

# 고속전차선로의 시공 허용오차가 집전성능에 미치는 영향에 관한 연구

## A Study on the Effects of Construction Tolerances on the Current Collection Performance for High Speed Catenary System

김 태 훈\* · 서 기 범\* · 박 재 영\*  
(Tae-Hun Kim · Ki-Bum Seo · Jae-Young Park)

**Abstract** - In this paper, analysis of the effects for construction tolerances on the current collection performance of high speed catenary system. The height of the contact wire is the geometrical position of the cantilever directly affects the current collection performance. Contact force when the height of the contact wire exceeds the construction tolerance were analyzed. As a result, the maximum contact force was analyzed to more than 350[N] that are recommended by EN50119.

And when the geometrical position of the cantilever to exceeds the construction tolerance, the analysis results of uplift at the mast support points, it becomes 127[mm] that are recommended by UIC 799. If the construction tolerances exceeds the reference value, the current collection performance is deteriorated. Therefore, catenary system require high precision construction. In the future, there is a need for continuing research on the tolerance of catenary system in the actual operating state.

**Key Words** : High speed catenary system, Construction tolerances, Current collection performance, Contact force overhead contact lines, Cantilever

### 1. 서 론

고속철도가 도입되어 운영되고 있는 국가에서는 속도에 따라 전차선로 시공 허용오차 및 유지보수 기준을 정립하여 적용하고 있으며, 우리나라에서도 고속철도 운행구간에서 시공품질의 향상과 유지보수 점검 시 차량이나 전기적 영향 등에 의한 손상여부를 판단하는 기준으로 적용되고 있다.

전차선로와 관련된 핵심부품에 대한 허용오차는 전차선로의 기하학적 위치와 관련된 허용오차, 자재 마모한도와 관련된 허용오차로 구분되며, 허용오차는 전차선로 시공과 시험 및 시운전 과정과 정기점검을 위한 상세검사 기간에 측정·관리되고 있다[1].

시공 및 시운전 기간에 수행되는 것은 시공업체의 시공품질의 확인을 위하여 실시되고, 유지보수를 위한 정밀검사 기간에 수행되는 것은 전차선로가 장기가 사용된 후의 상태를 점검하기 위한 것으로 전기차 집전장치와의 인터페이스, 전기적 영향 또는 외부

영향을 분석하는데 사용된다.

프랑스나 독일의 경우 집전성능 향상을 위한 전차선로 시공 허용오차기준을 처음에는 보수적으로 적용한 후 경험을 쌓아가며 기준을 넓혀가며 정립해 왔다. 우리나라의 경우 일반 전기철도구간에는 시공허용오차에 대한 기준이 별도로 정립되어 있지 않았으나, 고속철도 건설시 이 기준을 도입하여 적용하기 시작하였다.

전차선로의 시공 허용오차는 전차선로의 유형에 따라 일반적으로 상이하다. 프랑스 철도의 경우 일반선인 경우 85 타입과 고속선의 TGV 타입이 주로 사용되고 있다. 한국의 경우 고속철도구간의 전차선로는 TGV 타입과 동일한 설계이므로 프랑스 기준이 적용되고 있다[2, 3].

호남고속철도의 가선방식은 경부고속철도와 동일한 심플커터너리 방식을 적용하고 있지만 최고운행속도가 350km/h로 설계되었고, 향후 선로나 차량 등의 성능이 확보되면 이 속도로 영업운행을 계획하고 있다.

본 논문에서는 300km/h급 경부고속철도 고속전차선과 동일한 허용오차 기준을 적용하였을 때 최고운행속도 350km/h로 주행하게 되면 집전성능에 어떠한 현상이 발생할 수 있는지에 대하여 집전품질과 직접적으로 연관이 되는 전차선 높이, 가동 브래킷의 기하학적 위치를 대상으로 시공 허용오차가 집전성능에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

† Corresponding Author : Seung-A Elect. Const. Co., Ltd, Korea  
E-mail : yullam@naver.com

\* Division of Railroad System Engineering, Woosong University, Daejeon, Korea

Received : October 13, 2015; Accepted : November 23, 2015

## 2. 본 론

### 2.1 전차선 높이에 대한 허용오차 및 유지보수 기준

경부 및 호남고속철도에서는 전차선로의 시공 허용오차 및 유지보수 기준 값을 아래와 같은 단계로 분류하여 설비를 관리하고 있다. 즉, VO는 목표 값으로 시설물 시공, 경고 값이나 정비 값으로 분류된 비정상상의 보정과 시설물의 재생을 위한 값이다.

SI는 무개입 값 혹은 정비가 없는 값으로 무개입 값은 조정불량이나 마모로 인해 경고 값에는 도달하지 않았지만 목표 값에 해당하는 품질을 더 이상 얻을 수 없는 값이다. 그러나 SI로 분류된 값은 보정이 필요 없다.

VA는 경고 값으로 시설 설비가 정상적으로 기능하는지에 대한 확신이 있어 즉각적인 위험이 없으면서 보정을 필요로 하는 값이다. 시설물은 계획된 유지보수 개입시 보정되어야 한다. 이러한 개입은 일반적으로 주기적 보정에 해당한다. 필요한 보정을 수행하기까지 모니터링 작업 주기를 적절히 수정해야 한다. 보정 작업을 통해 시설물이 목표 값(VO)으로 분류될 수 있어야 한다.

VI는 정비 값 혹은 개입 값으로 정비 값은 다음 주기적 보수를 기다리지 말고 보정되어야 한다. 작업기간과 보정작업 수행까지 취해야 할 보완 조치들은 지역 전문가들의 자문과 함께 각 조립체별로 적합한 기술적 방침 및 지역환경에 따라 필요시 관리 책임자에 의해 평가될 사항이다. 즉, 검측차 등을 이용하여 측정 한 결과가 VI(정비 값)에 도달하면 VO(목표 값)으로 회복시키기 위하여 조사/점검하게 된다[4, 5].

전차선 높이차에 대하여 경부고속철도는 그림 1, 호남고속철도는 그림 2와 같이 시공 허용오차 및 유지보수 기준을 정하여 운영되고 있다.

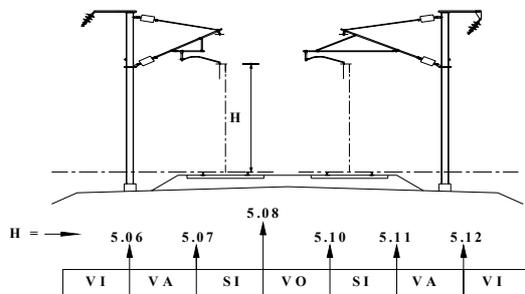


그림 1 경부고속철도 전차선 높이 시공 허용오차 기준

Fig. 1 Construction tolerance standards of contact wire height on Gyeongbu Line

집전성능에 영향을 미치는 항목 중 중요한 요소 중 하나는 오버랩(Overlap) 구간 구성이다. 오버랩 구간을 정확하게 시공하지 못하면 두 전차선이 팬터그래프에 같이 집전되지 않을 수도 있어 이션을 일으킬 수 있는 요인이 될 수 있기 때문에 오버랩 구간의 구성도 시공 및 유지보수 시 중요한 요소를 차지하고 있다. 아래 그림 3은 주축전주에 대한 시공허용오차 및 유지보수 기준을 나타낸 것이다.

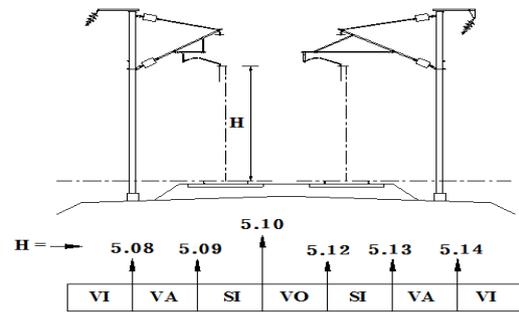


그림 2 호남고속철도 전차선 높이 시공 허용오차 기준

Fig. 2 Construction tolerance standards of contact wire height on Honam Line

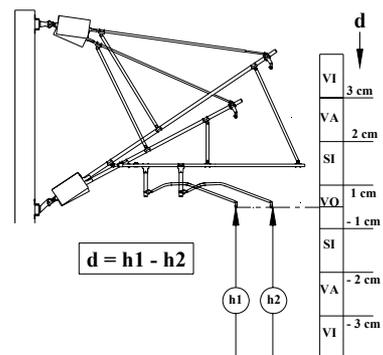


그림 3 오버랩구간 주축전주 전차선 높이 시공허용오차기준

Fig. 3 Construction tolerance standards of contact wire height on overlap area main mast

## 2.2 가동 브래킷

### 2.2.1 가동 브래킷 시공 허용오차 및 유지보수 기준

경부 및 호남고속철도 뿐만 아니라 기존선의 경우 암상량의 제한이 있고 팬터그래프와 암지지금구 밀단과의 간섭을 피하기

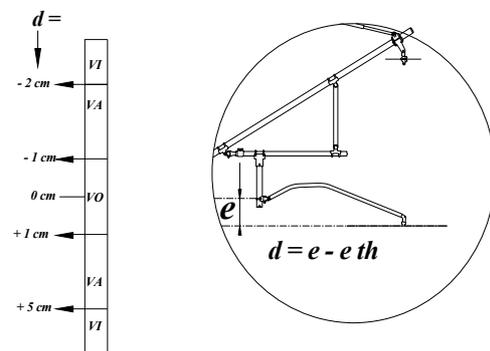


그림 4 전차선 및 암지지금구의 시공 허용 오차 기준

Fig. 4 Construction tolerance standards between contact wire and stead arm connector

위하여 그림 4~6과 같이 전차선의 위치 및 곡선당김금구 취부금구간의 간격과 진동방지금구와의 간격, 진동방지파이프의 수평은 시공 및 유지보수 시에 중요한 점검항목이다.

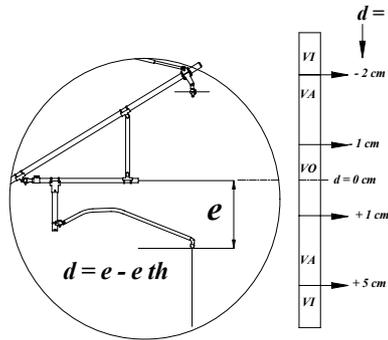


그림 5 전차선 및 진동방지금구간의 시공 허용오차 기준  
 Fig. 5 Construction tolerance standards between contact wire and stead arm

2.2.2 허용오차를 고려한 가동 브래킷 시공 및 유지보수

그림 6에서 두 지점의 거리, 즉, 거리 "b"와 거리 "a"를 측정하여  $b \leq 6 \text{ cm}$  이면 정비가 불필요하며,  $b > 6 \text{ cm}$  이면 정비 필요한 값이다. 전차선 높이와 곡선당김금구가 암지지금구에 부착되는 높이 사이의 거리는 이론적인 값 "e"와 비교하여야 한다. 만일 측정 값 "a"가 이론값 "e"보다 작거나, 이론값보다 2 cm 이상 크다면 정비값에 도달한 것이므로 정비가 필요하다.

즉,  $a < e$  이면 정비가 불필요하며,  $a - e > 2 \text{ cm}$  이면 정비를 필요로 하는 값이다.

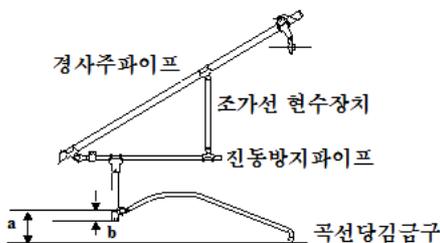


그림 6 전차선 및 암지지금구간 시공 허용오차 기준  
 Fig. 6 Construction tolerance standards between contact wire and uplift connector

전차선과 진동방지파이프 사이의 거리에 대한 점검은 열차 통과 시 팬터그래프에 의해 압상된 곡선당김금구와 진동방지파이프가 접촉될 가능성을 피하기 위하여 이들 사이에는 일정한 거리가 유지되어야 한다. 이 거리를 "d"라고 하면, "d"는 기본설계도면에 표시되어있다. 이 거리 "d"는 측정한 값 "d1"과 비교한다.

만일, 거리 "d"와 "d1"의 차이가 1 cm 이내라고 하면 정비는 필요치 않다. 즉,  $VO(\text{목표 값}) = d \pm 1 \text{ cm}$  에 만족하게 된다.

만일, "d"와 "d1"의 차이가  $d1 = d - 2 \text{ cm}$  또는  $d1 = d + 5 \text{ cm}$ ,

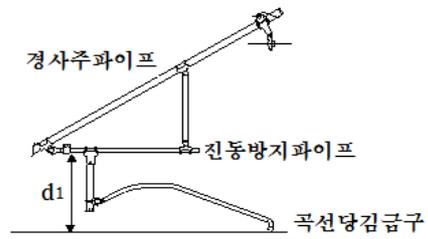


그림 7 전차선 및 진동방지파이프간의 시공 허용오차 기준  
 Fig. 7 Construction tolerance standards between contact wire and registration arm

VI(정비값)에 도달한 것이므로 정비가 필요하다. 즉,  $VI(\text{정비값}) = d - 2 \text{ cm}$  또는  $VI(\text{정비값}) = d + 5 \text{ cm}$  이 된다.

3. 사례 연구

3.1 사례 연구 방법

전기철도에서 전차선로는 움직이는 열차에 전력을 공급하기 위한 설비로서 차량에 설치된 팬터그래프가 전차선로와의 기계적 접촉을 통하여 집전하게 된다. 그런데 팬터그래프는 전차선로의 접촉을 유지하기 위하여 전차선로에 상부로 미는 힘(압상력)을 주면서 동시에 빠른 속도로 앞으로 이동함으로써 전차선과 팬터그래프 사이에는 동력학적인 상호작용이 발생하며, 이러한 동력학 작용이 집전 성능을 좌우하게 되고, 열차의 한계속도를 결정하는 주요 요소가 된다.

이러한 동력학적 상호작용은 실제 현장 시험이나 실험을 통하여 확인하는 것이 가장 확실한 방법이나, 근래에는 시뮬레이션 기술을 활용하여 컴퓨터상에서 모의 실험함으로써 동력학적 특성을 파악해 보는 것이 가능하며, 우리나라는 물론 프랑스, 독일, 일본 등 철도선진국에서 다년간 시뮬레이션과 실제 측정데이터와의 검증을 통하여 시뮬레이션의 정확성이 어느 정도 확보되어 있는 상태이다. 따라서 동력학 시뮬레이션은 전차선로 시스템을 설계하기 전 또는 설계된 시스템의 성능확인을 위하여 실시하게 된다.

본 시뮬레이션은 일본 철도종합연구소(RTRI)가 개발한 "Gasendo" 프로그램을 사용하였다. 이 프로그램은 Catenary - Pantograph 동력학 시뮬레이션 전용으로 개발된 프로그램이다. 이 프로그램

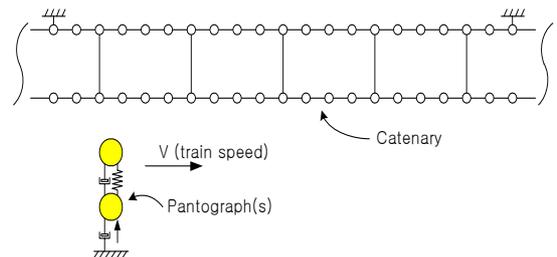


그림 8 시뮬레이션의 수치해석 기법  
 Fig. 8 Simulation by numerical analysis

은 가선시스템의 기술과 현장시험 등을 통하여 검증되었으며, 팬터그래프와 전차선 사이의 접촉력, 이선율 및 압상량, 진동특성 등을 결정할 수 있다[7, 8].

### 3.1.1 전차선로 모델링

전차선로는 호남고속철도 350km/h 설계데이터를 기준으로 하였으며, 모델링 특징은 전차선로의 8경간으로 모델링하고, 전차선과 조가선을 현(String)요소로 하여 상하 움직임만을 고려하였다.

또한 경계조건으로 전차선은 8경간의 양쪽 끝단에서만 고정된 것으로 하고, 조가선은 8경간의 양쪽 끝단과 각 전주 현수점에서 견고한 고정점으로 처리하였다. 가동 브래킷가 전차선이 접촉되어 있는 곳에서 전차선에 편위가 존재하여 곡선당김금구에서의 수직 작용력의 영향을 곡선당김금구의 길이와 각도로 계산하여 반영하였다.

드로퍼의 질량은 전차선과 연결점에서만 반영하고, 곡선당김금구의 질량도 고려하였으며 가선의 감쇄는 인접하는 절점(node) 사이의 속도차이에 비례하는 방식으로 하였다. 그리고 감쇄계수는 일반적인 커티너리에 대한 값을 적용하였다.

표 1은 호남고속철도 350 km/h급 전차선로의 파라미터 값이며, 그림 9는 접촉력 해석을 위한 전제경간 모델링 결과를 나타

표 1 350km/h 전차선로 모델링 데이터

Table 1 Modeling data of 350km/h catenary system

Messenger wire mechanical tension	2000 kN
Cross area section of Messenger wire	116.18 mm <sup>2</sup>
Messenger wire mass per unit meter length	1.080 kg/m
Dropper cross area section	12 mm <sup>2</sup>
Dropper mass per unit meter length	0.12 kg/m
Contact wire mechanical tension	26.0 kN
Contact wire cross area section	150 mm <sup>2</sup>
Contact wire mass per unit meter length	1.334 kg/m
Dropper clamp mass	0.125 kg/m
Steady arm equivalent mass	0.90 kg
Standard encumbrance at pole	1.40 m

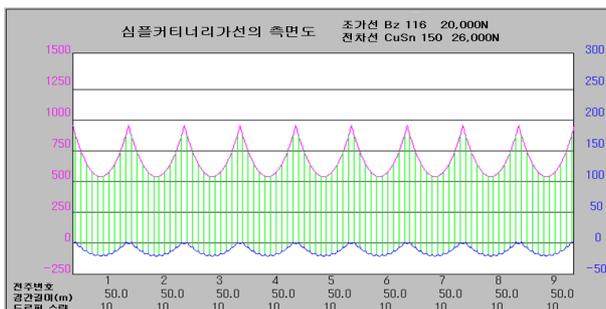


그림 9 전차선로 축면도

Fig. 9 Overhead contact line profile

낸 것이다[9].

이때 첫 번째 드로퍼 간격은 4.5 m, 두 번째 이후의 드로퍼 간격은 6.5 m이다.

### 3.1.2 팬터그래프 모델링

팬터그래프는 정상압상력(정압상력과 공기적 압상력의 합)으로 전차선에 눌러진 상태로 주행한다. 주행 중에 가선의 진동, 전차선의 높이변화, 경점이나 파상마모의 존재, 차량동요 등에 의해 팬터그래프는 진동을 받으므로 집전관과 전차선간의 접촉력은 변동하게 된다. 접촉력이 정상압상력과 같이 일정하다면 안정된 접촉상태를 유지할 수 있지만, 실제로는 팬터그래프 경간사이의 진동, 드로퍼 사이의 진동 등에 의해 변동한다.

경점이나 차량동요 등에 의한 접촉력 변동이 가해져 접촉력이 0(zero)이하가 되는 경우가 생기면 이선이 일어나게 된다. 팬터그래프에는 주행 중의 접촉력 변동이 작고 이선이 발생되지 않아야 하지만 가선의 종류나 팬터그래프의 갯수 및 간격 등에 영향을 받게 된다.

팬터그래프를 여러 개의 질점과 그것들을 연결하는 스프링, 댐퍼로 나타낼 수 있다.

표 2는 우리나라 고속철도에 적용되고 있는 CX 팬터그래프의 파라미터 값을 나타낸 것이며, 그림 10은 CX 팬터그래프를 수학

표 2 CX 팬터그래프 모델링 데이터

Table 2 Modeling data of CX type pantograph

Number of frames	2
Static force:	70 N
Aerodynamic force	895 0-6N/(km/h) <sup>2</sup> 116 10-4N/(m/s) <sup>2</sup>
Bow or collector head mass	8 kg
Bow spring stiffness	6000 N/m
Big frame mass	17.5 kg
Big frame spring stiffness	1 N/m
Big frame cushion when descent	200 N.s/m
Big frame cushion when ascent	5 N.s/m

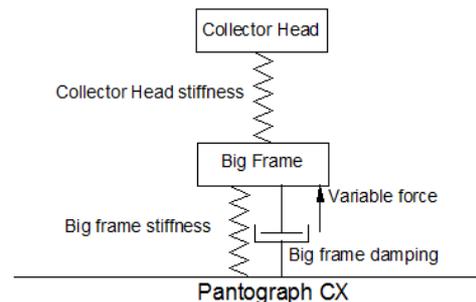


그림 10 CX 팬터그래프 모델링

Fig. 10 Modeling data of CX type pantograph

적으로 모델링한 것이다[9].

### 3.2 시뮬레이션 결과

#### 3.2.1 전차선 높이 시공 허용오차에 대한 집전성능 분석

표 3과 그림 11은 전차선 높이에 대한 허용오차 기준을 나타낸 것으로 원으로 표시된 허용오차가 정상적인 범위 VO : 5.10 m, 허용오차 위험값 VA : 5.13 m, 허용오차 정비값 VI : 5.14 m의 조건에 대하여 시뮬레이션을 실시하여 집전성능을 분석하였다.

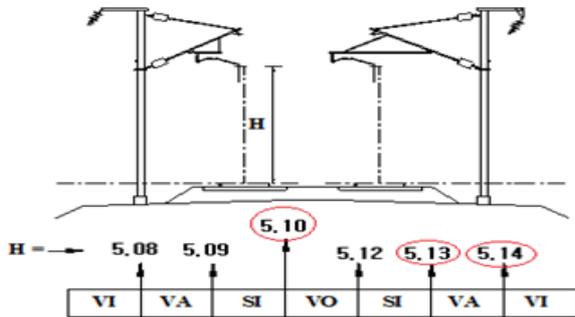


그림 11 시뮬레이션 조건(전차선 높이의 시공 허용오차)  
 Fig. 11 Conditions of simulation (Construction tolerance standards of contact wire height)

표 3 시뮬레이션 조건  
 Table 3 Conditions of simulation

시뮬레이션 조건	시공 허용오차
case 1	정상적인 범위 [VO] : 5.10m
case 2	위험값 [VA] : 5.13m
case 3	정비값 [VI] : 5.14m

그림 12~14는 전차선 높이에 대한 허용오차 기준을 근거로 접촉력의 변화에 대한 시뮬레이션을 실시한 결과를 나타낸 것이며, 표 4는 그 결과를 정리한 것이다. 접촉력에 의한 집전성능 판단기준인 EN50119를 준용하였다[10].

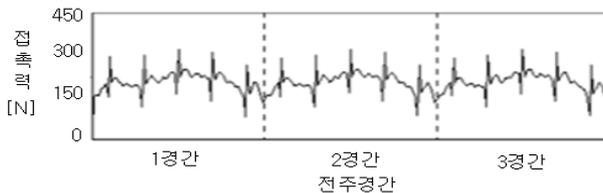


그림 12 접촉력에 대한 시뮬레이션 결과(case 1)  
 Fig. 12 Simulation results on contact force(case 1)

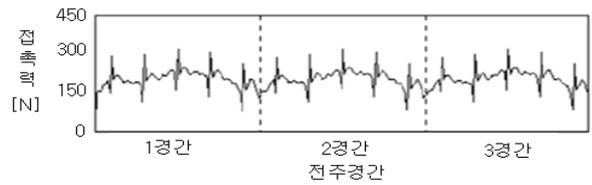


그림 13 접촉력에 대한 시뮬레이션 결과(case 2)  
 Fig. 13 Simulation results on contact force(case 2)

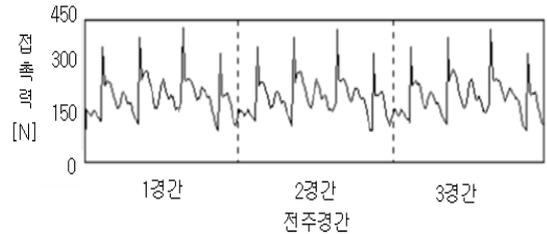


그림 14 접촉력에 대한 시뮬레이션 결과(case 3)  
 Fig. 14 Simulation results on contact force(case 3)

표 4 전차선의 접촉력에 대한 시뮬레이션 결과  
 Table 4 Simulation results on contact force of contact wire

시뮬레이션 조건	평균 접촉력	접촉력 표준편차	최대 접촉력	최소 접촉력
case 1	187N	80.6	330N	125N
case 2	200N	83.0	347N	122N
case 3	227N	85.5	440N	115N

#### 3.2.2 가동 브래킷 기하학적 허용오차에 의한 집전성능

압상 허용량은 가선방식의 특성을 결정하는 기본적인 핵심 파라미터 중의 하나이며, 가동 브래킷 설계의 핵심 파라미터이다. 압상 허용량은 전차선의 장력의 크기에 직접 영향 받는다. 열차의 안전운행을 위하여 전주 지지점에서 전차선과 팬터그래프의 압상량을 제한하는 것이 필요하다. 정상 운영조건에서 최대 경간

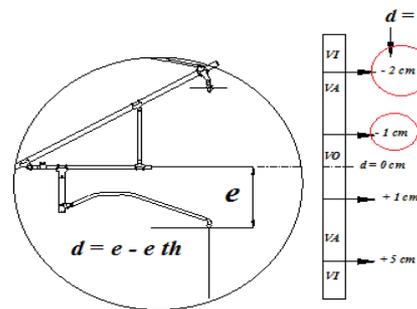


그림 15 압상량에 대한 시뮬레이션 조건  
 Fig. 15 Simulation conditions for the steady arm uplift

길이를 갖는 구간의 지지점에서 압상량은 시스템 설계자 혹은 시뮬레이션 프로그램에 의하여 계산된다.

지지점에 대한 압상 허용량은 UIC 799 OR에서 201hm/h 이상의 속도대역에서 120mm로 규정되어 있다[11].

본 논문에서는 이 규정을 근거로 해석하였다.

가선 및 팬터그래프의 수학적 모델링은 3.1.1 및 3.1.2절의 전차선 높이차에 의한 집전성능 해석 조건과 동일하게 하였다. 아래 그림 15와 표 5와 같이 진동방지금구의 기하학적 위치에 대한 허용오차 기준을 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

표 5 시뮬레이션 조건

Table 5 Conditions of simulation

시뮬레이션 조건	허용오차
case 1	정상적인 범위 : [VO]0cm
case 2	위험값 [VA] : -1cm
case 3	정비값 [VI] : -2cm

그림 16~18 및 표 6은 가동 브래킷트 진동방지금구의 기하학적 위치가 허용오차범위 이내인 경우와 허용오차를 벗어났을 때에 팬터그래프 통과 시 지지점에서의 압상량에 대한 분석결과를 나타낸 것이다.

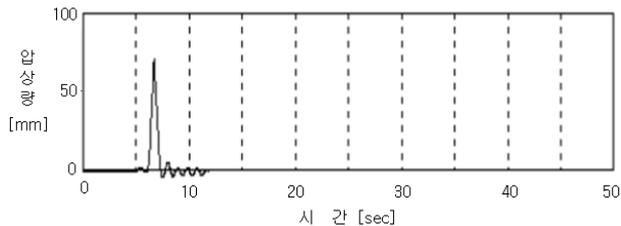


그림 16 지지점 최대압상량 시뮬레이션 결과(case 1)

Fig. 16 Maximum uplift of the stead arm(case 1)

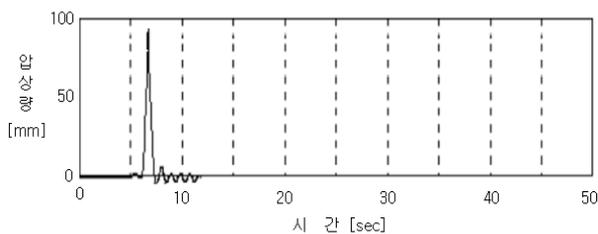


그림 17 지지점 최대압상량 시뮬레이션 결과(case 2)

Fig. 17 Maximum uplift of the stead arm(case 2)

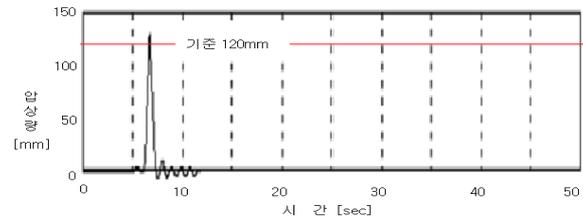


그림 18 지지점 최대압상량 시뮬레이션 결과(case 3)

Fig. 18 Maximum uplift of the stead arm(case 3)

표 6 최대 압상량 시뮬레이션 결과

Table 6 Simulation results for the maximum uplift

시뮬레이션 조건	최대 압상량(mm)
case 1	74
case 2	96
case 3	127

#### 4. 결 론

본 논문에서는 집전성능과 직접적으로 연관이 될 수 있는 고속전차선로 시스템의 전차선 높이, 가동 브래킷트의 기하학적 위치에 대한 시공 허용오차가 집전성능에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

먼저, 전차선의 높이가 허용오차를 초과하였을 때의 접촉력은 집전성능판단기준인 EN50119의 최대접촉력 350[N]을 만족하지 못하는 것으로 분석되었으며, 가동 브래킷트 진동방지금구가 기하학적 위치에 대한 허용오차를 초과하는 경우에 지지점에서 압상량을 분석한 결과 127[mm]로 UIC 799에서 권고하고 있는 120[mm]를 초과하는 것으로 분석되었다. 이상의 해석결과에서 집전성능에 직접적인 영향을 주는 전차선 높이차, 가동 브래킷트 진동방지금구가 허용오차 기준을 초과할 경우 고속철도 팬터그래프가 350km/h의 속도로 전차선을 집전할 때 성능에 영향을 줄 것으로 예상된다. 결론적으로 시공허용오차가 기준치를 초과하는 경우에는 집전성능에 영향을 줄 수 있으므로 이를 줄이기 위해서는 정밀한 시공이 요구되며, 유지보수시에도 전차선로의 각종 설비를 허용오차 이내로 관리할 필요가 있다.

향후, 실제 고속철도 운행구간에서 전차선로 설비가 허용오차 범위를 초과하였을 때의 접촉력 및 압상량 등 집전성능에 대한 지속적인 연구를 수행할 필요가 있으며, 고속으로 집전시에 문제가 될 수 있는 현상을 사전에 방지하여 열차안전운행을 도모하고 고속철도 속도향상에 대비할 필요가 있다.

#### References

[1] Chang Sang-Hoon, Lee Ki-Won, et al, "Consideration of a Selection Technique for Allowable Tolerance

Standard on the Catenary System” Autumn Conference Proceeding of the Korean Society for Railway, pp. 2316-2323, 2009.11

- [2] SNCF, “Catenary Type 85(Installations de Traction Electrique-a Courant Alternatif 25,000V -50Hz”, 1999
- [3] Sam Young Kwon et al , “A Study on the Design Technique of Catenary System and Interface”, Korea Railroad Research Institute, 1998. 12
- [4] UIC 606-1 OR "Consequence of the application of the kinematic gauges defined by UIC leaflets in the 505 series of the design of the contact lines(1)", 1st Edition, 1987
- [5] UIC 505-4 ORI "Effects of the application of the kinematic gauges defined in the 505 series of leaflets on the positioning of structures in relation to the tracks and of the tracks in relation to each other", 3rd Edition, 1977
- [6] Sang-Hoon Chang, Ki-Won Lee, et al “Development of Cantilever Length Calculation Algorithm on the 350km/h Catenary System”, Spring Conference Proceeding of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 202~204, 2011.4
- [7] RTRI, “Characteristic of Overhead Contact lines and Pantograph”, pp. 59-61, 1993
- [8] RTRI, “Gasendo Manual”, 1994
- [9] Korea Rail Network Authority, “A Study on the Detail Design for 350km/h Level Catenary System”, 2011
- [10] EN 50119, "Railway applications - fixed installations - electric traction overhead contact line", 2001
- [11] UIC 799OR, “Characteristics of a.c. overhead contact systems for high-speed lines worked at speeds of over 200km/h”, 2002

## 저 자 소 개



### 김 태 훈 (Tae-Hun Kim)

1972년 12월 17일생, 1998년 고려대학교 산업대학원 졸업 (공학석사), 1998년 ~현재 승아전기주식회사 대표이사, 전기철도협력회 전 철전력분야 분과위원,

Tel : 02-804-6611

Fax : 02-804-6610

E-mail : yullam@naver.com



### 박 재 영 (Jae-Young Park)

1996년 8월 고려대학교 산업대학원 전기 공학과(공학석사), 2007년 2월 서울산업 대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학 과(공학박사), 1970년 1월 ~2007년 2월 철도청 및 한국철도공사 오송고속철도 전 기사무소장, 2007년 3월 ~현재 우송대학교 철도전 기시스템학과 교수

Tel : 02-629-6733

E-mail : pjy7717@wsu.ac.kr



### 서 기 범 (Ki-Bum Seo)

1966년 9월 14일생. 1991년 한양대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사), 2000년 한양대학교 일반대학원 전자공학 과 졸업(공학박사), 2002년 ~현재 우송대 학교 교수

Tel : 042-630-9705

E-mail : kbsuh@wsu.ac.kr