ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol.67, No.5, pp. 688~694, 2018
http://doi.org/10.5370/KIEE.2018.67.5.688

강체전차선로 이행구간 Heavy Simple Catenary 적용을 위한 압상량 고찰

A Study on the Uplift for Applying of Heavy Simple Catenary System in a Overhead Rigid Conductor Rail Transition Section

김 완 일* · 박 원 찬** · 이 재 봉*** · 김 재 문†
(Wan-il Kim · Weon-Chan Park · Jae-Bong Lee · Jae-Moon Kim)

Abstract - The transition section of the overhead rigid conductor rail (ORCR) consists of a direct induction device and a limit point to prevent the power supply failure and failure of the electric railway vehicle pantograph due to the difference of the uplift in the catenary line. In T-Bar transition section, a twin simple catenary is mostly installed between the overhead catenary system (OCS) in the ground section and the ORCR in the underground section. In this paper, we compare and analyze the possibility of replacing the twin simple catenary with heavy simple catenary. The reliability of numerical analysis results was confirmed by comparing field test with numerical results. Comparing the numerical results of the twin simple catenary with the heavy simple catenary in the transition section, the .difference uplift is 5.9[mm] on average. When applying heavy simple catenary instead of twin simple catenary, the slight difference of uplift can be compensated by adjusting the height of hanger-ear or support bracket.

Key Words : Transition section, Twin simple catenary, Heavy simple catenary, Uplift, ORCR, OCS

1. 서 론

수도권 도시철도는 1974년 1호선 서울역~청량리 지하구간 9.54[㎞]에 강체전차선로(Overhead Rigid Conductor Rail, 이하 ORCR) DC 1,500[V]급의 T-Bar방식으로 건설되었다. 그리고 1980년도 유럽에서 개발된 AC 25[kV]급 R-Bar방식은 1994년 광역철도의 과천선 지하구간에 도입되었다.

가공전차선로(Overhead Catenary System, 이하 OCS)와 T-Bar방식의 ORCR을 혼용하는 가선시스템에서 가선의 강성을 완화하여 전동차량에 집전성능이 양호하게 하는 것을 이행(異行) 구간이라 한다. 또한, R-Bar방식은 강체전차선로의 이행구간은 직접 유도장치와 제한점으로 구성하여 전동차량의 팬터그래프 급전장애 및 고장을 방지하고 있다. 그리고 팬터그래프의 집전특성을 고려하여 지하구간 ORCR에서 지상구간 OCS로 전동차량이 안전하게 운행할 수 있도록 구축하였다.

T-Bar방식의 이행장치는 지상구간의 심플(Simple) 또는 헤비 심플 전차선로(Heavy Simple Catenary)와 지하구간의 ORCR의 사이에 중간 정도의 압상량을 갖고 있는 트윈심플전차선로(Twin Simple Catenary)를 지지물의 경간을 점차 축소 조정하여 구성한다. 이러한 이행장치의 구성은 터널 내 약 55[m] 지점에서 지상구간 약 300~500[m]의 이행장치 설치구간이 필요하다. 이는 지하구간과 지상구간의 가선방식에 따른 지지점간 높이변화 제한을 준수하기 위해 트윈심플 전차선로와 심플 또는 헤비심플 전차선로의 기계적인 구분장치 Air Joint 구성에 필요한 거리에 기인한다.[1]

최근 전기철도 노선은 지하구간에서 차량기지로 전동차량이 진출입선로가 터널입구에서 바로 교차 분기되는 조건이 발생하고 있다. 일본의 경우에도 기존 이행장치 시스템의 문제점을 해결하고자 2007년 새로운 이행장치 시스템을 개발하였다. 국내의 문제점인 이행장치 설치구간의 부족이 아닌 전동차량 운행속도 향상을 목적으로 개발한 차이가 있다.

일본의 강체전차선로는 역간 간격이 짧아 최대 90[km/h] 이하로서 속도를 향상하기 위해 최대 130[km/h]에서 운행하는 고속운행의 터널구간을 확장하였으나, 강체전차선로와 지상부 Catenary 조가방식 전차선로의 이행장치가 복잡하고 열차가속을 저해하는 열악한 집전 특성과 높은 건설 비용으로 새로운 시스템의 개발이 필요하였다. 개발된 새로운 이행장치 시스템은 기존 이행구간 설치길이의 1/3로 단축되었고 최대속도 130[km/h]로

† Corresponding Author : Dept. of Transportation System Engineering, Graduate School of Transportation, Korea National University of Transportation, Korea.
E-mail: goldmoon@ut.ac.kr
* Dept. of Transportation System Engineering, Korea National University of Transportation.
** Deputy General Manager. SeoulMetro.
***Dept. of Transportation System Engineering, Korea National University of Transportation, Korea.
Received : February 5, 2018; Accepted : April 3, 2018

Copyright ⓒ The Korean Institute of Electrical Engineers
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

운행하는 열차에 대하여 만족스러운 성능을 나타내었다.[2]

본 논문에서는 압상량 측면에서 이행장치 구성에 기존의 트윈 심플 전차선로를 대체하여 설치기준에 부합하는 헤비심플 전차선로 구성에 대하여 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 전차선의 정적 압상량

일반적으로 팬터그래프의 압상량에 대해 가장 많이 사용되고 있는 계산방식은 평균값 모델에 의한 것이다. 단순 현 모델인 경우 지지점에서 압상량 계산이 부정확한 것에 비해 평균값 모델은 지지점에서 비교적 정확한 값을 제공한다. 전차선에 대한 동적 압상량은 열차속도 100[km/h] 미만의 구간에서는 정적 압상량의 3배 정도로 계산된다.[1]

경간 중앙에서의 전차선 압상량은 단순 현 모델에 의한 이론적 접근방식과 동일하며 식 (1)로 표현된다. 그리고 조가선 등이 있어도 장력(T)만 총 가선 장력으로 구하면 된다. 그리고 지지점에서의 전차선 압상량은 행거 개수를 고려하여 식 (2)와 같이 구할 수 있다.[3]

$$y = \frac{x(S-x)}{S} \times \frac{F}{T} = \frac{(\frac{S}{T} - \frac{x}{T}) \times \frac{x}{T} \times F}{\frac{S}{T}} \; [m] \tag{1}$$

$$y = \frac{F \times S}{T_t} \times \frac{1 + \frac{T_m}{T_t}}{2 \times (1 + 2n\frac{T_m}{T_t})} \; [m] \tag{2}$$

여기서, y : 압상량 [m], x : 지지점으로부터의 거리(진행방향 기준)[m], n : 행거 개수, S : 경간[m], F : 팬터그래프 압상력[kgf], T_t : 전차선 장력[kgf], T_m : 조가선 장력[kgf]

2.2 열차속도에 따른 전차선의 동적 압상량

전차선의 동적 압상량은 지지점에서는 조가방식별 큰 차이가 없으나 경간 중앙에서는 차이가 크게 나타나고, 열차속도 V에 따라 압상량 변화가 크게 발생한다.[4]

전차선 지지점에서 동적 압상량 계산은 식 (3)과 같다.

$$y = \frac{(3F)^2}{8w} \times (\frac{1}{T_t} + \frac{1}{T_m}) \; [m] \tag{3}$$

여기서, F : 팬터그래프 압상력[N], ω : 가선 단위중량[kg/m], T_t : 전차선의 장력[N], T_m : 조가선의 장력[N]

그리고 지지점 이외 개소에서 전차선의 동적 압상량이 최대일 때 열차속도는 식 (4)와 같이 표현된다. 또한 임의의 x점에서 동적 최대 압상량 y_m은 식 (5)과 같다.[5]

$$V = C \times \frac{x}{(2S - x)} \; [m/s] \tag{4}$$

$$y_m = \frac{1}{1 - (\frac{V}{C})^2} \times [\frac{F}{T} \times x(1 - \frac{x}{S})(1 + \frac{V}{C})] \tag{5}$$

여기서, V : 열차속도[m/s], C : 전차선의 파동전파속도[m/s], S : 경간[m], T : 가선의 장력[N], F : 팬터그래프 압상력[N], x : 지지점으로부터의 거리(진행방향 기준)[m]

2.3 현장시험에 의한 압상량 측정값과 계산값 비교

OCS에 적용하는 헤비심플 전차선로에서 전차선 압상량에 대한 현장시험(텔레메트리 시스템)은 현차시험에 의한 압상량 측정을 위해 시험환경 및 조건은 표 1과 같다.

표 1 시험조건 및 환경
Table 1 Test condition and environment

구 분	내 용
장소	2호선 잠실철교
기상	맑은 날씨, 풍속 5[m/s] 이하
방법	전철주 지지점 전차선위치에 측정센서 부착하여 3종류의 편성이 측정점 통과시 압상량 측정

그림 1은 압상량 측정시스템에 대한 세부 구성도를 보여준다.[3] 시험장치의 주요 사양은 총 채널수가 16채널이며, 채널당 최대 샘플링 주파수는 1[kHz]이다. 전차선의 압상력 측정을 위해 센서부에 변위계(Wire extension)을 설치하였으며, 측정가능 변위는 최대 2[m]이다. 변위 측정 위치는 곡선당김금구에 의한 전차선 지지점으로 하였다.

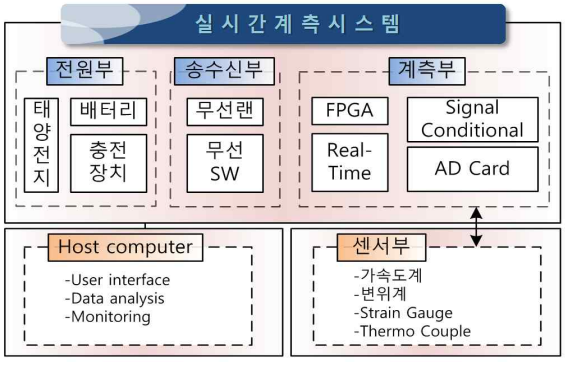

그림 1 전차선 압상량 무선계측시스템 구성도
Fig. 1 Configuration of telemetry system for contact wire uplift measurement

전동차 3개 편성이 측정지점을 6회 통과하여 측정된 압상량은 표 2와 같다. 최소 압상량은 14.2[mm], 최대 압상량은 43[mm]

표 2 지지점 압상량 측정결과 [단위: mm]
Table 2 The measurement result of uplift at support

차량편성	최소 압상량	평균 압상량	최대 압상량
편성 1	14.20	19.67	30.60
편성 2	30.70	34.60	43.00
편성 3	17.60	24.87	40.70
평균 값	20.83	26.38	38.10

이고 평균 압상량은 26.38[mm]을 보였다.

한편 이론에 의한 압상량을 구하기 위해 일반적으로 도시철도 구간에서 운영되는 조건을 기준으로 하였다.

(ⅰ) 조가방식: Heavy Simple Catenary
(ⅱ) 경간(S): 50[m], 행거갯수[n] : 7
(ⅲ) 열차운행속도(V): 70[km/h]
(ⅳ) 전차선 170㎟의 장력(T_t)=1,500[kgf]
(ⅴ) 조가선 135㎟의 장력(T_m)=1,500[kgf]
(ⅵ) 전차선 170㎟의 단중(w)=1.511[kg/m]
(ⅶ) 팬터그래프의 압상력(F)=6[kgf]

일본 국유철도전기기술협회에서 제시한 "일반적으로 100[km/h] 미만에서 정적 압상량의 3배를 적용하고 100[km/h] 이상에서는 3배 이상의 값을 고려하여야 한다."를 참고하여 식 (2)에 의해 계산값의 3배를 적용하면 39.9[mm]와 같다. 또한, 열차속도에 의한 지지점의 동적 압상량은 식 (3)에 의해 계산하면 35.73[mm]를 나타낸다. 현장시험 결과와 이론적으로 구한 값을 비교하면 식 (2)에 의한 정적 압상량 계산값의 3배로 동적 압상량을 구한 값은 39.90[㎜]은 3개 편성의 측정한 압상량의 평균값 26.38[㎜]은 13.52[mm]의 차이값을 나타냈다. 식 (3)에 의해 동적 압상량을 도출한 계산값 35.73[㎜]은 3개 편성의 측정한 최대 압상량의 평균값 38.1[㎜]에 근사한 값으로 표 3과 같다.

표 3 전차선 지지점의 동적 압상량 [단위: ㎜]
Table 3 Dynamic uplift at support point of contact wire

구 분	현차시험 평균값	계산값	차이값
압상량	26.38	39.90	+13.52
최대 압상량	38.10	35.73	-2.37

현차시험한 지지점 경간은 50[m] 기준으로 당시 교량위의 기상상태 등 측정조건의 변화에 의한 압상량 변동 폭을 감안하더라도 지지점에서 동적 압상량 계산은 경간 50[m]로 식 (2)에 의한 정적 압상량의 3배로 구하는 방법이 신뢰할 수 있는 수치임을 확인하였다.

현장시험의 압상량 측정결과 표 2와 같이 3개 편성의 평균 압상량은 최소 20.83[㎜], 평균 26.38[㎜], 최대 38.1[㎜]로 측정되었다. 평균값을 기준으로 최소값은 5.55[㎜] 편차를 보였지만, 최대값은 11.72[㎜] 편차를 보였다.

현차시험 측정은 당시 교량 구조물의 탄성 및 기상변화 등 외부환경 조건에 따라 기인한 것이며, 헤비 심플 전차선로로 변경 적용하여야 할 35[m]경간의 이행구간에 동적 압상량 계산값은 27.9[m]로 50[m] 경간의 계산값 보다 약 43%가 작아지지만 가선의 강성변화로 인해 전동차량의 집전성능에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

2.4 이행장치 설치 기준 및 사례 분석

터널구간의 강체 T-Bar 조가방식 전차선로와 지상구간 Catenary 조가방식 전차선로는 기계적 특성이 다르기 때문에 가선시스템 사이에 팬터그래프의 원활한 집전을 위해 이행장치를 설치한다. 이행장치는 추종성이 없고 압상량이 "0"에 가까운 강체 전차선로와 추종성과 압상량이 상대적으로 큰 OCS 사이에 기계적 특성의 차이를 점차적으로 일정하게 구성하는 설비를 말한다. 그림 2는 전차선 조가방식별 정적 압상량을 비교한 것으로 일반적으로 지지점보다 경간 중앙에서 압상량이 높게 나타난다.[5]

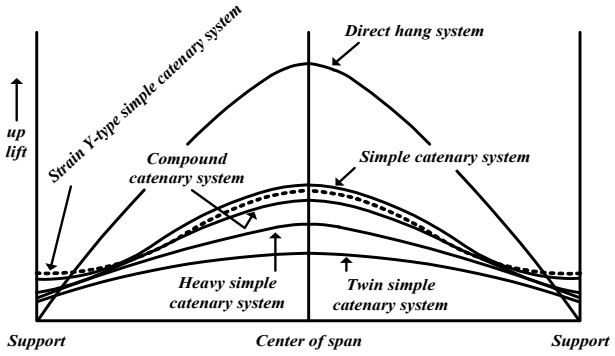

그림 2 전차선 조가방식별 정적 압상량
Fig. 2 Static uplift with respect to contact wire hang system

국내 도시철도는 직류(DC) 전기철도로 건설 운용 중으로 이행장치 설치기준은 국토교통부 고시 제2013-39호(도시철도시설 표준규격)에 따르면, 지상/지하 이행구간은 "트윈 심플 커티너리 및 헤비 심플 커티너리 방식"으로 구성된다고 명기하고 있다. 그러나 대부분 국내에서는 팬터그래프의 압상력을 억제하기 위해 트윈 심플 커티너리 방식을 적용하고 있다. 선로구배 조건에 따라 다르지만 전차선 표준높이가 OCS는 5,200[㎜], ORCR은 4,750[㎜]일 때 집전성능을 감안하여 약 300[m]로 이행구간을 구성한다. 터널입구에서 ORCR은 압상량을 고려하여 그림 3과 같이 100[㎜]가 높게 구성하고 터널입구에서 약 20[m]가 경과한 지점에 팬터그래프의 병행 습동거리는 5[m]이다.[6]

도시철도 구간에서 직류공급방식은 전압이 낮고 전류가 많이 흐르는 특징이 있다. 일반적으로 이행구간은 T-Bar방식의 ORCR과 Simple Catenary 또는 헤비심플 전차선로를 사용하는 터널내 OCS의 압상량은 약 15[mm] 이내를 적용한다. 이행장치 구성은 그림 4와 같이 트윈심플 전차선로를 설치하여 전동차량의 팬터그래프가 원활한 집전이 가능하도록 설치되어 운영되고 있다.

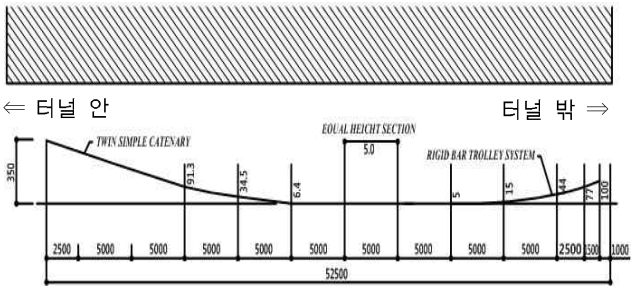

그림 3 터널내 이행장치 설치 기준
Fig. 3 Installation reference of transition device in tunnel

그림 4 트윈심플 전차선로 이행장치 설치사례
Fig. 4 Example of transition device installation by twin simple catenary

2.5 Heavy Simple Catenary 조가방식 적용성 고찰

직류급전방식 T-Bar 시스템의 이행장치에서 트윈심플 전차선로를 적용한 지지물 경간 등 기존 선로 조건하에서 헤비심플 전차선로로 적용여부를 검토하였다. 이를 위해 전차선로의 터널 내, 외의 경간 중앙 최대 동적 압상량을 계산하여 비교 분석하였다. UIC 799-1 OR 규격에서 팬터그래프 통과 시 지지점에서 전차선 최대 압상허용량(기후적 영향 제외)은 100[㎜]로 제한하고 있다.[7]

표 4 이행구간 지지물 경간 [단위: m]
Table 4 Support span in transition device section

지지물 번호	경간	비고
터널입구~No.1	5	기존 설치된 트윈심플 전차선로 조가방식의 전차선로 지상부 지지물 경간
No.1~No.2	10	
No.2~No.3	15	
No.3~No.4	20	
No.4~No.5	25	

기존 트윈심플 전차선로를 적용하고 있는 이행장치 구간에서 터널 입구부터 터널외부 방향으로 지지물 경간은 표 4와 같다.

직류급전방식의 T-Bar방식 이행장치 구성의 조가방식별 정적 압상량은 식 (1)과 식 (2)에 의해 표 5와 같이 결과를 얻을 수 있다. 이행구간에서 정적 압상량의 차이는 표 5와 같이 트윈심플 전차선로에 비해 헤비심플 전차선로에서 최소 1.89[㎜], 최대 9.36[㎜]로 산출되었다.

표 5 조가방식별 이행구간 압상량 비교 [단위: ㎜]
Table 5 Uplift comparison in transition device section with respect to hang systems

지지물 번 호	경간 [m]	Twin Simple Catenary		Heavy Simple Catenary		비 고
		지지점 개소	경간 중앙	지지점 개소	경간 중앙	
터널내	5	22.5	11.25	30	15	직접조가방식
터널입구~No.1	5	15.0	5.61	20.1	7.5	1.89
No.1~No.2	10	18.0	11.25	24.0	15	3.75
No.2~No.3	15	19.2	16.89	25.8	22.5	5.61
No.3~No.4	20	20.1	22.50	26.7	30	7.50
No.4~No.5	25	20.4	28.14	27.3	37.5	9.36
평균값	-	17.57		23.45		약 5.9(33.3%)
표준경간	50	21.3	56.25	28.5	75	

1) 열차속도에 따른 경간중앙의 최대 압상량 고찰

국내 도시철도 T Bar 시스템의 설계속도는 80[km/h]이다. 이 행장치가 있는 개소는 대부분 터널구간에서 지상구간 방향으로 선로구배가 30[‰] 이상이 되어 60[km/h]이하의 제한속도가 규정되어 있다. 따라서 최대 선로구배 30[‰] 이상인 이행구간에서 전동차량 제한속도 60[km/h]일 경우 경간 중앙지점의 최대 압상량은 식 (5)에 의해 60.3[mm]이 되었다.

○ 조건
- 전차선 170㎟ 장력(T_t) : 14,700[N]
- 전차선 170㎟ 단중(ρ) : 1.511[kg/m]
- 팬터그래프 압상력(F) : 58.8[N]
- 경간(S) : 50[m]
- 파동전파속도(C) : $\sqrt{\frac{T_t}{\rho}} = 98.63[m/s]$
- 열차속도(V) : $60[km/h]$

전동차량 운행속도 60[km/h]인 경우 경간중앙의 최대 동적 압상량은 60.3[㎜]로 표 5에서 분석한 100[km/h]이하에서 식 (1)에 구한 경간중앙의 최대 동적 압상량 값 75[㎜]보다 작은것을 알 수 있다. 구배가 심한 개소에서는 열차속도가 더욱 제한되어 전차선 압상량은 작게 된다.

2) 압상량 계산에 따른 고찰

그림 5는 표 5를 그래프로 표시한 것으로서 트윈심플 전차선로보다 헤비심플 전차선로가 평균값 약 5.9[㎜]의 압상량 차이

를 보였다. 압상량 차이에서 최소값은 터널입구~No.1 지지물간 5[m]경간 중앙에서 1.89[㎜], 최대값은 No.4~No.5 지지물간 25[m]경간 중앙에서 9.36[㎜]이다.

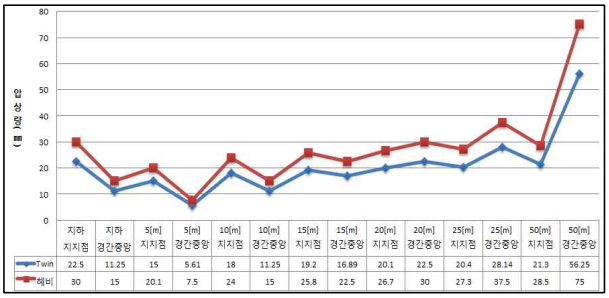

그림 5 조가방식에 따른 개소별 전차선 압상량

FIg. 5 Uplift of contact wire with respect to points by hang systems

또한, 그림 6에서 보듯이 경간 20[m] 미만에서 지지점 위치에 비해 경간 중앙의 압상량이 작다는 것을 알 수 있다. 이는 50[m] 경간인 경우 Simple Catenary의 OCS에서 최소 압상량은 전동차량 진행방향을 기준으로 지지점이 아닌 지지점에서 첫 번째 행거 위치임을 알 수 있다. 50[m]경간에서 두 번째 행거 위치에서부터 지지점 위치보다 압상량이 크지만 경간이 20[m]보다 작은 개소에서는 지지점 개소가 다른 위치에 비해 압상량이 크다는 것을 확인하였다.

3) 이행구간 터널내 OCS의 인류길이 분석

터널 내 OCS의 인류길이는 그림 6과 식 (6)을 통해 구할 수 있다.

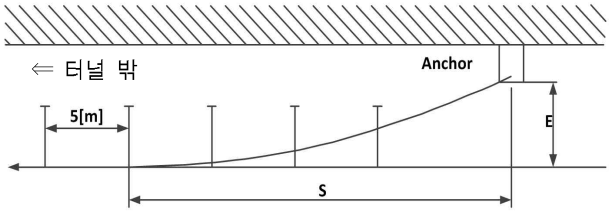

그림 6 터널내 OCS의 인류길이 및 높이

Fig. 6 Tension length and height of OCS in tunnel

$$E = \frac{wS^2}{2T} \tag{6}$$

여기서, E : 무효구간 전차선 높이[mm], ω : 전차선 단위중량[kg/m], S : 병행 습동 이후부터 인류까지 거리[m], T : 전차선 장력[kg_f]

- Twin Simple Catenary $E = 0.373[m]$
- Heavy Simple Catenary $E = 0.380[m]$

4) 헤비심플 전차선로 적용 고찰

OCS의 이행구간 인류길이는 식 (6)에 의해 트윈심플 전차선로와 헤비심플 전차선로의 이행구간 길이를 계산하였다. 표 5의 압상량 비교에서 평균 5.9[mm]의 차이를 보인다. 그러나 일반적으로 이행구간 경간이 25[m]미만으로 설치되고, 터널입구의 ORCR 시작점이 OCS보다 100[㎜] 높게 설치한다. 터널 내 압상량의 차이로 인해 표 6 및 그림 8, 9와 같이 병행 습동면 이후 강체전차선과 전차선 무효구간의 높이 차이가 상이한 구조로 되지만 지지물 간격조정 없이 행거이어 길이에 의한 전차선높이 조정으로 대응이 가능하다.

터널입구의 이행구간 강체 T-Bar 시작점은 가공 전차선보다 100[㎜] 높게 설치하여 점차 OCS와의 높이차를 줄여 19[m]이후

표 6 조가방식별 가공무효전차선과 강체전차선의 높이차 [단위: ㎜]

Table 6 Height difference between OCS and ORCR

위 치	병행습동면 부터의거리[m]	Twin Simple Catenary	Heavy Simple Catenary	비고
병행 습동면 이후 첫 번째	5	6.4	13	터널 내 직접조가 방식
병행 습동면 이후 두 번째	10	34.5	50	
병행 습동면 이후 세 번째	15	91.3	113	
인류위치	27.5	373	380	시설표준 350[㎜]이격

표 7 조가방식별 직접조가식 전차선과 강체전차선의 높이차 [단위: ㎜]

Table 7 Height difference between direct OCS and ORCR

위 치	병행습동면 거리[m] (적용비율)	Twin Simple Catenary	Heavy Simple Catenary	비고
병행습동면 이후 첫 번째	5 (28%)	5	6.5	터널 내 조가방식별 평균 동적 압상량차 5[㎜]를 고려하여 병행 습동면 이후 네 번째를 기준으로 거리별 비율 적용
병행습동면 이후 두 번째	10 (57%)	15	18	
병행습동면 이후 세 번째	15 (85%)	44	48	
병행습동면 이후 네 번째	17.5 (100%)	77	82	
T-Bar 시작점 위치	19	100	100	도시철도 기술기준

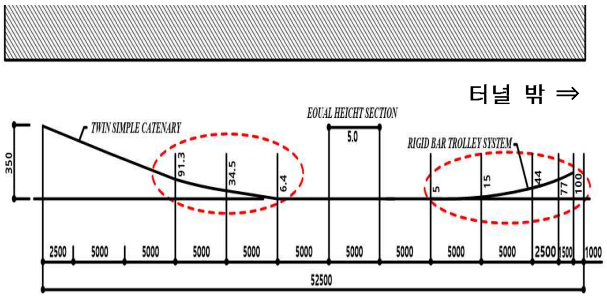

그림 7 트윈심플 전차선로의 터널내 이행구간도

Fig. 7 Transition section diagram of twin simple catenary in tunnel

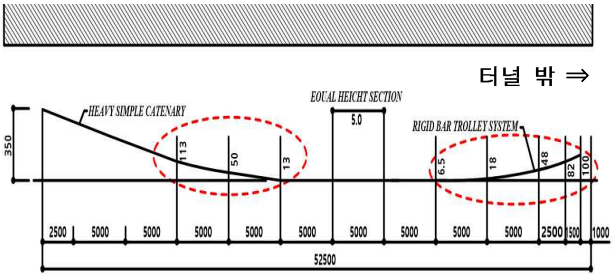

그림 8 헤비심플 전차선로 터널내 이행구간도

Fig. 8 Transition section diagram of heavy simple catenary in tunnel

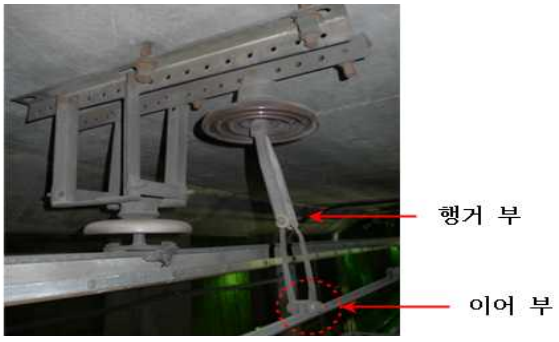

그림 9 더블 행거이어 적용한 전차선 조가

Fig. 9 Contact wire installation applied double hanger-ear

동일한 높이의 병행 습동구간을 갖도록 구성되어 있다. 압상량의 차를 고려하여 기존 트윈심플 전차선로의 지지점별 높이차에 비해 헤비심플 전차선로는 표 7 및 그림 7, 8와 같이 적용하였다. 헤비심플 전차선로를 적용하는 경우 ORCR과 OCS의 지지점별 높이차는 트윈심플 전차선로에서의 값에 표 5에서 기술한 터널내 조가방식별 압상량 차의 평균값 5[㎜]를 병행 습동면으로 부터 거리를 비율적으로 더하여 구하였다.

도시철도기술기준에 적합한 헤비심플 전차선로를 가선 구성에 적용할 때 압상량의 미소(微小)한 차이는 그림 9에서 보듯이 행거이어 또는 지지금구의 길이 조정으로 지지점별 ORCR과 OCS의 높이를 변경하여 대응이 가능하다. 이행구간 헤비심플 전차선로 적용하는 경우 터널 내 직접 조가하는 전차선은 110[㎟]의 2가닥에서 170[㎟]의 1가닥으로 대체하고 더블 행거이어를 Single Type으로 개량하여 적정한 체결부력으로 전차선의 비틀림 및 편마모 등을 방지할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 도시철도 T-Bar방식 ORCR 이행장치에 헤비심플 전차선로를 기존 지지물 경간 등 동일한 조건에 설치가 가능한지에 대하여 전차선 압상량 측면에서 현장시험과 수치해석 결과를 비교, 분석하여 수치해석 결과의 신뢰성을 확인하였다. 또한 UIC 799-1 OR 규격에서 정한 압상량 제한 값 적정여부 및 기존 트윈심플 전차선로 조가방식과 개소별 압상량 계산 값을 비교 분석하여 헤비심플 전차선로로 적용이 가능한 것으로 제시하였다.

이행구간에서 트윈 심플 전차선로 및 헤비심플 전차선로 적용할 때 압상량은 평균 약 5.9[㎜] 차이를 보였다. 특히 ORCR의 병행습동 구간과 가까워질수록 경간이 적어 압상량 차이는 거의 없었다. 헤비심플 전차선로를 적용할 때 미소한 압상량의 차이로 발생되는 팬터그래프 충격의 증가는 행거이어 또는 지지금구에 의한 전차선 높이조정으로 대응이 가능하다. 집전성능 측면에서 헤비심플 전차선로의 적용에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 국토교통과학기술진흥원에서 지원하는 철도기술 연구사업 중 '철도부품창의연구센터' 과제의 지원을 받아 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

[1] Yang-Soo Kim et al., Electric Railway Engineering, Dongilbook, pp.216~218, 2012

[2] Shimizu, M., Kobayashi, T. et al.,, "Transition Structures between Rigid Conductor Line and Catenary Overhead Contact Line", RTRI Report, Vol.21, No.10, pp. 29-34, October 2007

[3] Yong-Cheol Park, "Studt on the Current Collection Characteristics and Improvement Methods of Simple Catenary Systems", 2004

[4] Jae-Bong Lee, Woo-Jean Jang, Yong-Hyeo Cho, Ki-Won Lee, "A study on the safety about Contact wire uplift of a metro-railroad bridge section", The Korea Society for Railway, pp.11~21, 2006

[5] Weon-Chan Park, "A Study on the Application of Heavy

Simple Catenary System to a DC Rigid Conductor Rail Transition Device", 2018
[6] Seoul Subway Corporation, 'Seoul subway 4line Construction work Design construction standard', pp.16~34, 1983
[7] UIC 799-1 OR (Characteristics of direct-current overhead contact systems for lines worked at speeds of over 160[km/h] and up to 250[km/h])

저 자 소 개

김 완 일 (Wan-il Kim)
2016년 한경대학교 전기전자제어공학과 졸업. 2018년 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 졸업(석사), 현재 동 대학원 교통정책교통시스템공학과 박사과정

박 원 찬 (Weon-Chan Park)
1994년 원광대학교 전기공학과 졸업. 2018년 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 졸업(석사). 1994~현재 서울교통공사 근무

이 재 봉 (Jae-Bong Lee)
2007년 서울과기대 전기신호공학과 졸업(석사). 1984년~2017년 서울메트로 근무. 2017년 한국 교통대학교 교통대학원 교통정책교통시스템공학과 졸업(박사). 2018년~현재 한국교통대학교 교통대학원 연구교수

김 재 문 (Jae-Moon Kim)
1994년 성균관대 전기공학과 졸업. 2000년 2월 동 대학원 졸업(공박). 2000년~2004년 현대모비스(주) 기술연구소 선임연구원. 2006년~현재 국토교통부 철도기술 전문위원, 2004년 3월~현재 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과/철도전기전자공학과 교수
E-mail : goldmoon@ut.ac.kr