, 59권, 2호, pp. 158-162, 2010.
- [14] 이재열, 신광복, 류봉조, 김동현, 이은규, “열차 진입 시 풍압에 의한 완전 밀폐형 승강장 스크린 도어(PSD)시스템의 구조 안정성 평가”, 한국철도학회논문집, 9권, 5호, pp. 594- 600, 2006.
- [15] 김주완, 구영덕, 배영철, “MEMS 소자에서 의 비선형 현상”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 5호, pp. 1073-1078, 2012.
- [16] 이희창, 김동일, 전상훈, “무인운전 차량의 도어 및 PSD 제어 신호에 대한 연구”, 한국철도학회 2010년도 춘계학술대회 논문집, pp. 857-865, 2010.
- [17] 김경식, 최종목, 이종성, “유성호, 열차 출입문과 PSD간 연동제어 및 인터페이스 안전성 확보”, 한국철도학회 2007년도 춘계학술대회 논문집, pp. 1-6, 2007.
- [18] 탁승민, 강민규, 박동진, 이계광, 이석순, “Wire Rope의 등가모형을 위해 이방성 탄성계수 적용에 대한 연구”, 대한기계학회 2010년도 추계학술대회 강연 및 논문 초록집, pp. 897-901, 2010.
- [19] Utting, W.S. and Jones, N, “Tensile Testing of a Wire rope Strand” J. Strain Analysis, Vol. 20, No. 3, pp. 156-164, 1985.
- [20] 이재열, 신광복, 류봉조, 전재선, 김동현, 이은규, “승강장 스크린 도어(PSD)시스템의 구조 안정성 평가”, 한국철도학회 2006년도 추계학술대회 논문집, pp. 7-14, 2006.

저자 소개

박상규(Sang-Kyoo Park)

1981년 조선대학교 기계공학과 졸업 (공학사)

1983년 인하대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학석사)

1989년 인하대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학박사)

1991년~현재 전남대학교 기계설계공학과 교수

2006년~2008 전남대학교 공학대학 학장

펑루(Lu Peng)

2010년 전남대학교 기계설계공학과
졸업(공학사)

2010년~현재 전남대학교 대학원 기계설계공학과 석박사
통합과정

김 현(Hyun Kim)

1992년 조선대학교 토목공학과 졸업
(공학사)

1998년 아주대학교 대학원 교통공학
과 졸업(공학석사)

2006년 일본 야마나시 대학교 대학원 졸업(공학박사)

2006~현재 한국교통연구원 재직