

사전이도에 따른 전차선 마모 패턴 분석

Analysis of the Contact Wire Wear Pattern According to the Pre-sag

이인희* · 박재영†
(In-Hee Lee · Jae-Young Park)

Abstract - The contact wire pre-sag in railway overhead catenary has been considered as a innovative idea which improves the current collection quality and is expected to evenly distribute wear along a span. However, long term studies on the effects of pre-sag, especially on the quantitative wear pattern of the contact wire, have not yet been reported. Therefore, in this study, the pre-sag and wear pattern of the contact wire along a span from long term operation of railway in Korea was surveyed. The examination was conducted on 3 lines, the Gyeongbu high-speed line with pre-sag of span/2000, the Gyeongbu existing line without pre-sag, and Gyeongchun line with pre-sag installation on 1/1000 of its span. The wear measurements of 58 sample spans were examined. The wear pattern analysis show no interrelationships between pre-sag and evenly distributed wear, but more wear occurred at the center of a span compared to the ends of the span, especially more noticeable as span length increases.

Key Words : Pre-sag, Contact wire, Wear pattern, Catenary, Span

1. 서 론

전기철도의 전차선로에서 사전이도(pre-sag)는 집전성능을 향상시키고 전차선로를 효율적으로 긴 수명동안 사용하는데 있어서 혁신적인 아이디어로 1970년대 유럽에서는 인식하였다[1]. 그래서 프랑스 같은 나라는 이를 널리 보급하고 채용하고 유지하여왔다[2]. 우리나라도 프랑스 전차선로 모델을 경부 고속선에 그대로 도입한 것을 시작으로 여러 노선에 적용하여 왔다[2]. 사전이도는 우선 일정 속도대역 이상에서 집전 성능을 향상시키는 것으로 알려져 있다[1, 3, 4, 6, 7]. 다음으로 전차선을 한 구간내에서 고르게 마모시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다[1, 3, 5].

그러나 이러한 사전이도의 효과에 대하여, 특히 전차선의 고른 마모(경간 중앙과 경간 끝단의 마모도가 대략 5~10% 이내로 비슷한 것)에 대하여 구체적으로 장기간의 추적 관찰을 통한 계량적 효과에 대한 보고는 발견할 수가 없다[1, 3-7]. 이에 본 연구에서는 사전이도에 따른 전차선의 고른 마모 효과에 대하여 초점을 맞추어 이를 실제 우리나라 전차선로에서 장기간의 운영 결과 만들어진 마모 데이터에 대한 조사 분석을 통하여 그 효과를 분석하였다. 조사는 사전이도가 경간의 1/2000 주어진 경부 고속선, 사전이도가 없는 경부 기존선, 사전이도가 경간의 1/1000 주

어진 경춘선에 대하여 이루어졌다. 본 논문은 경부 고속선, 경부 기존선, 경춘선에 대한 마모 데이터의 조사 내용 및 이를 분석한 내용에 대하여 기술하였으며, 이를 통하여 사전이도와 구간내 전차선 마모 패턴에 대한 상관성에 대하여 결론을 도출하였다.

2. 본 론

2.1 사전이도와 전차선 마모 관계에 대한 이론적 고찰

전차선에 일정 힘을 가하면 어느 정도 압상되는 지는 나타내는 탄성도(elasticity) 계수는 가선 특성을 보는 하나의 주요 항목이다. 그림 1은 심플 커티너리 전차선로의 압상량/탄성도 특성을 보여주는 전형적인 그래프이다[8].

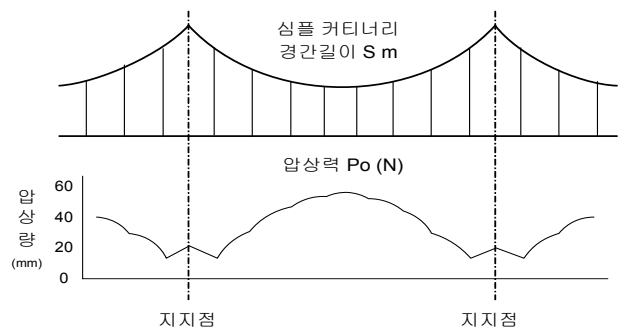


그림 1 전형적인 전차선 압상량 패턴

Fig. 1 Typical contact wire uplift pattern

* Dept. of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University, Korea

E-mail : ihlee3323@kr.or.kr

Received : June 29, 2015; Accepted : September 14, 2015

가공 전차선로 중에 어떤 타입은 전차선이 레일상면으로부터 모든 곳이 같은 높이로 가설되지 않도록 하는 형상을 채택한다. 이 타입은 경간 길이의 0.05~0.1% 정도를(하나의 예) 사전이도를 주도록 하는데, 그럼으로써 경간 중앙에서의 전차선 높이가 지지점에서의 높이보다 낮도록 하는 것이다[1, 8]. 사전이도를 주는 이유는 가공 전차선로(커티너리)가 경간 중앙보다 지지점 부근에서 탄성(강성의 반대 개념)이 작으므로 팬터그래프가 전차선을 압상하는 양이 경간 중앙에서보다 지지점에서 작다는 전제에서 출발한 것이다[1, 8]. 따라서 열차 통과동안 팬터그래프가 거의 동일한 운전 높이를 유지하려면 사전이도를 경간 중앙 부위에 줌으로써 경간 중앙과 지지점에서의 압상량 차이를 보상할 수 있도록 하는 원리에서 고안된 것이다[1, 8].

전차선에 가하는 힘(압상력)을 $F[N]$, 이에 따라 생기는 압상량을 $y[m]$ 라고 하면 그 지점의 스프링계수 $k[N/m]$ 은

$$k = \frac{F}{y} \tag{1}$$

전차선로를 실용적인 모델의 전차선만을 고려한 단순 현 모델로 보고, 경간 길이 $S[m]$, 장력 $T[N]$ 이 걸려있고, 지지점으로부터 거리 $x[m]$ 지점에서 현에 가하는 힘 $F[N]$ 에 의한 압상량 $y[m]$ 은 다음과 같이 구할 수 있다[8].

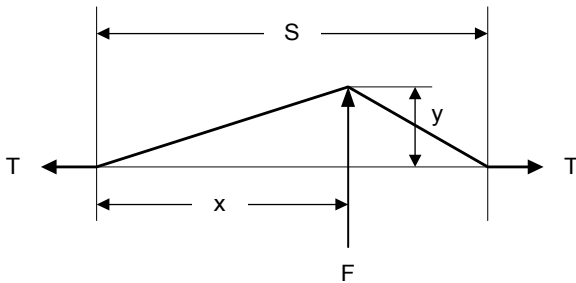


그림 2 단순 현 모델
Fig. 2 Simple string model

$$y = \frac{x(S-x)}{S} \frac{F}{T} \tag{2}$$

y 가 최대가 되는 곳은 F 가 경간 중앙에서 작용할 때이며 이때의 압상량 및 스프링 계수는 다음과 같다[8].

$$y_{x=\frac{S}{2}} = \frac{SF}{4T} \tag{3}$$

$$K_{x=\frac{S}{2}} = \frac{F}{y} = \frac{4T}{S} \tag{4}$$

즉, 경간 중앙에서 압상량이 크며, 따라서 접촉력의 변동성도 커지고, 이 지점에서 전차선 마모도 더 많이 생길 것이라는 것이 이론적 근거이다. 그래서 결국 장기간 운영하면 Hog와 같이 현상이 생기는 것을 염려하게 된다[1].

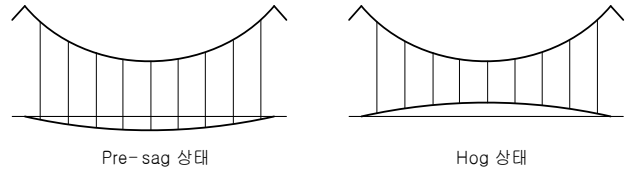


그림 3 전차선의 Pre-sag 및 Hog 상태
Fig. 3 Pre-sag and hog status of a contact wire

2.2 전차선 마모 패턴 조사, 분석

2.2.1 전차선 마모 측정 장비

전차선로 유지보수 업무에서 주기적으로 전차선 마모도를 측정 기록하는데, 이것은 유지보수인력이 일정 간격으로 버니어캘리퍼스를 가지고 전차선 잔존 직경을 측정하는 것이다. 그러나 이것은 한 경간에 대하여 1~2 지점 이상 측정하지는 않는다. 본 연구의 목적이 경간내의 전차선 마모 패턴을 분석하는 것이 목적이므로 전 개소에 걸쳐 연속적으로 전차선 마모도에 대한 정보를 읽는 것이 필요하며 이러한 일반적인 전차선 마모도 측정 데이터로는 정보를 얻을 수 없었다. 따라서 다른 측정 데이터를 찾아야 했으며, 이에 맞는 측정 방법으로 한국철도공사의 전철시험차에 탑재된 전차선로 마모 측정 장비로 얻은 데이터가 적합하다고 판단하여 이를 수집하였다. 이 장비는 이탈리아 Technogamma(지금은 Mermec 회사로 통합)에서 만든 장비이며 레이저를 쏘고 카메라로 프로파일을 읽는 비접촉식 원리로 전차선 마모도를 측정하며 측정 정밀도(불확도)는 0.5mm이다[9]. 검측 속도는 120km/h이며 경부고속선은 2011년 11월에 측정된 데이터를 분석하였고, 나머지 경부 기존선이나 경춘선 등은 2014년 5월에 측정된 데이터를 분석하였다.



그림 4 전차선 마모를 측정하는 한국철도공사의 전철시험차
Fig. 4 KORAIL catenary recording car which measured the contact wire wear

2.2.2 경부 고속선의 전차선 마모 패턴 분석

경부고속선(Kyeongbu HSL, KHSL)은 우리나라 주간선이며 하루에 다니는 열차가 편도 100여 편성에 이르는 메인 라인이다.

경부 고속선의 전차선 선종은 Cu 150mm이며 전차선 단면은 밑면이 넓은 타원과 평평함의 중간적인 형상을 가지고 있다. 이를 Pre-worn 형상(타입)이라 한다. 장력은 19.6kN이 인가되어 있으며, 경부고속선의 최대 경간은 63m이다. 본 논문의 주요 조사 대상 경간인 63m와 49.5m 경간의 드로퍼 간격은 그림 5, 6과 같다. 그림 5, 6에서 보는 바와 같이 사전이도는 첫 번째와 마지막 드로퍼 사이에 주어지며, 사전이도량은 1/2000이라 칭하는데 이것은 경간 중앙에서 사전이도에 의한 처짐량이 경간길이의 1/2000이 되도록 주어진다 뜻이다. 즉, 그림 5에서 경간 길이가 63m이므로 경간중앙에서의 전차선 처짐량은 경간 양쪽 끝단 기준선으로부터 $63/2000=31.5(\text{mm})$ 만큼 처져있다는 뜻이다. 그림 6은 경간 길이가 49.5m이므로 경간 중앙에서의 처짐량(사전이도량)은 $49.5/2000=24.75(\text{mm})$ 이다.

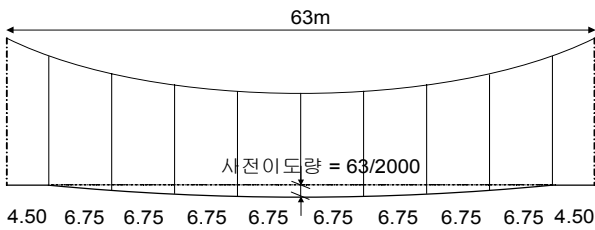


그림 5 경부고속 최대 경간인 63m의 드로퍼 배치 간격(9개 드로퍼)
 Fig. 5 Dropper spacings(9 droppers) of 63m span which is the largest one in Kyeongbu HSL(KHSL)

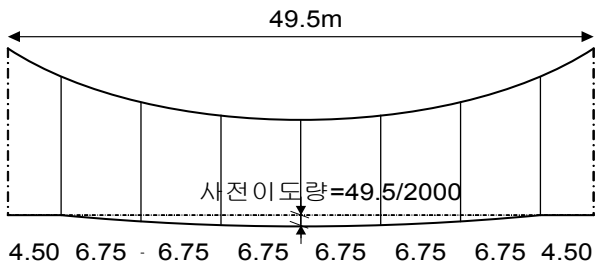


그림 6 49.5m 경간의 드로퍼 배치 간격(7개 드로퍼)
 Fig. 6 Dropper spacings(7 droppers) of 49.5m span

경부고속선(KHSL) 노선 중에서 1단계로 2004년에 개통된 광명~동대구 구간에 대하여 전차선 마모 프로파일을 조사하였다. 이 구간은 고속열차(KTX-1, KTX-산천)가 최고 시속 300km/h로 주행할 수 있는 구간이지만 항상 300km/h로 달리지 않으며, 300km/h 가까운 속도로 달린 빈도수가 많겠지만 300km/h이하 200km/h까지 다양한 속도에서 주행하였을 것이다.

마모도는 상하행선에서 45.0m 경간 7 case, 49.5m 13 case, 58.5m 6 case, 63m 2 case 등 모두 28개 경간 표본을 마모도가 심한 구간을 위주로 무작위로 추출하여 조사하였다. 조사한 값은 표 1부터 4에 나타내었으며, 각 경간별로 조사한 표본의 평균을 낸 것이 그림 7-10이다. 여기서 마모량(mm)이란 전차선 직경을 기준으로 마모되어 없어진 전차선 두께(직경)를 의미하는 것이다.

표 1 경부고속선 49.5m 경간의 13개 표본의 마모량 값 및 평균치

Table 1 Wear values and its average of 13 samples of 49.5m KHSL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)													측정값의 평균 (mm)
	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6	case 7	case 8	case 9	case 10	case 11	case 12	case 13	
0	1.2	1.6	1.5	1.7	1.5	1.7	1.4	1.4	1.4	0.9	1.0	2.0	1.9	1.48
4.5	1.3	1.8	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	2.0	1.6	1.40
10	1.2	1.6	1.7	1.2	1.7	1.2	1.6	1.1	1.1	1.2	1.0	2.0	1.4	1.38
15	1.6	1.5	1.5	1.1	1.5	1.1	1.5	1.1	1.1	0.8	0.9	1.7	1.6	1.31
20	1.6	1.6	1.7	1.3	1.7	1.3	1.5	1.1	1.0	1.0	0.9	2.0	1.8	1.42
25	1.4	1.3	1.8	1.6	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	1.9	2.1	1.45
30	1.8	1.3	1.5	1.7	1.5	1.7	1.1	1.3	0.6	0.9	1.1	1.8	2.0	1.41
35	1.5	1.2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	0.6	0.8	1.0	1.8	2.0	1.29
40	1.6	1.2	0.9	1.7	0.9	1.7	1.1	1.8	0.8	0.8	0.9	1.7	2.0	1.32
45	1.6	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8	1.4	1.5	0.9	0.9	1.3	1.9	1.9	1.50
49.5	1.6	1.6	1.7	1.5	1.7	1.5	1.4	1.5	1.3	1.0	1.0	1.9	1.9	1.51

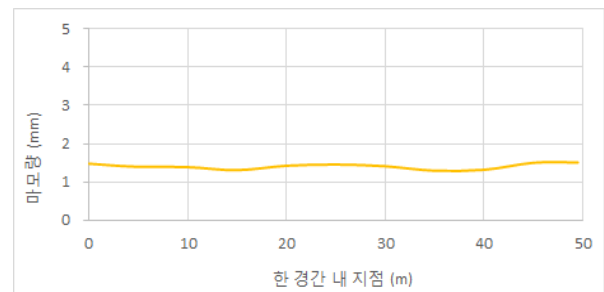


그림 7 표 1의 49.5m 경간 마모량 평균을 그래프로 나타낸 것 (마모 패턴)

Fig. 7 Average wear(wear pattern) of 13 samples of 49.5m KHSL span

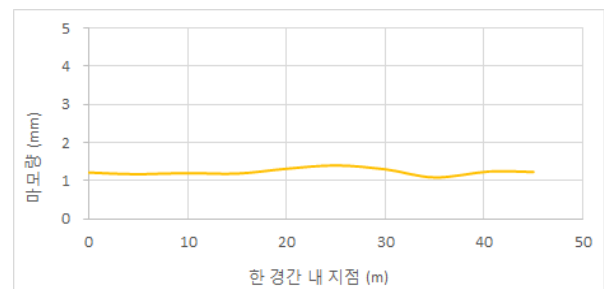


그림 8 표 2의 45m 경간 마모량 평균을 그래프로 나타낸 것(마모 패턴)

Fig. 8 Average wear(wear pattern) of 7 samples of 45m KHSL span

표 2 경부고속선 45m 경간의 7개 표본의 마모량 값 및 평균치
Table 2 Wear values and its average of 7 samples of 45m KHSL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)							측정값의 평균 (mm)
	case 14	case 15	case 16	case 17	case 18	case 19	case 20	
0	1.3	1.0	1.4	1.1	1.3	1.6	0.8	1.21
4.5	1.3	1.1	1.0	1.3	1.3	1.3	0.9	1.17
10	1.1	1.4	1.3	1.4	1.4	0.9	0.9	1.20
15	0.9	1.4	1.6	1.4	1.4	0.7	0.9	1.19
20	1.2	1.4	1.4	1.6	1.4	1.1	1.1	1.31
25	1.3	1.8	1.7	1.5	1.4	0.9	1.2	1.40
30	1.0	1.7	1.5	1.4	1.5	0.8	1.2	1.30
35	0.9	1.4	1.0	1.3	1.5	0.7	0.8	1.09
40.5	1.4	1.5	1.1	1.2	1.6	0.8	1.1	1.24
45	1.4	1.4	1.3	1.3	1.1	0.8	1.3	1.23

표 3 경부고속선 58.5m 경간의 6개 표본의 마모량 값 및 평균치
Table 3 Wear values and its average of 6 samples of 58.5m KHSL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)						측정값의 평균 (mm)
	case 21	case 22	case 23	case 24	case 25	case 26	
0	1.2	1.1	1.0	0.9	1.5	1.4	1.18
4.5	1.4	1.0	0.8	1.1	1.6	1.3	1.20
10	1.3	1.1	1.1	1.5	2.1	1.2	1.38
15	1.2	0.9	1.0	1.6	1.9	1.6	1.37
20	1.3	1.2	1.4	1.4	1.9	1.8	1.50
25	1.4	1.3	1.4	1.4	2.0	1.9	1.57
30	1.5	1.4	1.5	1.2	1.7	2.0	1.55
35	1.2	1.4	1.5	1.0	1.6	1.6	1.38
40	1.1	1.5	1.4	0.8	1.3	1.7	1.30
45	1.0	1.2	1.1	0.8	1.2	1.7	1.17
50	1.3	1.2	1.3	1.0	1.3	1.8	1.32
54	1.2	1.5	1.2	1.2	1.4	1.9	1.20
58.5	1.1	1.3	0.9	0.9	1.4	1.7	1.22

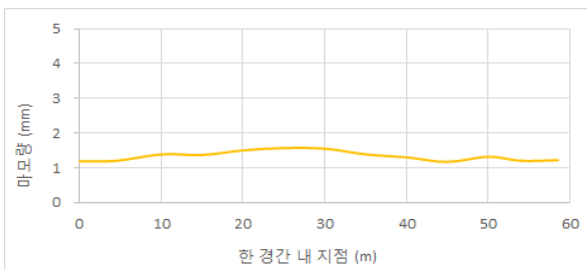


그림 9 표 3의 58.5m 경간 마모량 평균을 그래프로 나타낸 것 (마모 패턴)
Fig. 9 Average wear(wear pattern) of 6 samples of 58.5m KHSL span

표 4 경부고속선 63m 경간의 2개 표본의 마모량 값 및 평균치

Table 4 Wears(2 sample) and its average of 63m KHSL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)		측정값의 평균 (mm)
	case 27	case 28	
0	1.4	1.2	1.30
4.5	1.2	1.2	1.20
10	1.6	1.1	1.35
15	1.5	1.0	1.25
20	1.4	1.2	1.30
25	1.4	1.5	1.45
30	1.5	1.7	1.60
35	1.3	1.6	1.45
40	1.2	1.6	1.40
45	0.9	1.8	1.35
50	1.2	1.5	1.35
55	1.3	1.4	1.35
58.5	1.2	1.1	1.15
63	1.2	1.1	1.15

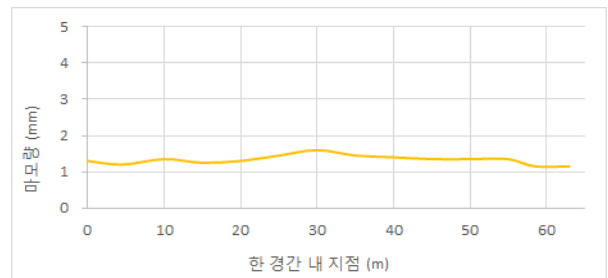


그림 10 표 4의 63m 경간 마모량 평균을 그래프로 나타낸 것 (마모 패턴)

Fig. 10 Average wear(wear pattern) of 2 samples of 63m KHSL span

경부고속선에서 경간 중앙에서의 마모도는 한 경간에 걸친 평균 마모도에 비하여 45m 경간은 109%, 49.5m 경간은 101%, 58.5m 경간은 112%, 63m 경간은 114% 더 마모되는 경향을 보였다.

2.2.3 경부 기존선의 전차선 마모 패턴 분석

경부 고속선(KHSL)과 달리 사전이도가 주어져있지 않은 경부 기존선(Kyeongbu existing line, KEL)을 비교 대상으로 삼고 조사하였다. 이 구간 전차선 선종은 Cu 110mm² 또는 Cu 170mm²이며 전차선의 형상은 원형이다. 장력은 9.8kN(110mm²) 또는 14.7kN(170mm²)이 인가되어 있으며, 최대 경간은 60m이다. 60m 경간에서 드로퍼(행거) 간격은 그림 11과 같으며, 경간 50m 및 40m도 드로퍼 배치 간격은 이와 같으며 가운데 드로퍼 수가 2개씩 적을 뿐이다.

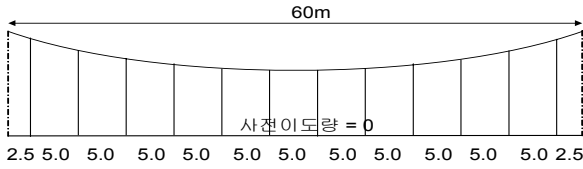


그림 11 경부 기존선 최대 경간인 60m의 드로퍼 배치 간격(12개 드로퍼)

Fig. 11 Dropper spacings(12 droppers) of 60m span which is the largest one in Kyeongbu existing line(KEL)

이 구간은 많은 간선 열차 통행량이 있고, 이미 오랫동안 사용하여 전차선 마모량이 심한 구간이며, 그 중에서도 가장 마모가 많은 구간인 서울-수원 구간을 선정하여 조사하였다. 이 구간에서의 열차 속도는 여객 열차와 화물 열차의 혼용 구간이므로 다양할 것이며, 대략 130~60km/h 범위에 있다.

표 5 경부기존선 60m 경간의 4개 표본의 마모량 및 평균

Table 5 Wears(4 samples) and its average of 60m KEL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)				측정값의 평균 (mm)
	case 1	case 2	case 3	case 4	
0	3.4	3.2	3.3	3.4	3.33
5	3.2	3.7	3.2	3.1	3.30
10	3.5	4.2	3.0	2.8	3.38
15	3.4	4.6	2.9	2.3	3.30
20	2.9	4.6	3.0	2.7	3.30
25	3.6	4.5	3.2	3.4	3.68
30	3.8	4.5	2.9	3.1	3.58
35	4.0	3.9	2.9	3.1	3.48
40	3.9	3.8	3.1	2.7	3.38
45	3.7	3.7	2.9	2.7	3.25
50	3.5	4.0	3.2	2.7	3.35
55	3.2	4.1	3.4	2.7	3.35
60	3.2	4.2	3.4	2.9	3.43

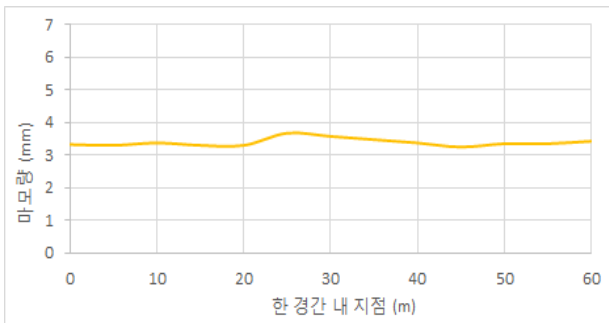


그림 12 경부기존선 60m 경간의 평균 마모량(마모 패턴)

Fig. 12 Average wear(wear pattern) of 60m KEL span

마모도는 상하행선에서 임의로 추출하여 60m 경간 4개, 50m 2개, 40m 8개 모두 14개 경간을 표본으로 조사하였다. 각 경간 별로 조사한 표본의 평균을 내어 그래프로 나타낸 것이 그림 12-14이다.

표 6 경부기존선 50m 경간의 2개 표본의 마모량 및 평균
Table 6 Wears(2 samples) and its average of 50m KEL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)		측정값의 평균 (mm)
	case 5	case 6	
0	3.2	2.5	2.85
5	3.1	2.7	2.90
10	3.2	2.4	2.80
15	3.2	2.4	2.80
20	3.3	2.8	3.05
25	3.1	2.9	3.00
30	3.2	3.2	3.20
35	3.2	3.1	3.15
40	3.2	3.0	3.10
45	2.7	3.0	2.85
50	2.5	2.9	2.70

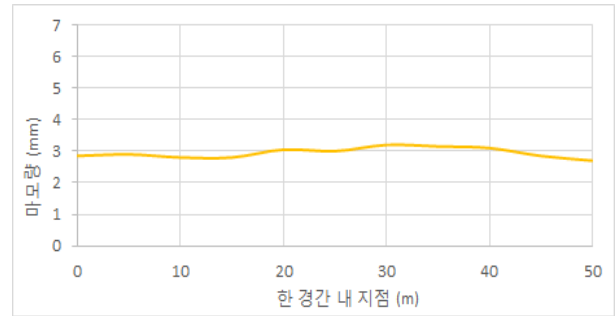


그림 13 경부기존선 50m 경간의 평균 마모량(마모 패턴)

Fig. 13 Average wear(wear pattern) of 50m KEL span

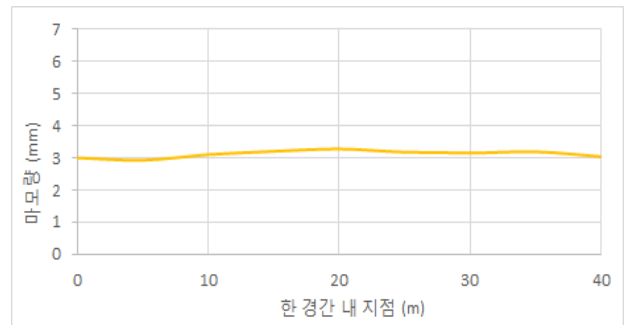


그림 14 경부기존선 40m 경간의 평균 마모량(마모 패턴)

Fig. 14 Average wear(wear pattern) of 40m KEL span

표 7 경부기존선 40m 경간의 8개 표본의 마모량 및 평균
Table 7 Wear values and its average of 7 samples of 40m KCL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)								측정값의 평균 (mm)
	case 7	case 8	case 9	case 10	case 11	case 12	case 13	case 14	
0	3.2	2.5	3.0	3.4	2.1	3.0	3.4	3.4	3.0
5	3.0	2.7	3.1	3.4	2.2	2.9	3.1	3.0	2.93
10	2.8	3.3	3.1	3.2	3.0	3.1	3.1	3.2	3.1
15	3.0	3.1	3.0	2.8	3.5	3.6	3.2	3.4	3.2
20	3.2	2.6	3.4	3.1	3.9	3.3	3.4	3.3	3.28
25	3.5	2.7	2.5	3.2	3.8	3.0	3.5	3.2	3.18
30	3.4	2.9	3.3	3.0	3.5	2.8	3.3	3.0	3.15
35	3.2	3.2	3.2	3.1	3.4	2.9	3.5	3.0	3.19
40	2.5	3.2	3.0	3.5	3.0	2.7	3.4	3.0	3.04

경부기존선에서 경간 중앙에서의 마모도는 한 경간에 걸친 평균 마모도에 비하여 40m 경간은 105%, 50m 경간은 102%, 60m 경간은 106% 더 마모되는 경향을 보였다.

2.4 경춘선의 전차선 마모 패턴 분석

경춘선(Kyeongchun line, KCL) 금곡~춘천 구간은 전차선로가 200km/h가 가능하도록 설계되었고, 사전이도도가 경간 길이의 1/1000이 인가되어 사전이도량이 가장 많이 주어져 있는 구간이다. 전차선 선종은 Cu 110mm이며 전차선의 형상은 원형이다. 장력은 11.76kN가 인가되어 있으며, 최대 경간의 60m이다. 드로퍼 간격은 경부 기존선과 같다. 이 구간은 2010년 12월에 개통되었고 통행량이 많지 않아 전차선 마모가 미미하다. 이 구간을 조사

표 8 경춘선 50m 경간의 8개 표본의 마모량 및 평균
Table 8 Wear values and its average of 8 samples of 50m KCL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)								측정값의 평균 (mm)
	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6	case 7	case 8	
0	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.7	0.44
5	0.4	0.3	0.2	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	0.39
10	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.5	0.40
15	0.3	0.6	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.39
20	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.40
25	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.39
30	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	0.36
35	0.3	0.4	0.2	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.38
40	0.3	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.36
45	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.38
50	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.7	0.41

하는 것은 초기 마모 패턴을 파악하는데 도움이 될 것이다.

마모도는 상하행선에서 임의로 추출하여 50m 경간 8개, 40m 경간 8개 모두 16개 경간을 표본으로 조사하였다. 각 경간별로 조사한 표본의 평균을 내어 그래프로 나타낸 것이 그림 15, 16이다.

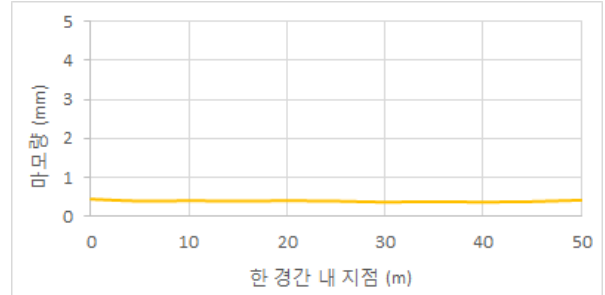


그림 15 경춘선 50m 경간의 평균 마모량(마모 패턴)
Fig. 15 Average wear(wear pattern) of 50m KCL span

표 9 경춘선 40m 경간의 8개 표본의 마모량 및 평균
Table 9 Wear values and its average of 8 samples of 40m KCL span

경간내 위치 (m)	측정값-마모량(mm)								측정값의 평균 (mm)
	case 9	case 10	case 11	case 12	case 13	case 14	case 15	case 16	
0	0.4	0.7	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.7	0.49
5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.44
10	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.40
15	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.38
20	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.36
25	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.38
30	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.38
35	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.43
40	0.6	0.8	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.48

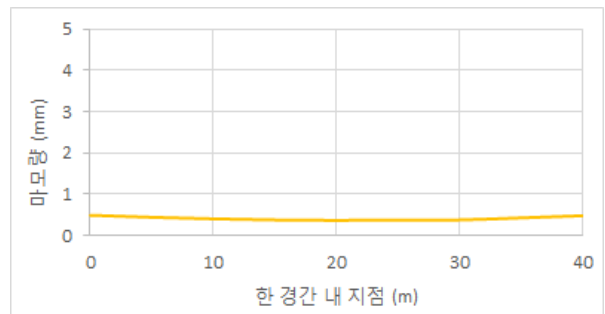


그림 16 경춘선 40m 경간의 평균 마모량(마모 패턴)
Fig. 16 Average wear(wear pattern) of 40m KCL span

경춘선에서 경간 중앙에서의 마모도는 한 경간에 걸친 평균

마모도에 비하여 40m 경간은 88%, 50m 경간은 99%, 의 마모도를 보였다. 경춘선은 사전이도가 가장 많이 주어진 구간이어서 마모의 패턴을 보는 것은 의미가 있긴 하나, 마모가 이제 막 시작되는 단계에 있어 마모량이 작아 측정오차 영향의 비중이 크고, 아직 구체적 마모 패턴을 형성했다고 보기 어려운 면이 있어 분석 및 결론 도출에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다.

3. 결 론

마모가 많이 진행된 구간으로서 판별력을 가질 수 있는 경부 고속선과 경부 기존선 구간에 대하여, 그리고 사전이도가 가장 많이 주어진 구간으로서 이제 초기 마모가 시작되는 경춘선 구간에 대하여, 모두 58개 경간을 경간길이별로 표본 조사하였으며, 마모 패턴을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

(1) 사전이도가 주어져 있는 경부 고속선과 사전이도가 없는 경부 기존선의 지지점과 경간 중앙의 마모도를 비교해 보면, 경부 고속선의 경간 중앙의 마모도가 오히려 심한 것을 보면, 사전이도와 한 경간내 고른 마모 효과는 그 상관성을 찾을 수가 없다.

(2) 경부 고속선이나 경부 기존선 공히 경간 중앙이 마모가 더 심한 경향이 있다. 경간 전체 마모도에 비하여 경간 중앙에서의 마모도는 경부 고속선의 경우는 101~114%, 경부 기존선은 102~106% 정도 더 마모되는 것으로 나타났다. 따라서 시간이 오래 지나면 Hog 현상이 생길 수 있는 염려는 사실인 것으로 보인다.

(3) 경간 길이가 길어짐에 따라 경간 중앙에서 마모가 더 심해지는 경향을 보인다.

결론적으로 사전이도에 따른 고른 마모 효과는 그 상관성을 찾을 수 없으며, 경간 중앙이 지지점 근처보다 많이 마모되는 경향을 보이며, 특히 경간 길이가 길어짐에 따라 그 현상이 두드러지게 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 현상의 원인으로서는 2.1절에서 살펴본 전차선의 정적 특성과 함께 팬터그래프의 모델, 속도 등 전차선과 팬터그래프 사이의 동역학적 상호작용 특성이 함께 마모에 영향을 미침에 따라 이런 마모 패턴을 나타내는 것으로 유추된다.

References

[1] SIMENS, Contact lines for electric railways - planning, design, implementation, maintenance, Publicis Publishing, ISBN 978-3-89578-322-7, pp. 158, 636-638, 2009

[2] Kwon SY, An SH, Choo JS, A review on the geometry changes when increasing the contact wire tension to implement 400km/h test run of the next high speed train HEMU-430X, Proc. of autumn conference of the Korean society for railway, 2009

[3] Cho YH, Lee KW, Park Y, Kang BB, Kim KN, Influence of contact wire pre-sag on the dynamics of pantograph-

railway catenary, I. J. of Mechanical Sciences, No.52, pp. 1471-1490, 2010.

[4] Wu TX, Brennan MJ, Dynamic stiffness of a railway overhead wire system and its effect on pantograph-catenary system dynamics, J Sound Vib 1999; 219(3); 483-502.

[5] Lopez-Garcia O, Carnicero A, Torres V, Computation of the initial equilibrium of railway overheads based on the catenary equation, Eng Struct 2006; 28; 1387-94.

[6] Zhang W, Mei G, Zeng J, A study of pantograph/catenary system dynamics with influence of presag and irregularity of contact wire, Vehicle Syst. Dyn. 2002; Suppl. 37; 593-604.

[7] Cho YH, Numerical simulation of the dynamic response of railway overhead contact lines to a moving pantograph, considering a nonlinear dropper, J Sound Vib. 2008; 315; 433-54.

[8] RTRI, Characteristics of contact wire and pantograph, Yeonusa publishing authority, pp. 7-9. 1993.

[9] KORAIL, Catenary recording car operation and maintenance manual, 2010.

저 자 소 개



이 인 희 (In-Hee Lee)

2014년 우송대학교 철도전기제어공학과 졸업(공학석사). 1983년 7월~2003년 12월 철도청 고속철도건설공단. 2004년 1월~현재 한국철도시설공단 부장.



박 재 영 (Jae-Young Park)

1996년 고려대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2007년 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 졸업(공학박사). 1970년 1월~2007년 2월 철도청 및 한국철도공사 오송 고속철도 전기 사무소장. 2007년 3월~현재 우송대학교 철도전기시스템학과 교수.