creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000266146

2017年 2月
碩士學位論文

전차선로 유지관리 효율화에 관한 연구

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

金 永 樂

2017年 2月 碩士學位論文

고속전차선로 유지관리 효율화에 관한 연구

金 永 樂

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

전차선로 유지관리 효율화에 관한 연구

A Study on the Efficiency of Maintenance
for Railway System

2017年 2月 24日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

金 永 樂

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

전차선로 유지관리 효율화에 관한 연구

指導敎授 崔 孝 詳

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2016年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

金 永 樂

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

金 永 樂의 碩士學位論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校　教授　曺　錦　培　印

委　員　朝鮮大學校　教授　徐　吉　模　印

委　員　朝鮮大學校　教授　崔　孝　祥　印

2016年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT ····· v

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 전차선로 시스템 ····· 3
A. 집전장치 ····· 3
B. 전차선로 지지점 압상량 측정 및 분석 ····· 4
1. 전차선의 압상량 ····· 4
2. 사전이도 ····· 5
C. 철도설비의 기술점검 ····· 6
1. 드롭퍼 ····· 6
2. 전차선의 최소 두께 ····· 7
3. 장력조정장치 도르래의 조정 ····· 8
4. 전차선로 절연 이격거리 ····· 10
D. 전차선로 검측장비 ····· 11
1. 전차선 높이·편위 측정시스템 ····· 11
2. 전차선 접촉력 측정 ····· 13
3. 전차선 시설물 변형검사 측정시스템 ····· 14
4. 변위 측정 시스템 ····· 16

Ⅲ. 전차선로 장애분석 ····· 17
A. 트립사고 분석 ····· 17
1. 고속선 및 일반선 트립사고 ····· 17

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 시설물 손상 ····· 19

Ⅳ. 문제점 분석 및 개선결과 ····· 20
A. 문제점 분석 ····· 20
B. 분석결과 ····· 20
C. 주요 설비의 유지보수 ····· 21
1. 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선 ····· 21
2. 급전선 인하개소 구조물 ····· 22
3. 가동브라켓 풀림방지너트 ····· 22
4. 장력조정장치 ····· 23
5. 과선교 하부 조기선 ····· 24
6. 터널 내 애자류 ····· 25
7. 가동브래키트 및 드롭퍼 ····· 26
8. 조류둥지 생성방지를 위한 구조물 ····· 28
9. 접지 취부걸이 ····· 29

Ⅴ. 결론 ····· 30

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 2-1 Construction of KTX pantagraph ····· 3
Fig. 2-2 Dynamic behavior of power collector according to speed increment ····· 5
Fig. 2-3 Trolley wire ····· 5
Fig. 2-4 Trolley dip wire ····· 5
Fig. 2-5 Construction of dropper ····· 7
Fig. 2-6 Railway wire minimum penetration depth ····· 8
Fig. 2-7 X value for tension device ····· 9
Fig. 2-8 Y value for tension device ····· 10
Fig. 2-9 Measurement system for railway wire's hight and deflection 12
Fig. 2-10 Operating system for railway wire's hight and deflection ··· 12
Fig. 2-11 Digital method for measure the contact force of railway wires ····· 14
Fig. 2-12 Image of overlap points of railway wires ····· 14
Fig. 2-13 Image of short cut points of railway wires ····· 15
Fig. 2-14 Images of extraction insulator ····· 15
Fig. 2-15 Images of hanger fittings, equalizer, insulation separation device ····· 15
Fig. 3-1 Images of railway faults ····· 18
Fig. 3-2 Improvement of airjoint, airsection and over cross road ····· 21
Fig. 3-3 Arrange the feeder's insulation distance ····· 22
Fig. 3-4 Replacement of free brackets and looseproof nut ····· 23
Fig. 3-5 Pull down the outer ruler to reduce the resistance through tensioning device ····· 24
Fig. 3-6 Attachment of the insulative overbridge lower messenger wire ····· 25

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 3-7 Cleaning the insulator in tunnel ····· 26
Fig. 3-8 Rearrange the free bracket and dropper ····· 27
Fig. 3-9 Supplementation of structure type to prevent the nest ····· 28
Fig. 3-10 Reinforcement the ground
attachment in the ground section ····· 29

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 2-1 Mechanical Tension of feeder messenger ····· 8
Table 2-2 Temperature by area ····· 8
Table 2-3 Critical value of Y length ····· 9
Table 2-4 Insulation distance of railway ····· 11
Table 2-5 Detection article for measure the contact force of railway wire ····· 13
Table 2-6 Digital displacement meter specifications ····· 16
Table 3-1 Present conditions of trips (2011~2015) ····· 17

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Efficiency of Maintenance for Railway System

Yeong-Rak Kim
Advisor : Prof. Hyo-Sang Choi, Ph.D.
Electrical Engineering Technology Convergence
Industrial Technology Convergence
Graduate School of Chosun University

Since opening the Seoul-Busan High Speed Railway of the Seoul-Deagu line in April 2004 and after Ho-nam High Speed Railway in April 2015, various of failure have occurred in the railway and it demands the causes of the failure and considers a countermeasure till lately. Korean high speed railway system has followed the French high speed railway system. After installed, there was an analysis about environment affects by the railway system in domestic, seasonal characteristics, maintenance and the schedule for the system and material supply state. Also stability has improved though analysing causes of the failure. By these, this paper has proposed the maintenance standard direction for various facilities and the goal is a maintenance efficiency.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

There were diverse cases in the Seoul-Busan High Speed Railway while maintaining the whole system. To fix the cases, the new method has proposed. After analysing the wire structure in various facilities, blackets or holders that support the wires has worn down through train operation. However, this could not meet the facilities' reorganization time. But extra solution needs to be appear according to expand the train service and shorten the maintenance time. Especially automatic tension balancer, insulators, air joints, air sections and equalizer in tunnel have to work consciously. To establish countermeasures hereafter, research result that maintenance time should be shorten and facility improvement have to implement for safety train operation has derived.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서 론

가공 전차선로는 변형 Y커티너리, 심플 커티너리와 컴파운드 커티너리로 분류되어진다. 심플 커티너리는 전차선이 드롭퍼에 의해 조가선에 지지되는 구조이므로 유지보수 및 건설 비용이 적어지는 장점이 있으나, 구조상 유연성이 고르지 못한 단점을 가지고 있고 변형 Y커티너리는 Y형태의 보조 조가선을 조가선에 설치하였기 때문에 심플 커티너리보다 균일한 유연성을 가지고 있다. 컴파운드 커티너리는 전차선로에 보조 조가선을 전차선과 조가선 사이에 설치하여 컴플라이언스를 균일하게 한다. 전차선은 행거에 의해 보조 조가선에 지지되며, 보조 조가선은 드롭퍼에 의해 조가선에 지지된다. 대한민국에서는 경제적 심플 커티너리를 시공한다. 집전성능이란 열차 주행 시, 전차선으로부터 전력을 공급받는 능력이다. 열차의 속도가 상승하면 전차선로 전차선로에서 발생하는 경점, 마모, 진동 등으로 인해 전차선과 팬터그래프 사이에 이선이 일어나게 되며 스파크 발생으로 인한 소음과 전파 장해가 발생하게 된다. 이선 시간이 상당히 길어지면 전력공급 중단으로 인해 열차가 주행할 수 없게 되므로 집전성능은 열차의 속도향상을 위해 갖추어야 할 중요한 성능이다.[10]

드롭퍼를 이용하여 전차선과 조가선 사이를 연결하면 전차선을 일정한 높이로 유지시켜준다. 이를통해 균일한 유연성을 유지하도록 사전 이도를 준다. 양호한 사전 이도는 주행 중에 팬터그래프의 진동폭을 적게 하고 이와 함께 팬터그래프와 전차선에 대한 접촉력을 높이고 변동을 적게하므로 이선을 방지하고 집전을 양호하게 한다.[10]

고속철도 전차선로 시스템은 시간이 지남에 따라 각종 재료의 부식과 마모 편위 높이의 변화로 인한 장애의 증가로 정확한 유지보수방법의 필요성이 대두 되었고 특히 전차선로 설비 주변의 조류둥지, 터널 입출구 및 과선교 하부의 낙하물 등은 열차의 운행에 방해 요소로 작용하기 때문

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 여기에 대한 대책강구가 필요 하였다.[10]

본 논문에서는 전차선로 설비의 유지보수를 통해 발생하였던 장애현황 및 부품 등을 관찰하고 첨단 디지털 장비를 활용한 데이터관리의 효율성을 분석하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 전차선로 시스템

A. 집전장치

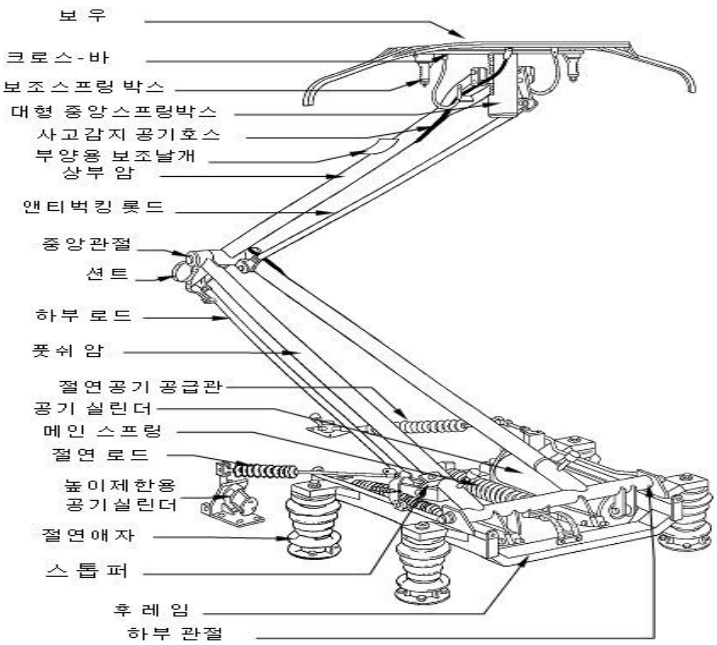


Fig. 2-1 Construction of KTX pantagraph

우리나라에서는 가장 단순한 가선형태를 가진 심플 커티너리 시스템을 시공하는데 이는 전차선로 전문설계 업체인 프랑스의 드롭퍼, 균압선, 조가선, 전차선, 등으로 이루어진 가선구조로 프랑스의 세젤렉에 의해 설계 되었으며 이 기술기준에 한국의 계절적인 온도변화와 지역별 풍압 등 환경요인 고려하여 설계되었다. 프랑스는 1981년 파리동남선(TGV)노선을 건설하고 영업운행을 시작하였으며, 1993년에는 북유럽 노선을 건설하여 영업운행하고 있다. 이후 2001년 6월과 2007년 6월 각각 지중해선과 동선노선을 건설하여 상용속도 320[km/h]로 운행을 하고 있다. 프랑스의 전차선은 향후에 350[km/h]로 상업운행이 될 수 있도록 설계되었다[10].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

팬터그래프 자체는 팬터그래프의 펼친 길이가 100~2700[㎜]까지에 걸쳐 정상 집전이 가능하며 이 길이를 레일면상 높이로 계산하면 4288~6888[㎜]까지에 해당하고 이 높이 내에서만 팬터그래프가 정상적인 집전을 할 수 있다[10].

B. 전차선로 지지점 압상량

1. 전차선의 압상량

원할한 집전을 위해 필요한 등고, 등장력, 등요를 갖추기 위해서는 가선의 균일화 전차선로 무게의 경량화와 팬터그래프 등가질량의 경량화가 요구되나 전차선과 팬터그래프의 질량을 줄이면 전체적으로 전차선의 압상량이 증가한다. 그러므로 전차선과 팬터그래프의 질량을 최대한 적게 하면서 집전 성능을 향상시키기 위해서는 고속철도에서는 전차선로와 차량의 부합성이 매우 중요하다. 전차선로의 속도 증가는 전차선의 단위중량에 반비례하고 장력에 비례 한다. 그러나 전차선의 중량 감소는 전기차 운전에 필요한 전류용량에 문제가 있고 장력을 높이면 전선의 안전율에 한계가 있으므로 이들 두 가지를 같이 고려할 뿐만 아니라 팬터그래프와의 관계를 고려하여야 한다[10].

그림2-2는 열차 주행 속도에 따라 판타그래프의 동적 거동을 나타낸 것으로 정지시에는 집전장치를 중심으로 전차선이 대칭을 이루다가 열차의 주행 속도가 증가하면 집전장치 전부의 전차선이 후부보다 적게 올라가는 비대칭 모양이 되고 이때 열차의 속도가 파동 전파 속도보다 매우 작은 상태이면, 팬터그래프의 전차선과 접촉판은 안정되게 접촉될 수 있고 열차의 속도가 연속 증가하여 파동 전파 속도에 접근하게 되면 집전장치의 접촉판이 전차선의 상하 진동에 대응하는 것이 어려워져 과진동을 동반한 이선 현상이 발생된다[10].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

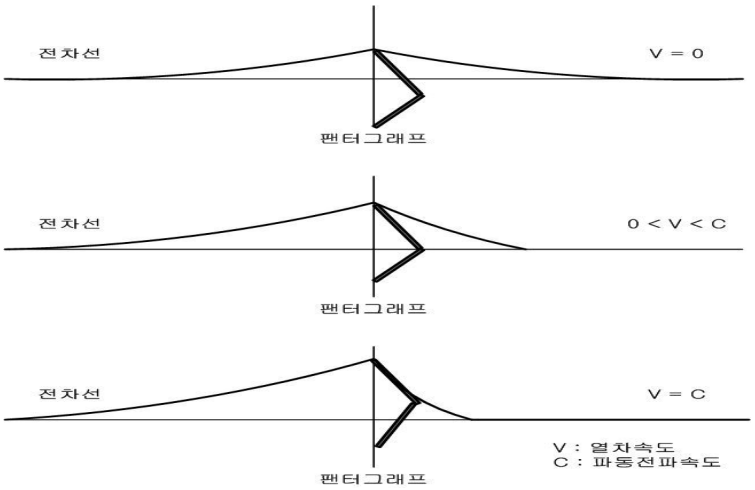


Fig. 2-2 Dynamic behavior of power collector according to speed increment

2. 사전이도

전차선의 양호한 가선특성은 등고, 등요, 등장력에 있으며 등고는 전차선과 레일간의 높이가 일정한 것을 뜻하는데 이것은 정지 상태에서는 일정하지만 열차가 주행하는 움직이는 상태에서는 집전장치의 압상력 등으로

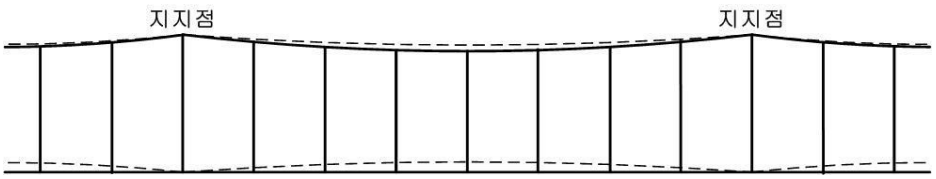


Fig. 2-3 Trolley wire

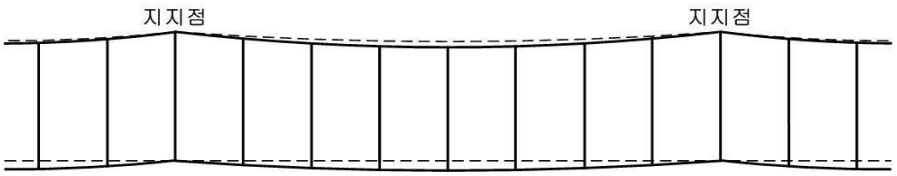


Fig. 2-4 Trolley dip wire

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

변동하게 되므로서 일정한 높이가 되지 않고 이것은 경관과 지지점간의 탄성률의 값이 달라서 비균일한 현상이 나타난다. 그러므로 비균일율이 적으면서 동적인 상태에서도 일정한 등고를 유지시키는 가선 방법의 하나가 사전이도를 주는 방법이다. 사전이도란 경간과 경간사이를 일정하게 전차선 높이를 등고로 가설하지 않고 처음부터 적당한 이도를 줌으로서 전차선이 처진상태가 되도록 가설한 형태를 말한다. 시공방법은 드롭퍼 길이를 정확히 계산 및 제작하며 시공한다. 열차가 주행 할 때 압상력은 점선으로 표시된 부분이며 변화를 최소화하기 위해 지지점 사이에 드로퍼 길이를 서로 다르게 하여 사전 이도를 줌으로서 압상력을 최소화 한다[10]. 사전이도는 정지 상태에서 이도가 있어 일정한 높이가 아니지만 움직이는 상태에선 등고를 유지하여 비균일성이 작게 되도록 하는 것으로서 가선 특성이 좋아진다[10]. 사전이도는 전차선을 조정할 경우 사전이도값 조정 및 유지관리보수가 어려운 단점이 있다[4].

C. 철도설비의 기술점검

1. 드롭퍼

드롭퍼의 역할은 전차선을 조가선에 현수하여 전차선을 수평으로 유지하기 위한 장치이다. 12[㎟]의 드롭퍼는 청동연선 양단에 클립형 금구로 전차선과 조가선 이도에 맞춰 지지한다. 이 구조는 전차선이 집전장치의 압상력이 작용하여 전차선 상승시 드롭퍼선은 유연하게 휘어짐으로 드롭퍼 와이어의 소선단선을 방지 할 수 있다. 이뿐만 아니라 전차선과 조가선 사이에 상호 유연하게 작용하여 진동피로와 마모 및 소손 등을 줄일 수 있다[10]. 그림 2-5는 드롭퍼의 구성을 사진으로 나타낸 것으로 호남고속철에는 조가선 전차선 양 끝단에 균압선을 설치하여 전기적 충격으로부터 전선을 보호한다. 드롭퍼의 최소 길이는 우리나라 기존선에서 15.0[cm] 이다[10].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 2-5 Construction of dropper

드롭퍼의 Target Value(TV)는 기준이 되는 목표값이다. Alert Value (AV) 는 보수 작업이 필요한 점검 결과 값으로 다음 차상 점검 때 까지 시설물에 대한 보수를 해야 하고, 보수 작업 이 후, 시설물은 반드시 TV 로 판정되어야 한다. Intervention Value(IV) 는 즉각적인 보수 작업을 필요로 하는 시설물의 위험상태를 나타낸다, 보수 작업 이 후, 시설물은 반드시 TV 로 판정되어야 한다[1].

2. 전차선의 최소 두께

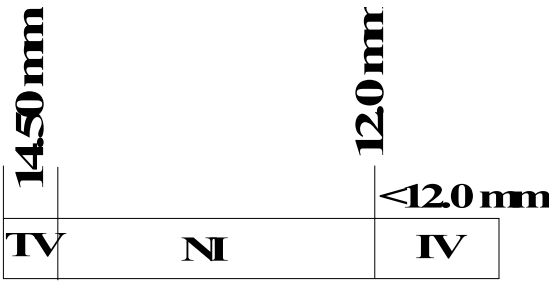


Fig. 2-6 Railway wire minimum penetration depth

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

150 mm2원형 전차선의 마모점에서 두께(ep)를 측정하고 그 값과 아래에 제시된 한계값을 비교한다[1].

3. 장력조정장치 도르래의 조정

전차선 및 조가선에 유지되는 기계적 장력은 표 2-1과 같으며, 이 기계적 장력은 두 온도 조정 범위에 따라 유지되며 표 2-2와 같다.

Table 2-1 Mechanical Tension of feeder messenger

속도	전차선	조가선
350km/h급	26,000N	20,000N
400km/h급	34,000N	23,000N

Table 2-2 Temperature by area

지역	온도
오송~공주	- 25℃ ~ + 60℃
공주~익산	- 25℃ ~ + 60℃
터널	- 5℃~ + 50℃

이 온도 범위와 부합되지 않을 경우 급정거시 전선류의 기계적 장력의 손실로 인한 집전성능의 저하되고, 자동 장력 조정장치 클립 부분의 심한 움직임이 나타나는 결과를 초래한다. 표 2-3은 장력 장치의 X와 Y를 측정하고 이론적인 값을 가진 Y의 실제값과 비교한 것이다. X와 Y의 관계는 온도 조절 범위의 최대 온도까지 장력 장치의 올바른 기계적 기능을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

확보한다. 이때, 0.40 m는 최대 온도에서 장력 장치의 최소 이격거리다. 자동 장력 장치의 조정은 온도에 따른 전차선이나 조가선의 팽창을 고려해야 하고 이 연장길이는 조정할 전선의 길이 L (L=자동장력장치 도르래에서 고정점까지의 거리)에 비례한다. 길이L 을 알고 전선의 온도를 측정하여 이론값 X, Y를 결정할 수 있다. 장력 조절 장치의 검사나 조정은 바깥 온도가 0℃에서 20℃사이일 때 수행되어야 한다[1].

Table 2-3 Critical value of Y length

TV 임계값	Y = 5 (X - 0.40 m*) (± 3 cm)
IV 임계값	Y는 이론적 수치보다 ± 3 cm 이상 다르다.

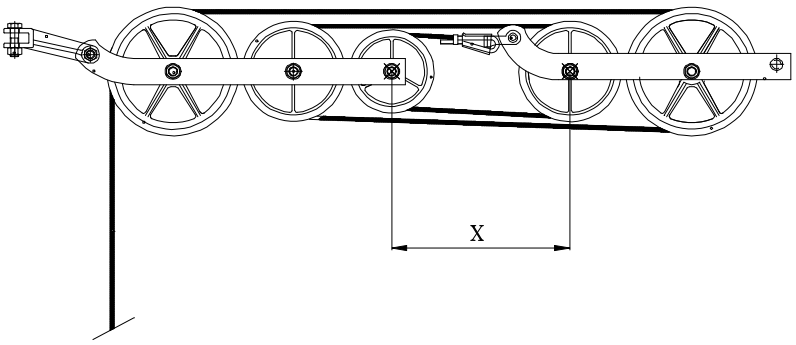


Fig. 2-7 X value for tension device

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

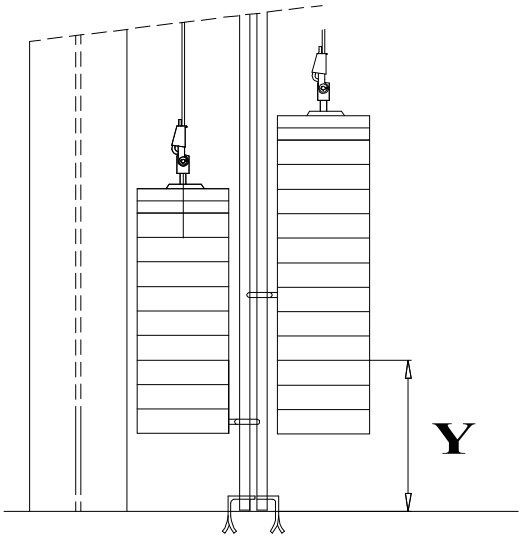


Fig. 2-8 Y value for tension device

4. 전차선로 절연 이격거리

표 2-4는 25[kV]또는 50[kV]공칭 전압이 인가되는 부분에 적용하는 절연 이격거리이다. 오염지구는 해안 지역으로 염해의 영향이 예상되는 곳 그리고 분진 농도가 높은 터널지역 등과 산업화 등으로 인한 오염이 심한 지역 등을 말한다. 다만, 250[㎞/h]급 속도이상 구간의 전차선로 등의 이격거리는 열차바람의 영향을 고려하여 시설하며, 차고와 같이 상시 집전장치(팬터그래프)가 승강하는 장소에서는 전차선과 집전장치의 접은 높이와의 거리가 500[㎜]의 커티너리 가선구간과, 강체가선구간(이동전차선 포함)은 250[㎜]이상 되게 시설한다. 교류 가공전차선로와 서로 다른 계통의 가공전선 간의 수평이격거리는 안전을 고려 2,000[mm]이상으로 이격하면, 기존 시설인 경우는 개량 시에 2000[mm]이상 이격하여 시설 하고, 직류 가공전차선에 있어서는 다른 계통의 가공전선간의 수평이격거리는 600[mm]이상 이격하여 가능한 안전을 확보한다[2].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2-4 Insulation distance of railway

구분	표준 이격거리[㎜]		최소 이격거리(㎜)	
	25[kV]	50[[kV]	25[kV]	50[[kV]
일반지구	300	550	250	500
오염지구	350	600	300	550

D. 전차선로 검측장비

1. 전차선 높이·편위 측정시스템

그림 2-9는 전차선의 높이·편위 측정 시스템이다. 이 시스템은 레이저 높이/편위 측정기는 이동식 레일바이크, 동력차량에 탑재하여 전차선 높이/편위를 비 접촉식 방식으로 정밀한 측정이 가능하며, 주행속도, 누적거리, 측정일시 등의 환경정보와 주행정보가 연동 가능하고, 레일면상의 롤링과 궤간의 측정 데이터를 결합하여 검측이 가능하고, 더불어 비접촉식 레이저 출력을 통해 표시된 지점의 영상을 얻을 수 있으며 분석과 검증이 가능하고 주행 또는 이동 속도에 관계없이 0.2[m]간격으로 검측이 가능하다[11]. 정밀도는 ±0.05[m]로 측정할 수 있고, 전차선의 높이는 4.75[m]~5.5[m]까지 현 기준의 전차선 높이 기준의 시설물은 측정할 수 있다. 또한 ±0.3[m]까지 전차선 편위를 측정할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 2-9 Measurement system for railway wire's hight and deflection

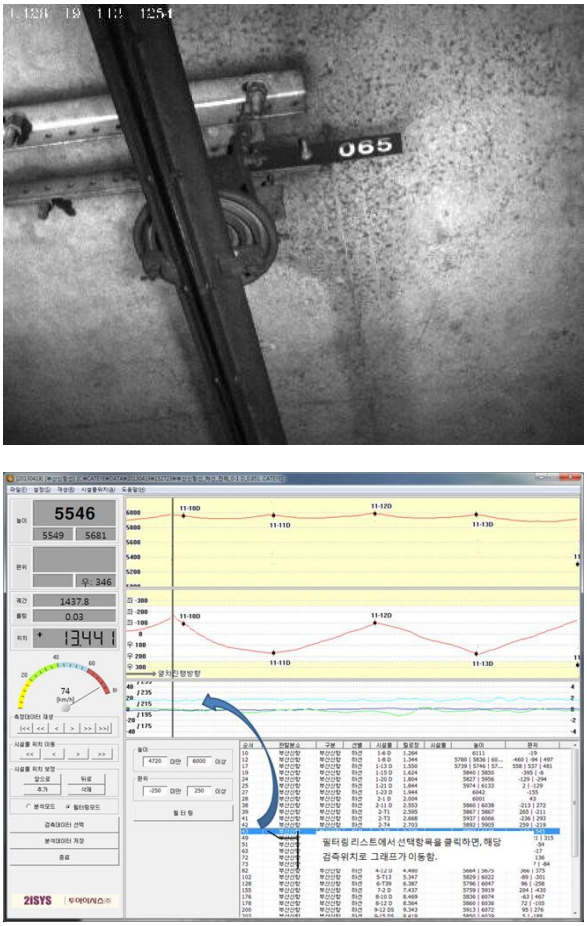


Fig. 2-10 Operating system for railway wire's hight and deflection

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

데이터 수집 장치를 통하여 검사할 경우 전차선 영상은 측정모듈로부터 실시간으로 수집할 수 있고, 이동거리정보(차륜 회전수)는 타코 메타로부터 입력받아 이동 거리 계산에 이용하고, 전차선 측정 신호를 0.2[m] 간격으로 고속영상처리기로 전송가능 하다는 것이 가장 큰 장점이라고 할 수 있다[11].

2. 전차선 접촉력 측정

전차선 아크 측정시스템은 빠르게 주행하는 동력차량의 상부에 장착하여 팬터그래프와 전차선간 발생하는 아크 및 가선전류 가선전압 주행속도 등 발생위치를 위성자표와 차량정보로 측정하여 해당 자료를 얻고 비디오 카메라로 동영상을 촬영 및 저장하여 팬터그래프 아크발생을 검측할 수 있다. 그리하여 다양한 전기적인 검측이 가능하므로 시설물 완공 후 아크 발생 개소를 쉽게 파악할 수 있고 유지보수의 데이터로 이용할 수 있다[11]. 또한 측정시간 없이 이동시간 만으로 측정이 가능하다.

Table 2-5 Detection article for measure the contact force of railway wire

항목	사양	비고
측정 속도	100[㎑]	Arc 발생율 및 이선율 평가
측정파장	220 ~ 22[㎜]	
측정강도	5[㎂/㎠]	
부하전류 측정 속도	2[㎑]	부하전류
영상.MPEGIV,H.264	60[f/s]	팬터그래프 집전 거동상태

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

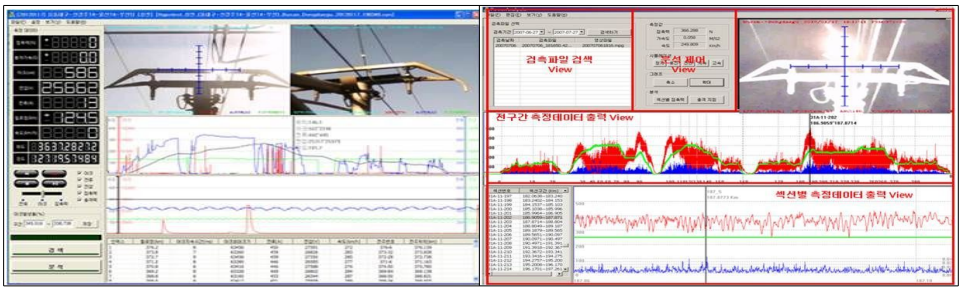


Fig. 2-11 Digital method for measure the contact force of railway wires

3. 전차선 시설물 변형검사 측정시스템

전차선 시설물 변형검사 측정 시스템은 전차선로 이미지 분석 기술을 통하여 대규모 시설물을 고속카메라로 스캔할 수 있고 영상처리를 기반으로 하는 기술을 응용하여 분석이 가능하다. 또한 운영프로그램과 분석프로그램을 잘 활용하여 아래와 같이 검사 결과 치와 검사측정 값을 이끌어 낼 수 있다는 장점이 있으며, 측정시간 없이 단지 이동 시간만으로 측정을 할 수 있다[11].

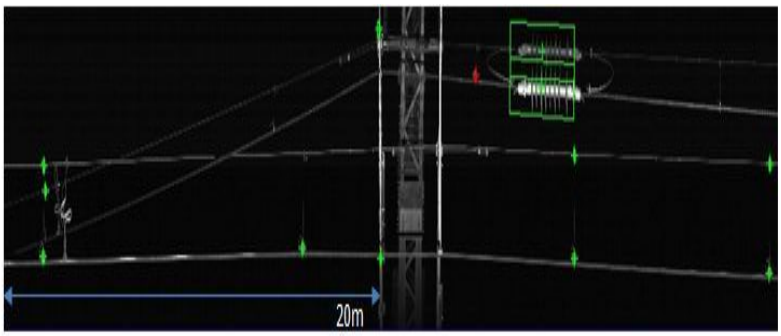


Fig. 2-12 Image of overlap points of railway wires

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

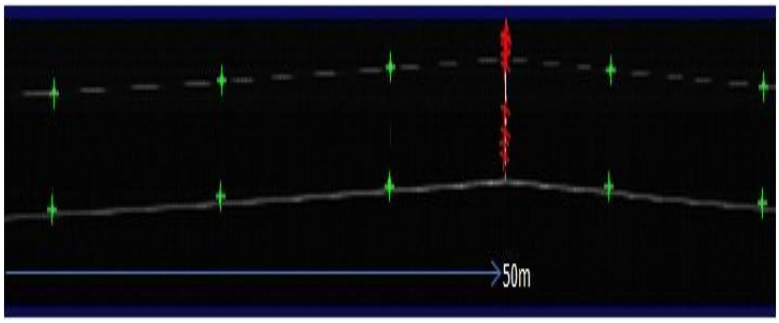


Fig. 2-13 Image of short cut points of railway wires

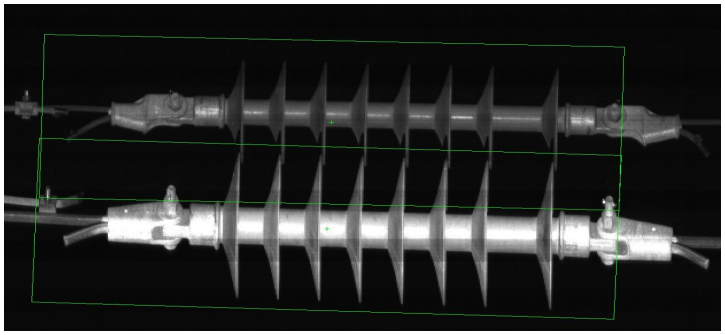


Fig. 2-14 Images of extraction insulator

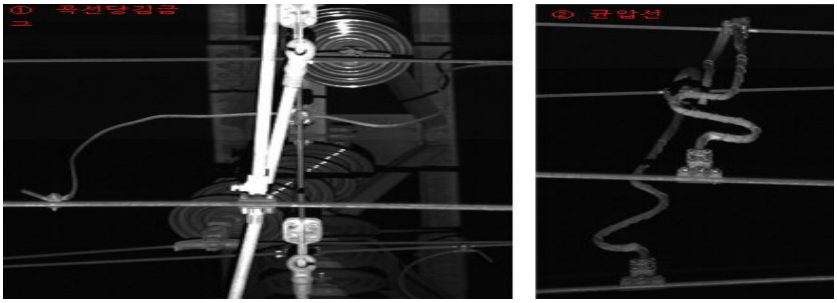


Fig. 2-15 Images of hanger fittings, equalizer, insulation separation device

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 변위 측정 시스템

Table 2-6 Digital displacement meter specifications

구분	사양	
측정 거리	전차선로긴 수평거리 (X)	35[㎜]~ 990[㎜]
	전차선로긴 수직거리 (Y)	0[㎜]~ ±500[㎜]
	전차선로긴 이선거리(Z)	35[㎜]~ 990[㎜]
정밀도	±2[㎜]~	
밧데리, 사용시간	리튬폴리머,4시간 연속측정	
사용 온도	-20[℃]~ +55[℃]	
상대 습도	10[%]~85[%]	
외함 등급	IP 64	
무게	<1.5㎏(Battery포함)	

핸드타입의 고속연산장치를 내장한 Digital 변위 측정시스템은 에어섹션, 에어조인트, 건넘선 등의 여러 교차개소에서 전차선사이의 정확한 수직 수평, 이선거리를 검측하고 정확한 각도 등을 정밀하게 검측할 수 있으며, 전차선 교차부, 분기부 등 미세한 부분까지의 정밀 검측은 휴대용 측정기를 이용하면 검측이 가능하다. 디지털 측정의 경우 수초의 검사시간 절약이 가능하다[11].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 전차선로 장애분석

A. 트립사고 분석

1. 고속선 및 일반선 트립사고

2011년부터 2015년 까지 고속선 및 일반선 구간의 트립 고 현황을 분석한 결과 차량취급불량으로 인한 트립 장애가 23건으로 가장 많았으며, 낙뢰 12건, 작업 중 10건, 전차선로 시설물 불량에 따른 트립이 8건, 조류로 인한 트립 4건, 기타 6건으로 조사 되었다.

Table 3-1 Present conditions of trips (2011~2015)

No	일 시	트립 종류						
		원인불명	낙뢰	조류	작업중	전차선로 시설물 불량	차량결함 및 취급불량	기타
1	2011년	30건	4건	1건	1건		4건	
2	2012년	24건			1건	1건	5건	1건
3	2013년	11건	1건		2건	1건	1건	1건
4	2014년	18건	6건	1건	3건	4건	9건	2건
5	2015년	19건	1건	2건	3건	2건	4건	2건
6	합계	102건	12건	4건	10건	8건	23건	6건

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

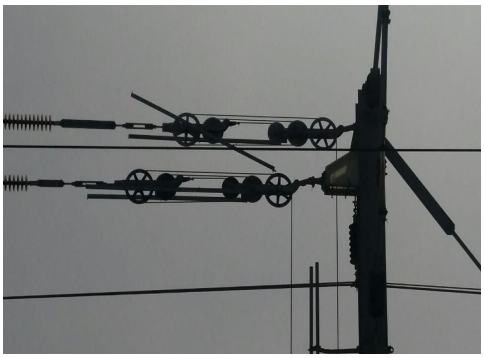
(a) 과선교 안전휀스 낙하로 인한 전차선로 피해

(b) 수목전도에 따른 급전선 소손

(c) 전차선 이물질로 인한 트립 및 열차 운행지장

(d) 터널입구 절연방호관 탈락

(e) 조류둥지로 인한 전차선 트립



(f) 진동에 의한 자동장력장치 눈금자 탈락

Fig. 3-1 Images of railway faults

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 시설물 손상

트립사고 중 102건으로 가장 많은 원인 불명 건에 대한 발생 월이 2~5월중에 집중되어있다. 이는 까치의 번식시기에 발생하는 사고로 짐작된다. 차량 취급 불량 및 적재불량으로 인해 발생한 사건은 총 28건이다. 절연구간 통과 시 판타를 내려 이상 전원에 의한 트립사고를 방지해야 하나 이를 소홀히 한 인적오류로 인한 사고가 가장 많았다. 전차선로에는 낙뢰보호설비로 가공지선 등이 설치되지 않아 직격뢰에 의한 애자파손 등의 사고가 12건으로 조사되었다. 이외에도, 전차선로 설비의 사용연수 경과에 따라 시설물 변형, 드롭퍼 단선 등 기계적 피로도 증가로 인한 설비 손상 증가 및 고속선 주변 보완공사가 빈번해지면서 공사 중에 발생되는 트립사고가 증가했다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 문제점 분석 및 결과

A. 문제점 분석

각종 전선류는 온도 변화에 따른 신축 특성을 감안하여야 한다. 그렇지 않으면 전선의 소손을 초래하게 되기 때문에 시공 시, 전선의 이도를 고려하여야한다. 또, 터널 내에는 항상 먼지와 분진이 상존하고 있기 때문에 장력장치 와이어 유동성을 위한 구리스와 혼합, 고착됨으로써 자동장력 조정장치 특성을 저하시킨다. 이와 유사하게 자동장력 조정장치의 눈금자에서도 억제저항이 발생하여 같은 현상이 발생되었다. 전차선 시공시 충분한 연구신장을 조성하지 못해 시간이 지남에 따라 자동장력 조정장치의 X, Y값이 달라져 한 여름 장력추가 지면에 닿아 장력조정장치의 역할을 못하게 되는 경우도 발생 되었다. 터널내의 각종 먼지는 애자에 코로나 현상을 유발시키는 원인이 된다. 이러한 현상은 터널내의 장간애자와 지지애자의 절연 성능 저하 이유로 분석되었다. 호남선 고속선 개통 후 조류둥지 방지기구가 미부착 된 부하개폐기 설치 구조물에 조류(까치) 산란시기에 비에 젖은 나뭇가지로 인해 전차선 트립사고가 발생하여 익산~공주간 상선을 운행하던 KTX 열차가 퇴행하여 익산역에서 하선으로 역주행 하는 사례도 있었다. 또한 시공당시 역구내 등의 건늠선, 애자형 절연구분장치 등이 설치된 곳에 기술기준에 부적합하게 시공되어 아크발생과 전차선 마모 등이 진행 되고 있다.

B. 분석결과

전차선로 금구류 개선을 위해 반복적으로 아크가 발생되는 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선 전차선 보호를 위한 설비 조정했다. 이를 위해, 설비 기준에 적합한 높이, 편위를 조정함으로써 반복적인 아크 및 마모로 인한 장애 요인 제거하였다. 조류둥지는 기존의 임시 설비가 아닌 철망형, 밀폐

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

형 구조물을 설치하여 조류둥지 생성을 원천 예방하였다. 이를 통해 장애요인을 제거할 뿐만 아니라 인력투입으로 발생하는 비효율적인 유지보수 비용을 개선할 수 있었다. 터널 내에는 먼지, 분진, 습기 등이 항상 내재되어 있기 때문에 터널 자동장력조정장치의 구리스를 재도포하고 터널 외측의 불필요한 눈금자를 철거하여 억제 저항을 줄여줌으로서 본연의 성능을 확보하였고, 애자류에 대한 주기적인 청소를 시행함으로서 애자류의 절연성능을 확보 하였다.

C. 주요 설비의 유지보수

1. 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선

(a) 아크 발생

(b) 건넘선개소 조정

Fig. 3-2 Improvement of air-joint, air-section and over-cross-road

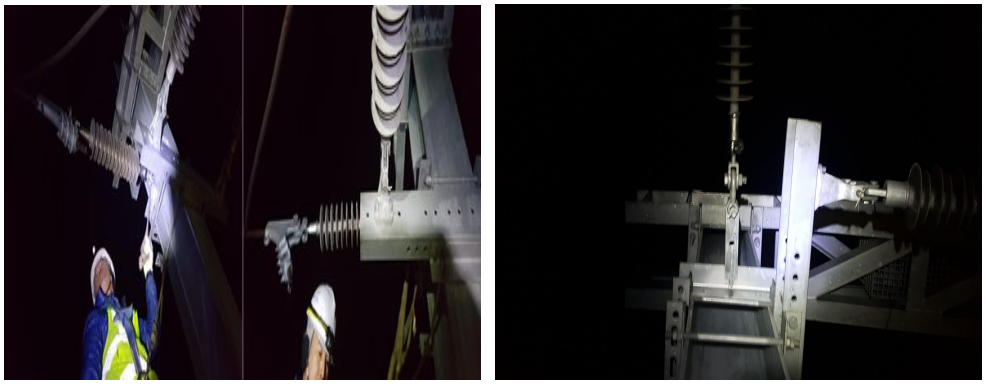
그림 3-2는 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선 개량한 그림이다. 반복되어 아크가 발생되는 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선 개소 조정을 위해, 전구간에 걸쳐서 균압선, 급전분기선 높이 조정 및 습동 되지 않는 부분으로 이설을 하여 개량하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 급전선 인하개소 구조물

그림 3-3은 절연 이격거리 불량 급전선의 절연거리를 조정하는 그림이다. 급전선 인하개소 절연이격거리 불량에 따른 구조물을 개선하기 위해서 각 보조구분소 급전선 인하개소 절연애자와 평행틀 간 구조물을 변경하고, 평철을 삽입하여 이격거리를 확보 하였다.



(a) 절연 이격 거리 불량 (b) 평철삽입 절연이격 거리 확보

Fig. 3-3 Arrange the feeder's insulation distance

3. 가동브라켓 풀림방지너트

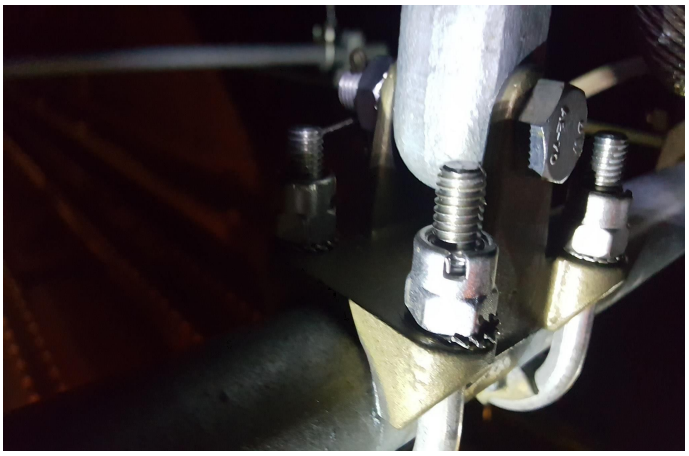
그림 3-4는 가동브라켓 풀림방지너트 불량개소를 교체하는 그림이다. 각종 진동으로 인한 가동브라켓 풀림방지 너트의 내부 스프링이 초기 불량 시공되어 교체한 사례이다. 주기적인 점검을 통하여 불량너트를 검출하고 교체해야 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a) 내부 스프링 파손

(b) 정상 너트



(c) 스프링너트 체결 상태

Fig. 3-4 Replacement of free-brackets and loose-proof-nut

4. 장력조정장치

그림 3-5는 장력조정장치 눈금자이다. 자동장력조정장치의 일정한 장력을 유지하기 위해선 불필요한 눈금자를 철거하여 일정한 장력을 유지해야 한다. 눈금자 철거는 전 구간에 걸쳐 진행되어야 한다. 눈금자를 철거함으로써 자동장력장치의 기능을 확보할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

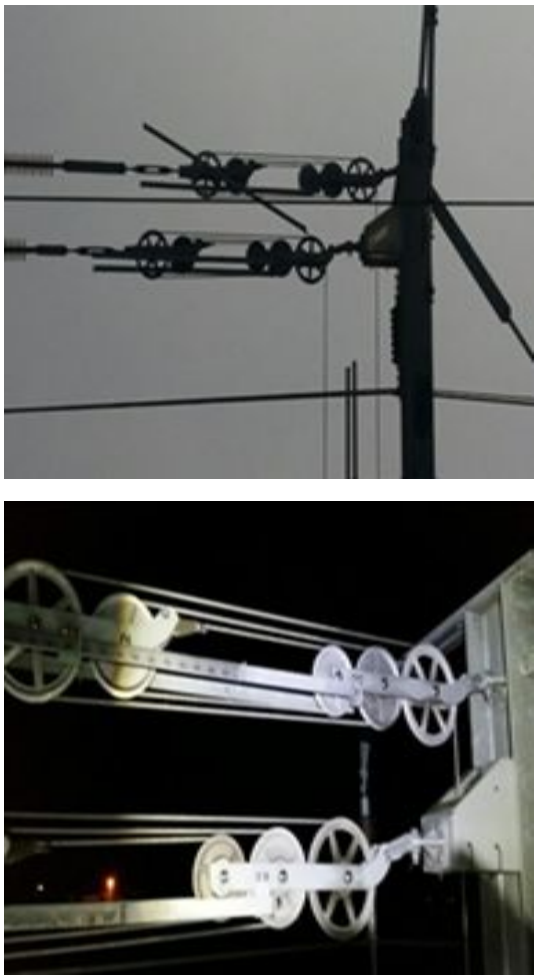


Fig. 3-5 Pull down the outer ruler to reduce the resistance through tensioning device

5. 과선교 하부 조가선

그림 3-6은 과선교 하부의 조가선 절연 방호관을 취부하는 사진이다. 과선교 상부의 각종 낙하물에 의한 전차선로 설비의 파손을 방지 및 보호하기 위해 절연 방호관을 설치하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a) 방호관 취부전

(b) 방호관 취부전2

(c) 사고사례

(d) 방호관 취부 사례

Fig. 3-6 Attachment of the insulative overbridge lower messenger wire

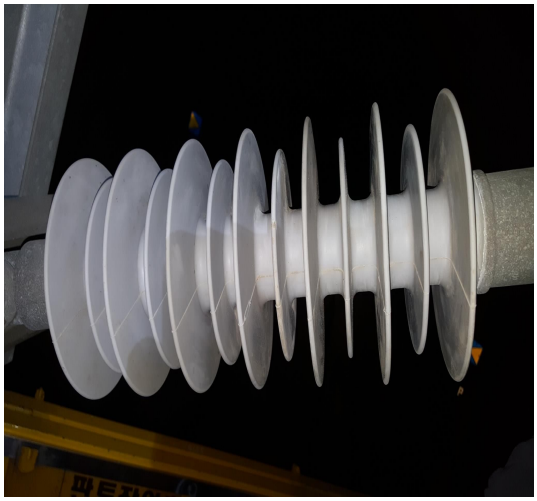
6. 터널 내 애자류

그림 3-7은 터널 내 전차선로용 합성수지 애자 사진이다. 먼지가 쌓인 애자는 절연성능이 떨어지므로 애자를 세척하여 절연성능을 확보해 준다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a) 고분자애자



(b) 유리애자

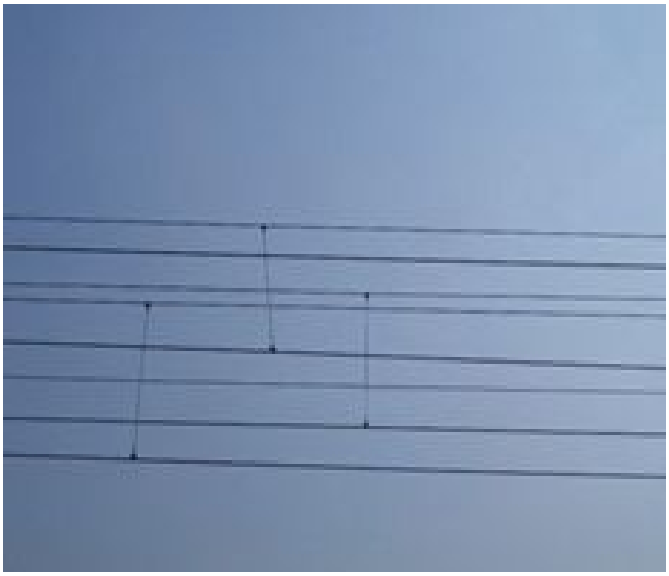
Fig. 3-7 Cleaning the insulator in tunnel

7. 가동브래키트 및 드롭퍼

그림 3-8은 가동브래키트와 드롭퍼 사진이다. 온도의 변화와 궤도작업 등으로 가동브래키트와 드롭바는 변형이 생긴다. 이때 가동브래키트 및 드롭바를 조정하여 변형을 원래대로 바꿔주어야 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(a) Free-bracket

(b) Dropper

Fig. 3-8 Rearrange the free bracket and dropper

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

8. 조류둥지 생성방지를 위한 구조물

그림 3-9는 조류둥지 생성방지를 위한 구조물의 형태를 보완한 그림이다. 조류둥지가 생성되는 구조물의 형태를 분석하여 조류둥지가 생기는 근본적인 이유를 찾고 생성이 불가능하도록 형태를 보완하였다. 빔 내부에 철망형 조류방지기구를 보강하고 부하개폐기에 조류방지 기구를 제작하여 부착하였으며, 터널 입출구에 조류방지 기구를 제작하여 부착하였다.

(a) 빔 내부 철망형 조류방지기구 보강

(b) 부하개폐기 조류방지기구 제작 부착

Fig. 3-9 Supplementation of structure type to prevent the nest

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

9. 접지 취부걸이

그림 3-10은 상시접지 취부구간의 접지취부걸이 그림이다. 상시 접지 취부구간의 전차선 보호를 위하여 접지걸이의 제작 형태를 보완하였다.

Fig. 3-10 Reinforcement the ground attachment in the ground section

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

본 논문에서는 국내 지역적 환경과 KTX 집전장치가 미치는 파동에 의한 기계적 피로도 증가여부가 각종 전차선로 설에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석하였다. 또, 이에 대한 유지보수 개선 대책을 도출하였다. 경부고속철도 개통이후 전차선로 시스템을 유지보수 하고 그 결과를 분석하였다. KTX 고속운전과 각종 설비의 유지보수 주기가 미흡하여 장애가 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 터널 내 설비는 중성액체를 이용하여 탄소와 철분 성분을 제거함으로써 설비의 성능을 유지 시킬 수 있다. 또, 조류를 설비로부터 완벽하게 차단할 수 있는 철망형 구조로 시공하여 조류에 의해 발생되는 장애를 예방하였다. 이 뿐만 아니라, 중장기적 유지보수 관점에서 구조물을 원형 강관주로 시공하는 것이 경제적으로 유리하다. 또한 열차운행 확대 및 유지보수시간 단축에 따라 발생되는 마모현상은 별도의 대책이 필요한 것으로 분석되었다. 특히 전차선 이어, 균압선(128번), 에어죠인트, 에어섹션, 건넘선 개소의 균압선 등은 체결된 부품을 해체하여 내부의 상태를 점검해야 한다. 또한 전선류의 소손여부를 점검 기록하여야 한다. 한국고속철도 전설설비는 프랑스의 고속철도 유지보수 시스템과 동일하게 시행하고 있다. 그러나 한국 고유의 환경적 특징과 열차 운행조건을 감안하여 그 특성에 맞는 유지보수 및 주기를 재설정하고 첨단 디지털 검측장비를 도입 활용하여 유지보수시간의 단축과 효율적 데이터 관리를 통해 열차안전운행에 만전을 기해야 된다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Reference

[1] 철도 설계지침 및 편람(KR CODE 2012) 전철전력편 한국철도시설공단.
[2] 철도건설공사 전문시방서(전철전력편)개정. 2014 한국철도시설공단.
[3] 장광훈, “전차선로 자동검측시스템 활용 최적화 연구”, 박사학위 논문, 2015년
[4] 창상훈, “고속화에 대응한 가선구조의 특성 최적화 방안”, 한국철도기술연구원, 2000.12
[5] 이장무, “속도향상에 따른 가선설비 개량방안 연구”, 한국철도기술연구원, 2004.7
[6] 정상기, “전력시스템 성능향상 기술개발”, 한국철도기술연구원, 2007.12
[7] 권삼영, “해외철도기술동향 : 전차선로-집전분야”, 한국철도학회지 제11권 제2호, 2008
[8] 한국철도공사 연구원“고속철도 전차선로 드롭퍼 기계적 피로원인 분석 연구” 2008.12
[9] 한국철도공사 “고속철도 예방 유지보수 매뉴얼”. 2005
[10] 노재형 “전차선로 유지보수방법 연구” 2011 석사학위논문
[11] 오완식 “전차선로시공품질향상”. 2014 석사학위논문
[12] EN 50119, “Railway applications Fixed installations-Electric traction overhead contact lines”, BSEN. 2009
[13] Y.H. Cho, “Numerical simulation of the dynamic responses of railway overhead contact lines to a moving pantograph, considering a nonlinear dropper”, Journal of Sound and Vibration, 315(3), pp. 433- 454. 2008

Collection @ chosun