스키 리프트 기계안전사고 원인분석에 관한 연구

김 의 수
국립과학수사연구소
(2008. 10. 6. 접수 / 2009. 2. 23. 채택)

A Study on Cause Analysis of the Crash for the Ski Lift

Eui-Soo Kim
Physical Analysis Division, National Institute of Scientific Investigation
(Received October 6, 2008 / Accepted February 23, 2009)

Abstract : A ski lifter for winter sports is one of the necessary and familiar facilities. But recently safety concern about ski lifter has been built. The ski lifter crash in Pocheon happened recently showed an example of safety concern and frigidity for safety awareness. In this report, the cause of the ski lifter crash in Pocheon was reviewed, and some suggestions were made to prevent a similar accident base on this review.
Key Words : ski lift; cableway, grip force, abrasion

1. 서 론

현재 사용하고 있는 스키 리프트인 T-바는 독일의 어거스트 괴벨에 의해 스키 도입 초창기에 개발되었다. 겨울철 스포츠로 일반화된 스키를 즐기는데 없어서는 안 될 시설임에도 불구하고 그 이용에 따른 안전사고가 빈번히 발생하고 있다. 최근에 발생한 경기도 소재의 한 스키장에서 발생한 스키 리프트 추락사고는 대형 참사로 이어질 뻔했던 사고였다. 더욱이 사고 이후에도 해당 코스만 영업을 중단했을 뿐 다른 코스는 정상 운전함으로써 시민들의 거센 항의와 함께 안전불감증을 보여준 사례였다. 이러한 스키 리프트의 재해예방을 위해서는 전문화되고 체계적인 사고조사와 분석을 통해서 사전에 예방 대책을 마련함으로써 유사 및 동종재해의 발생을 최소화 할 수 있을 것으로 판단되나 조사장비 및 전문인력 등의 부재로 아직까지 이에 대한 구체적 연구가 진행되지 못하고 있다. 본 연구에서는 스키 리프트사고 원인을 재조명하고 이 사고를 통하여 얻을 수 있는 교훈을 다시 음미하여 스키 리프트 안전사고 예방을 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 사고개요

es92kim@nisi.go.kr

■ 일시 : 2006. 12. 03(일) 19:00경
■ 장소 : 경기도 ○○시 ○○리 소재 ○○○ 스키장 중급자 코스
■ 피해현황 : 7명 중상 및 경상, 리프트 2구 파손
■ 시설현황
○운반구

명칭	BIG BEAR	반기간격	27M
제작사	○○○	타워	10
설치년도	1994년	리프트길이	629.6M
탑승인원	4인승	표고차	169M
운반구수	75EA	운전속도	4.5m/s
탑승시간	3분26초	동력	337HP
수송능력	2,400명/H	이용가능 슬로프	중급자

○와이어로프 : ○○와이어사 제작, 지름 38mm 2005년 11월 교체

■ 사건내용 :
사고발생장소는 중급코스 타워로 부터 6번째 전주 부근, 지면에서 14도 경사도를 가지고 상승하는 구간으로 피해자들 중 남자3명이 앉아있는 운반구32번이 뒤로 미끄러지듯 밀리면서 남자 4명이 타고 있던 운반구 33번과 충돌해 와이어에서 이탈하여 피해자들이 부상당한 추락사고이다. Fig. 1에 사고발생현장을 나타내었다.

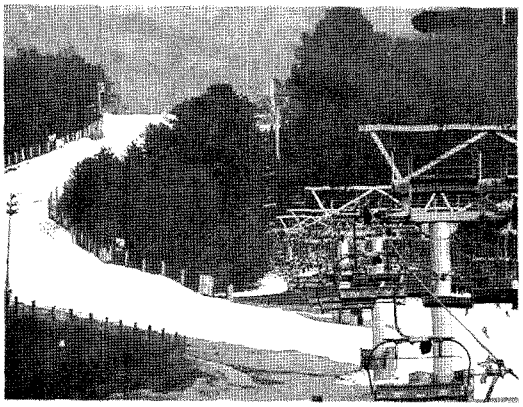


Fig. 1. The scene where the accident took place.

3. 사고원인 분석

3.1. 사고현장 조사

스키 리프트는 국내에서는 삭도·궤도 범주 내에 포함하여 관련 법 및 시행령에 의해 건설되고 안전검사를 정기적으로 시행도록 규정하고 있다[1-5]. 본 규정 중에서 리프트에 관련된 부분만을 고려하여 정확한 사고원인 규명을 위해 하기 사항을 면밀히 검토하였다.

1) 그립(Grip) 검사 장비 기능
2) 정기 그립력(Grip force)테스트 현황
3) 검사한 그립의 현황/상태
4) 그립 관련 교체 부품 현황
5) 안전 장비의 기능
6) 안전장비의 위치
7) 승차장 가속 부분에서의 그립핑구역내의 기능
8) 스프라이싱(Splicing) 구역 내에서의 로프의 직경 및 점검 현황
9) 타워의 쉬브배터리의 현황/상태

사고현장 조사 결과 다음과 같은 설비문제 및 사용 환경이 파악되었다. 첫째, 운반구는 오스트리아 ○○○社 제품으로 94년 본 장소에 설치되었으며 크게 그립, 작동암(Operating arm), 레버암(Lever arm)으로 구성되고 작동암의 두 단계 작동에 의해 그립이 와이어로프에 장탈착 되어진다. Fig. 2와 3에 그립의 개폐 작동구조를 나타내었다. 둘째, 사고 당시 운행 조건은 32번 운반구에 남자 3명이, 33번 운반구에 남자4명이 탑승하였으며 풍속은 강하지 않았다. 셋째, 그립과 와어어로프의 마찰력을 점검하는 "로프 그립 테스팅"을 보푸너(Wopfner)사에서 자체 개발한 그립 테스트 벤치에 의해 매번 실행하고 있으며 합격기준은 4kN으로 06년 7월, 21개 불량 운반구에 대해 그립가이드만 교체되었다. Fig. 4에 로프그립 테스트기를 보여주며, Fig. 5는 임의의 운반구에 대한 그립력 테스트 결과와 교체된 그립 가이드를 나타내었다.

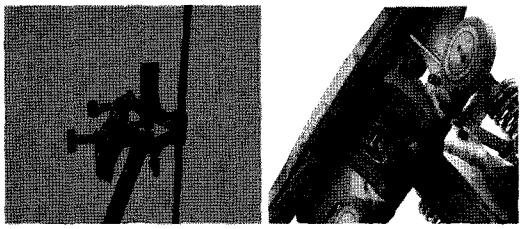


Fig. 2. Close of grip by lever arm.

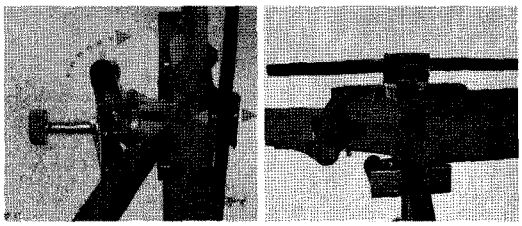


Fig. 3. Open of grip by lever arm.

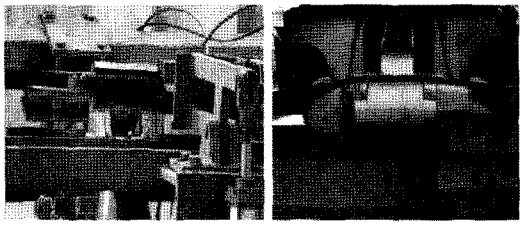


Fig. 4. Tester of rope & grip force.

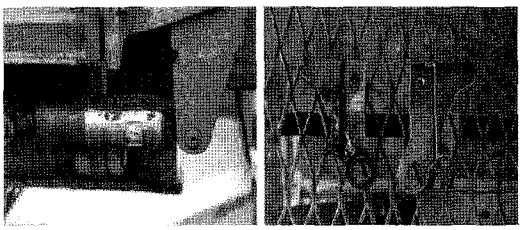


Fig. 5. Result of testing for random chair and changed part.

3.2. 원인분석 결과

로프 그립 테스팅은 운반구 그립과 와이어로프의 미끄럼에 대한 마찰력만을 측정하는 방법으로 최대하중에 대한 이탈여부는 점검이 불가능하고 시험조건이 와이어로프 대신 봉을 사용하여 테스트함으로 실제 운행 조건과는 많은 차이를 가지고 있다. 운반구의 자체 무게는 205kgf이며, 허용최대하

중은 320kgf로써 총 525kgf를 허용하며, 사고당시 32번 운반구에 남자3명, 33번 운반구에 남자4명이 탑승한 것으로 보아 허용하중 내에서 정상운행 되었다고 판단된다. 모든 운반구의 그립은 94년 설치 이후 교체되지 않았고 사고운반구의 사고 직전 그립상태를 파악하기 위해 운행 중인 운반구를 샘플링하여 그립의 마모상태를 살펴보았으나 특이점은 식별되지 않았다. 와이어로프는 동경와이어 제품으로 2005년 11월 교체 설치되었으며 지름은 38mm이고 단품이 아닌 여러 개의 로프를 연결하여 구성되며 원형봉 하고는 달리 단면형상은 불규칙하고 연결부의 단면형상 은 더욱 불규칙함으로 그립과의 마찰면적과 마찰력이 봉에 비해 1/3가량 적었다. 그립 개방 시 내경은 50.91mm, close시 내경은 35.18mm로써 38mm와이어와 약 3mm 정도 맞물려 있으나 와이어로프가 경(硬)한 재질이고 작동암에 부착된 스프링에 의해 탄력적으로 움직임으로 와이어로프와 장착 시에도 그립 내경은 38mm을 유지하며 사고 그립이 물렸던 연결부위는 와이어로프의 지름이 41.61로써 Table 1에 나타낸 삭도·궤도시설 안전검사기준[5] 제3항의 검사기준은 만족하나 실제로 연결부는 단면이 원형이 아닌 불규칙단면을 가짐으로 쪼임력에 대해선 악영향을 미칠 것으로 사료된다. Fig. 6에 와이어로프의 연결부 측

Table 1. Criterion of safety inspection for ropeway & track

항목	세부항목	안전검사기준
3. 밧줄	매다는밧줄, 끄는밧줄, 평행용밧줄 및 긴장용 밧줄	(1) 밧줄의 지름감소율이 매다는 밧줄(끄는밧줄의 기능을 겸한 것을 포함한다)과 긴장용밧줄의 경우에는 10%이하, 끄는밧줄(매다는밧줄의 기능을 겸한 것을 제외한다) 및 평형용밧줄의 경우에는 15% 이하일 것 (2) 300mm 이내에서 소선의 단선수가 전 소선수의 1/10이내일 것 (3) 자동순환식삭도의 접합부 스트랜드가 들어간 마디부분 지름은 공칭지름의 +12% 이내일 것

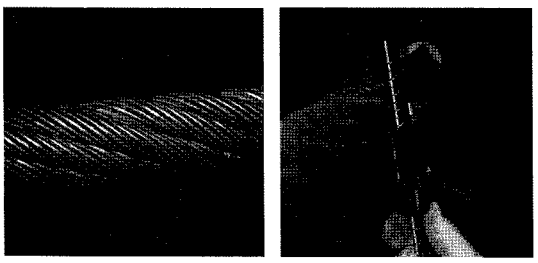


Fig. 6. Photograph of measurement for splicing area.

Table 2. Position and result measurement

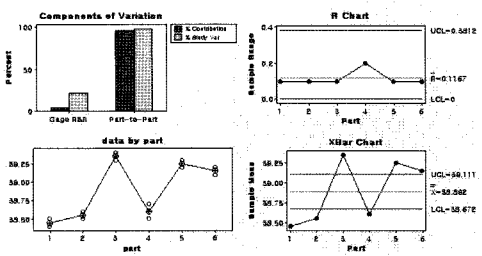
지점	시작점부터의 거리(m)	가로(mm)	세로(mm)
1	2.3	38.5	42.2
2	8.8	38.6	41.5
3	15.3	39.3	41.2
4	30.7	38.5	42.1
5	37.2	39.2	41.4
6	43.7	39.2	41.8

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.007500	4.57
Repeatability	0.007500	4.57
Part-To-Part	0.156667	95.43
Total Variation	0.164167	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.086603	0.51962	21.37
Repeatability	0.086603	0.51962	21.37
Part-To-Part	0.395811	2.37487	97.69
Total Variation	0.405175	2.43105	100.00

Number of Distinct Categories = 6



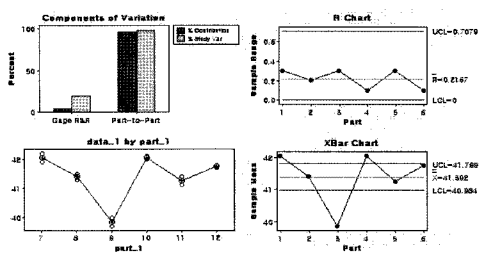
(a) Horizontal data

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.027500	3.97
Repeatability	0.027500	3.97
Part-To-Part	0.664667	96.03
Total Variation	0.692167	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.165831	0.99499	19.93
Repeatability	0.165831	0.99499	19.93
Part-To-Part	0.815271	4.89163	97.99
Total Variation	0.831966	4.99179	100.00

Number of Distinct Categories = 6



(b) Vertical data

Fig. 7. Result reliability judgment for measurement data.

(a) Grip of No. 32 chair

(b) Grip of No. 33 chair

Fig. 8. Shape of abrasion on the grip.

정 장면과 Table 2에 와이어로프 연결부에 대한 측정위치와 측정결과를 나타내었다. 상용통계 프로그램인 MINITAB을 이용하여 데이터 신뢰성을 검토하였고 Fig. 7에서 보듯 오차범위 5%내에서 95% 신뢰성을 만족함을 알 수 있었다. 사고운반구의 그립 마모상태는 양호했을 것으로 판단되며 Fig. 8에 나타난 사고운반구 그립에 생긴 마모형태는 사고당시 미끄림과 낙하에 의해 생성된 것으로 원인규명에는 변별력을 가지고 못한다고 판단된다.

4. 결론 및 대책

본 사고 조사와 실험실 분석을 통해 얻은 사고운반구가 이탈한 원인은 사고 당시 앞뒤 운반구의 간격(27m)으로 설정된 32번 운반구의 와이어로프 장착위치는 지름이 변하는 연결부중 단면이 매우 불규칙한 부분으로 추정되며 쪼임력과 마찰력이 약한 상태에서 운행중 진동과 14도의 경사도에 의해 순간적으로 이탈되어 지름이 41.61mm에서 38 mm로 가늘어 지는 와이어를 타고 미끄러지면서 뒤에 있던 33번 운반구와 충돌하였을 것으로 판단되어 지며, 32번 운반구의 하중은 (남자3명=240kgf, 운반구=205kgf) 445kgf 정도로 추정되며 33번 운반구와 충돌시 그 충격력은 속도의 제곱에 비례함으로 33번 운반구를 충분히 이탈시킬 수 있는 상황이라 사료되어 진다.

이번 사건사례를 통하여 리프트 추락사고 예방을 위하여 다음과 같은 대책을 제시하고자 한다.

1) 사고의 결론으로 보아 스키 리프트의 경우 그립과 와이어로프의 그리핑력(Gripping force)만을 중요하게 생각하여 현재 재정된 삭도·궤도 건설에 관한 규정 및 안전검사 기준은 와이어로프 연결부의 공칭지름에 관한 내용만을 규정하고 있다. 이는 단면의 형태가 균일하다고 하는 오류를 범하고 있으며 실제로는 굴곡이 심한 불규칙 단면을 가지고 있으므로 테스트 시와 다른 그립력으로 운행되고 있는 것이다. 그러므로 와이어로프 단면의 불규칙율을 측정하고 이를 규제하는 기준을 의무 재정하여야 할 것으로 판단된다.

2) 그립력은 와이어로프와 운반구 운행방향의 마찰력으로 자중방향의 힘에 대해서는 저항성을 가지지 못하므로 실제 운반구의 과부하시에는 큰 위험을 초래할 수 있다. 이런 이유로 일어날 수 있는 안전사고를 예방하기 위해서는 하중에 대한 테스트 방법이 고안되어야 하고 구조적인 면에서도 보완이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3) 스키 리프트는 한번에 많은 사람이 이용함으로 인해 잠재적으로 대형 참사를 일으킬 수 있는 요인을 항상 가지고 있다. 그러나 대부분 제품을 해외에서 수입해서 설비함으로 안전에 대한 검사 및 점검이 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 좀 더 형식적인 안전검사 검사가 아닌 예방 안전공학에 의거한 실질적인 검사가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1) 법률 제7714호, 삭도궤도법, 2005. 12.
2) 대통령령 제19017호, 삭도궤도법 시행령, 2005. 8
3) 건설교통부령 제467호, 삭도궤도법 시행규칙, 2005. 8
4) 건설교통부고시 제200호, 삭도·궤도 건설에 관한 세부기준, 2006. 6
5) 건설교통부고시 제454호, 삭도·궤도시설 안전검사기준, 2006. 10
6) 김태수, 이동현, "스키리프트의 운영에 대한 동적 시스템의 최적화에 관한 연구", 대한경영학회지, 제1권, 제7호, 41~58, 1993.