

경간형식과 고속열차 판토품라프 접촉력 특성의 상호관계에 대한 시험적 고찰

An Experimental Study on the Correlation between Span Types and the Contact Force of the Pantograph for High-speed Train

김영국* · 목진용* · 이희성**

Young-Guk Kim · Jin-Yong Mok · Hi-Sung Lee

Abstract

In this paper, we introduce the on-line test of the current collection characteristics for HSR 350x(Korea High Speed Train project) that have been performed in the Kyoung-bu high-speed line since 2002. Through the analysis of measured data during on-line test, the variation trend of contact force between pantograph and contact wire of catenary according to the span type, the track conditions and driving patterns is reviewed. In order to analyze the variation trend of contact force, we have checked the span type of catenary in KP 24 - 125 out of Kyoung-bu high speed line and obtained the statistical processing result per each span type. This study shows that the track conditions do not affect on the dynamic performance between pantograph and contact wire catenary, and the span type and the driving pattern are important factors in determining the good interaction between them.

Keywords : Korean high speed train(HSR 350x, 한국형 고속열차), Pantograph(판토품라프), Catenary System(가선계), On-line Test(시운전시험), Contact Force(접촉력), Span(경간)

1. 서론

전기를 에너지원으로 사용하는 전기철도는 좋은 성능의 집전시스템을 갖는 것이 필요하다. 안정적으로 전차선을 추종하면서 얼마나 잘 집전하는지에 따라 열차의 주행 성능, 즉 견인성능, 제동성능 등이 좌우되며, 특히 80~120 km/h로 운행하는 전동차에 비해 250~350km/h까지 고속 주행하는 고속열차에 있어서 집전특성은 열차의 주행 성능에 더 큰 영향을 준다.

고속전철에 사용되는 집전시스템은 가선과 판토품라프로 구성되며, 열차가 목표로 하는 운행속도로 안정적인 주행을 하기 위해서는 전차선과 판토품라프 집전판의 원활한 동적 상호작용이 요구된다. 철도 선진국에서는 열차의 고속화를 위한 가선과 판토품라프에 관한 연구가 계속적으로 활발하게 진행되어 왔다[1-4]. 그러나, 국내에서의 가선-판토품라프계의 연구는 90년대 중반까지 일부 해석분야

에서만 수행된 적이 있을 뿐 거의 전무한 실정이었으나, 1992년에 시작된 경부고속철도 건설사업과 1996년에 국내 철도기술을 한 단계 진전시키기 위한 목적으로 시작된 고속전철기술개발사업(G7)이 가선-판토품라프계에 대한 본격적인 연구의 효시라고 볼 수 있다[1,5-6].

2002년 Fig. 1과 같은 350km/h급 한국형 고속열차 시제 차량(HSR-350x)이 제작되었고, 경부고속철도에서 설계입증을 위해 3년여에 걸쳐 개발열차의 시운전시험이 진행되어 최고속도 352km/h의 주행 성공뿐만 아니라 230여 차례의 시운전시험으로 110,000km 주행실적의 주행 성공뿐만 아니라 230여 차례의 시운전시험으로 110,000km 주행실적 달성 등의 가시적인 성과를 거두고 있다. 시운전시험은 한국형 고속열차에 설치된 각 장치별 기능과 성능의 확인은 물론 신뢰성의 확보 차원에서 시운전 시험이 진행되고 있으며, 주행성능, 집전성능, 대차주행성능, 차체진동성능, 제동성능 등이 포함된 16개의 성능(세부시험 45개)을 확인하기 위해 차상 시험(열차 내부, 11개 성능의 31개 세부시험)과 지상 시험(열차 외부, 5개 성능의 14개 세부시험)으로 구분되어 실시되고 있다[7].

† 책임저자 : 회원, 한국철도기술연구원, 고속철도기술개발사업단
E-mail : ygkim@krii.re.kr
TEL : (032)460-5612 FAX : (032)460-5649

* 한국철도기술연구원

** 서울산업대학교 철도전문대학원

본 논문에서는 3년여에 걸친 시운전 시험을 통한 획득한 한국형 고속열차의 판토품라프와 전차선에 대해 계측된 접촉력 데이터와 경부고속선로에 설치된 가선계의 경간형식별 분석을 통해 경간형식이 판토품라프와 전차선의 상호작용에 미치는 영향을 실험적으로 규명하고자 한다.

2. 고속전철 집전시스템 및 고속선 가선계 분석

2.1 고속전철 집전시스템 개요

한국형 고속열차 시제차량은 동력차 2량과 동력객차 2량, 객차 3량 등 총 7량 1편성 열차로서 가선계 전차선으로부터 25kV의 전원을 공급받는 판토품라프(pantograph)가 전·후부 동력차 지붕에 각 1조씩 2조가 설치되어 있으며, 정상운행 모드로 운행할 때 열차 진행방향의 후부 동력차 판토품라프 1조만을 상승시켜 전차선에 접촉시킴으로서 주행 중 열차에 필요한 전력을 집전하는 방식을 적용하고 있다[1].

Fig. 2 (a)는 한국형 고속전철에 적용되어 있는 싱글암(sing arm)형 판토품라프를 보여주고 있으며 대부분의 연결부가 핀 이음으로 이루어져 있다. 또한 집전판(pan head)과 크로스바(cross bar) 사이에는 고주파 진동을 흡수하기 위한 1차 현가스프링이 있고, 크로스바와 플런저(plunger) 사이에는 저주파 진동을 흡수하기 위한 2차 현가스프링이 설치되어 있다[8].

Fig. 2 (b)는 KTX가 운행되고 있는 경부고속철도에 설치된 가선계의 구조로 판토품라프가 접촉하면서 전원을 공급받는 전차선(contact wire), 그 하중을 지지하는 조가선(messenger wire) 및 드롭퍼(dropper), 열차 진행방향으로 전차선이 받는 힘을 지지하고 완충작용을 하는 가동 브라켓(moving bracket), 접촉선과 판토품라프의 집중적인 접촉에 의한 집전판의 편마모를 방지하기 위해 전차선이 지그재그 상태(staggering)가 되도록 당기는 곡선당김 금구(steady arm)가 포함된다[1].

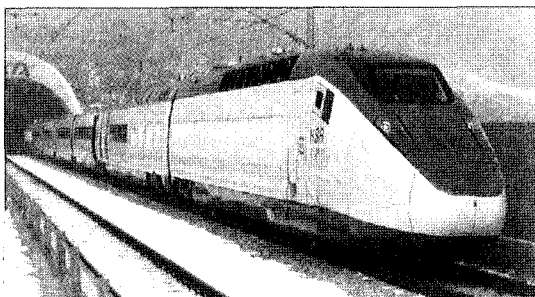


Fig. 1. Prototype of Korean high speed train

2.2 경부고속철도의 고속선 가선계 분석

경간형식과 접촉력 특성의 상호관계를 분석하기 위해 경부고속철도에서 광명역 남단 KP 24km 지점과 오송역 KP 125km 지점 사이의 고속선로 구간에 대해 KP 위치에 따른 경간형식을 조사하여 경간형식의 분포를 Fig. 3에 나타내었다.

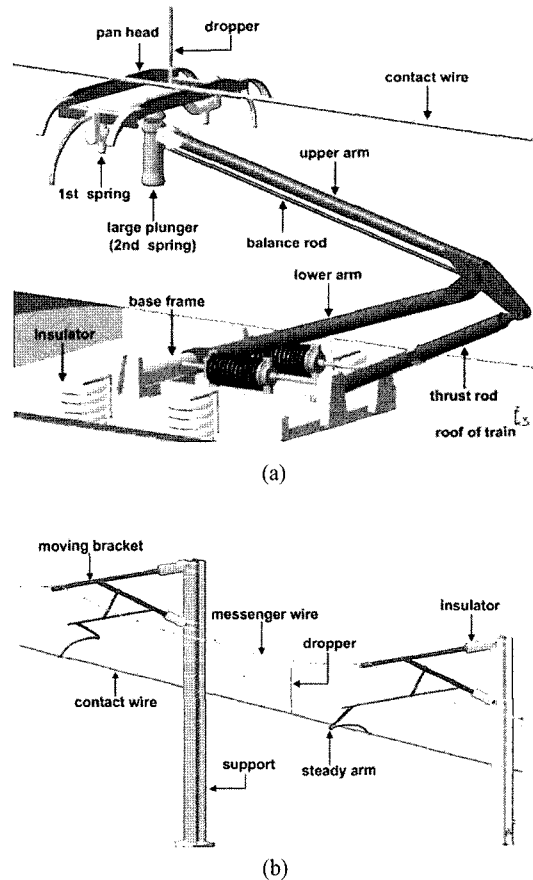


Fig. 2. Pantograph and catenary system, (a) single arm type pantograph for for HSR 350x, (b) catenary system in Kyoung-bu high speed line

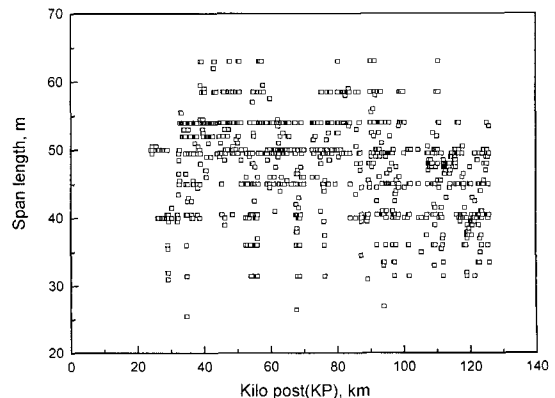


Fig. 3. Distribution of span lengths in KP 24.2 - KP 125

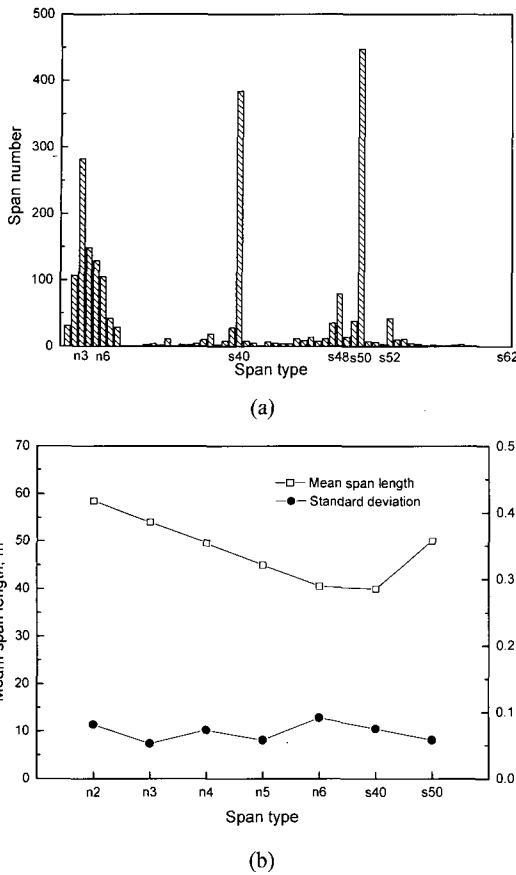


Fig. 4. Classification per each span type in KP 24.2 - KP 125, (a) number, (b) mean span length and standard deviation

이 고속선로 구간에는 58종의 각기 다른 간격의 경간 2,160개가 혼합 배치되어 있으며, 79.1%의 개활지와 20.9%의 터널로 구성되어 있다. 또한, 선로형태별로는 65.6%의 직선선로, 26.1%의 곡선선로 및 8.3%의 완화곡선으로 이루어져 있다.

Fig. 4 (a)는 전체구간에 대해 경간형식별로 설치된 경간수를, Fig. 4 (b)는 전체구간에 대해 대표적인 경간형식(경간수량이 많은 순서로 7번째까지 선정)에 대한 평균경간 및 표준편차를 나타낸 것이며, Fig. 5는 전체구간, 개활지, 터널, 직선선로, 곡선선로 및 완화곡선에 대해 각 경간형식별 설치 경간수를 각 경우의 경간수 합계에 대한 비율을 나타낸 것이다. Table 1은 전체구간, 개활지, 터널, 직선선로, 곡선선로 및 완화곡선 선로에 대해 대표적인 7가지의 경간형식을 경간수량의 순서(많음 → 적음)로 정리한 표이다.

Fig. 4 (a), Fig. 5 및 Table 1에서 보는 바와 같이 터널의 경우를 제외한 모든 경우에 대해 경간형식 s50(경간길이 50m), s40(경간길이 40m) 및 n3(경간길이 54m)이 다른 경간형식에 비해 많이 사용되었으며, 터널의 경우에도 s50과

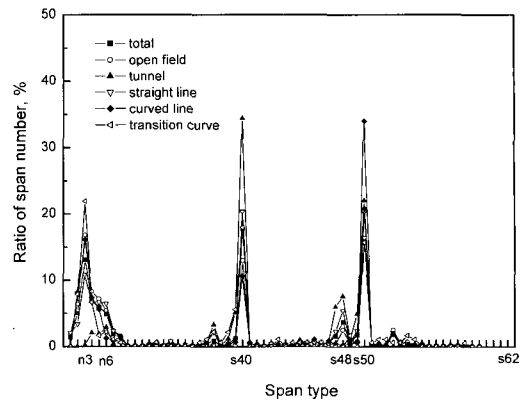


Fig. 5. Ratio of span number for each case in KP 24.2 - KP 125

Table 1. Order of major span types for each track condition

no	total	tunnel	open field	straight line	curved line	transition curve
1	s50	s40	s50	s40	s50	n3
2	s40	s50	n3	s50	n3	s40
3	n3	s48	s40	n3	s40	s50
4	n4	s47.5	n4	n4	n2	n2
5	n5	s39.5	n5	n5	n4	n5
6	n2	s49	n2	n6	n5	s39.5
7	n6	s38	n7	s48	s38	s39,s38,n6

s40 경간형식이 많이 사용되어 있다. Fig. 4 (b)에서 보는 바와 같이 전체경간에 대해 각 경간형식에 대한 표준편차는 0.1 이하로 각 경간형식에 대해 경간이 거의 일정한 간격으로 설치되었음을 알 수 있으며, 개활지, 터널, 직선선로, 곡선선로 및 완화곡선 선로에 대해 설치 경간의 평균 경간간격과 표준편차를 본 논문에는 나타내지 않았지만 전체구간에서와 비슷한 경향을 보임을 확인하였다.

3. 집전시스템의 접촉력 평가

3.1 집전시스템의 접촉력 측정

3.1.1 집전시스템의 접촉력 측정시스템

한국형 고속열차에는 판토품의 거동특성을 계측하기 위한 팬헤드 접촉력, 가속도, 온도 등 물리량을 14채널로 구분하여 측정하는 계측시스템이 구축되어 있으며, 물리량 측정용 센서는 전차선-집전판 간 팬헤드 접촉력을 측정하는 로드셀(load cell)은 팬헤드와 크로스바가 연결되는 좌/우 1차 스프링 지지부에, 가속도계는 팬헤드를 연결하는 좌/우 빔 아래와 플러저 상부에, 집전판의 온도를 측정하는 써머

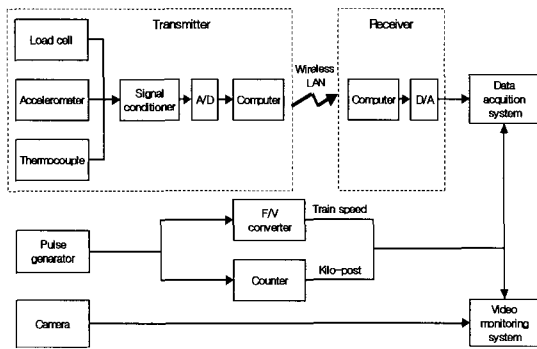


Fig. 6. Schematic diagram of measuring system for pantograph

커플(thermo-couple)은 집전판 하단에 각각 설치되어 있으며 전체 계측시스템의 구성도를 Fig. 6에 보였다.

Fig. 6에 보인 데이터 수집·전송부는 판토품라프에 설치한 센서에서 측정된 물리량 신호를 디지털 신호로 변환하여 무선 랜 통신 장치를 통해 차내에 설치된 수신부 컴퓨터까지 측정 데이터를 유/무선 송신하며, 수신부 컴퓨터는 수신한 데이터를 아날로그 신호로 변환하여 최종 저장 모듈로 보내져 저장하게 된다. 또한 차축의 펄스 발생기로부터 받은 차축회전 펄스는 열차속도와 주행거리를 연산할 수 있도록 데이터 저장모듈로 보내져 판토품라프 물리량 측정데이터와 함께 저장되며, 이 차축 회전속도 데이터는 Lab View 기반의 데이터 처리·분석 프로그램을 이용하여 판토품라프와 관련한 물리량과 관련한 채널별 특성을 분석하는데 이용하였다[2,7].

3.1.2 판토품라프-가선 간 접촉력 측정

전차선과 판토품라프 집전판 사이의 접촉력은 Fig. 7 힘의 평형상태도에서 보이는 작용력들에 대해 아래 (1), (2)의 평형식에서 표현되는 값을 측정하여 구할 수 있으며 측정은 접촉력 특성 분석에 필요한 좌·우뮴 전단력과 가속도 등 물리량 신호를 13개 채널로 분류, 수집할 수 있도록 구축된 한국형 고속전철 시제열차의 집전성능 계측시스템을 활용하였다[4,7].

$$F_i = -F_c + F_a + F_s \quad (1)$$

여기서, F_i : 관성력[N], F_c : 접촉력[N],

F_a : 양력[N], F_s : 압상력[N]

식 (1)에서 판토품라프 집전판의 가속도 운동에 따른 관성력은 평형 위치를 기준으로 상·하 변화하므로 평균값은 “0”으로 간주할 때, 식 (1)은 평균 접촉력 항에 대하여 식 (2)와 같이 표현할 수 있다[4].

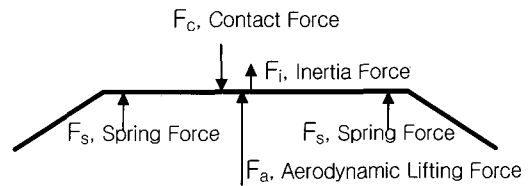


Fig. 7. Equilibrium condition between pan head and catenary

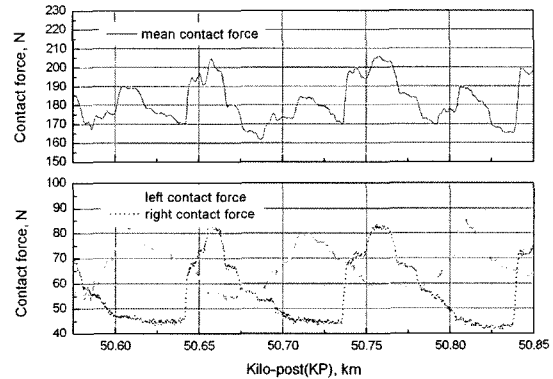


Fig. 8. Contact force signals in s50 span

$$F_{c(mean)} = F_a + F_s \quad (2)$$

여기서, $F_{c(mean)}$: 집전판과 가선의 평균 접촉력

식 (1), (2)에서 양력 F_a 는 열차의 주행속도와 관련되며, 한국형 고속열차에 대한 양력 계산식은 이미 고속선 선로에서의 주행시험을 통해 식 (3)과 같은 실험적 관계식을 얻었다.

$$F_a = 19.6 \times \left(\frac{V}{200}\right)^2 \quad (3)$$

여기서, V : 열차의 주행속도, km/h

평균 접촉력은 팬헤드(pan head) 아래 좌우의 2차 현가장치 하단에 설치된 로드셀(load cell)에 의해 측정되는 좌우 접촉력과 식 (3)에 의해 결정된 양력의 합력에 의해 결정된다.

Fig. 8은 시운전시험을 통해 측정된 좌우 접촉력과 평균 접촉력을 나타낸 것으로 하단 그래프에서 좌우 접촉력은 2개 경간간격에 해당하는 주기로 반복되며, 좌 접촉력이 우 접촉력에 비해 1개 경간간격 만큼의 위상 차이를 갖으면서 앞서 진행됨을 알 수 있다. 이는 경간마다 설정된 가선의 스테이지(stagger)에 의해 발생하는 것으로 판토품라프 집전판과 가선의 접촉점이 실제로 좌우 이동하기 때문이다. 또한, 평균 접촉력은 Fig. 8의 상단 그래프에서 보는 바와 같으며,

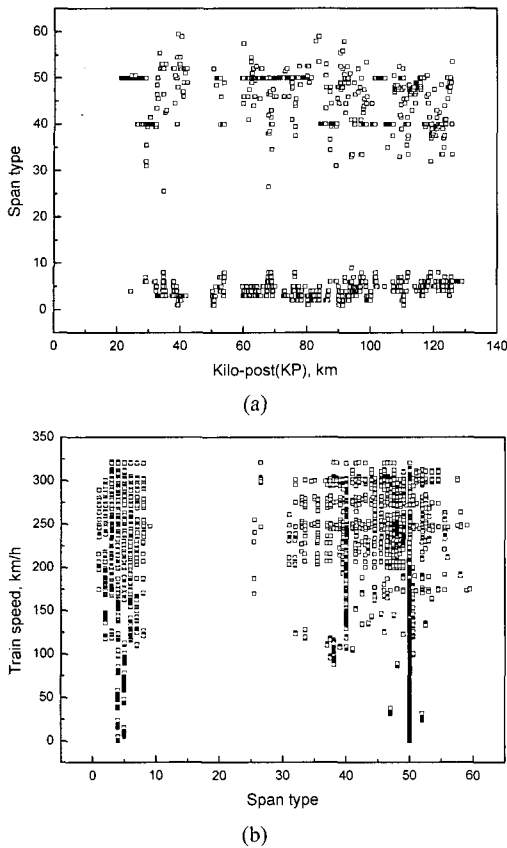


Fig. 9. Span type, train speed and kilo-post in test range, (a) KP-span type, (b) span type -train speed

좌우 접촉력과 같이 2개 경간간격에 해당하는 주기로 반복적인 운동 형태를 갖게 된다.

3.2 고속선로 구간에 대한 접촉력 분석

Fig. 9는 한국형 고속열차의 시운전시험을 통해 획득한 실제 측정된 데이터를 선로위치(KP), 경간형식 및 열차의 주행속도에 대한 관점에서 분석한 결과이다. Fig. 9에서 (a) 그래프의 세로축과 (b) 그래프의 가로축은 경간형식으로 숫자 1~9는 경간형식 n1~n9를, 20 이상의 숫자 40, 45, 50는 각각 s40, s45, s50의 경간형식을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이 집전 동특성을 분석할 대상의 고속선로 구간에서는 52종의 경간형식에 대한 데이터가 추출되었으며, 특정한 경간형식에 경우를 제외하고는 Fig. 9 (b)에서 보는 바와 같이 다양한 열차의 주행속도 대역별로 균형적인 숫자의 데이터를 추출하지 못했다. 이는 앞 절에서 살펴본 바와 같이 분석하려는 고속선로 구간에서 경간형식별 설치된 경간의 위치와 수량이 각각 다르고 경간형식이 동일한 경간이 연속적으로 설치된 위치가 한정되어 있으며, 구배, 곡선 등 선로조건에 따른 고속열차의 주행패턴이 갖는 한계 때문에

특정한 경간에 대해 다양한 열차의 주행속도 대역에서 데이터를 추출하기가 어렵다. 따라서, 본 연구에서 분석하려는 고속선로 전체구간에서 대표적인 경간형식인 s50, s40, n2 (경간길이 58.5m), n3, n4(경간길이 49.5m), n5(경간길이 45m), n6(경간길이 40.5m)을 7종을 대상으로 하여 접촉력을 분석하였다. 이들 7종의 경간형식은 분석하려는 전체구간(100.2km)에 대해 차지하는 비중이 74.5%(누적거리 75.06 km)에 해당하기 때문에 이들 7종의 경간형식을 사용하여 분석한 결과는 분석하려는 전체구간의 고속선 가선계의 집전특성을 충분히 반영하고 있다고 판단할 수 있다.

본 논문에는 개활지와 터널, 선로조건(직선선로, 곡선선로, 완회곡선)에 대해 접촉력을 분석한 결과의 그래프는 나타내지 않았지만, 동일한 공력계수를 사용하였을 때 판토틀라프와 가선계 전차선 사이의 접촉력은 터널 유무와 선로조건에 따른 영향이 거의 없거나 매우 작은 차이를 가짐을 확인하였다. 이는 2.2절에서 살펴본 바와 같이 터널 유무와 선로조건에 관계없이 동일한 경간형간을 사용하기 때문이라 생각된다.

앞에서 설명한 바가 있듯이 고속선로의 경간 배치현황과 운행패턴 등의 제약으로 모든 경간형식에 대해 전체 열차 주행속도 대역에서 접촉력을 획득하지 못했기 때문에 측정 데이터를 이용하여 구한 Fig. 10과 같은 회귀곡선을 경간형식에 따른 접촉력 특성분석에 활용하였다.

Fig. 10은 경간형식 s50에 대해 시운전시험을 통해 획득한 측정 데이터와 이 측정 데이터를 통해 얻어진 회귀곡선을 나타낸 것으로 □은 측정 데이터를, 실선은 회귀곡선을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 회귀곡선의 결정계수(R²)는 0.9319이기 때문에 측정 데이터를 통해 얻어진 회귀곡선이 매우 잘 형성되었다고 말할 수 있다.

Fig. 11은 열차 주행속도 200km/h 이상 대역에서 경간형식에 따른 접촉력을 비교한 것이다. 경간형식 n6(경간간격 40.5m)과 s40(경간간격 40m), n4(경간간격 49.5m)와 s50(경간간격 50m)는 경간간격의 0.5m 차이밖에 없기 때문에 동일한 경간으로 간주하여 두 경간형식에서 측정된 데이터를 대상으로 회귀곡선을 구해 분석에 이용하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 평균 접촉력 크기는 경간형식 (s40+n6)(경간간격 40m)인 경우가 가장 크고 경간형식 n2(경간간격 58.5m)인 경우가 가장 작으며, 경간형식 (s50+n4)(경간간격 50m), n3(경간간격 54m), n5(경간간격 45m)인 경우는 경간형식 (s40+n6)보다는 작고 경간형식 n2보다는 크을 알 수 있다. 경간형식 (s50+n4), n3 및 n5에서 각각의 접촉력 크기는 그 차이를 명확히 구분하기가 힘들다. 그러나, 분석 대상인 고속선로 구간에서 경간형식 n3와 n5는 경간형식

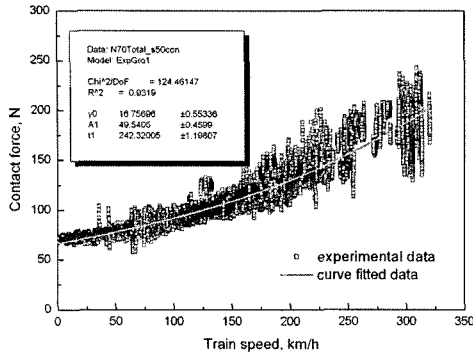
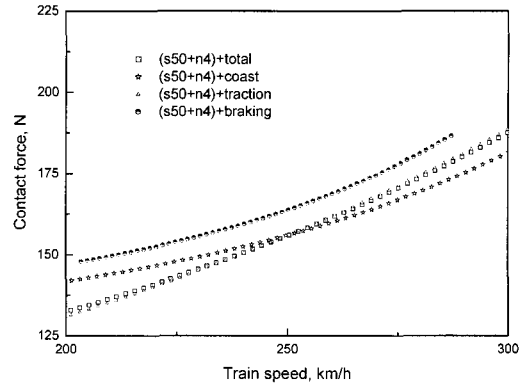


Fig. 10. Relation between train speed and contact force



(a)

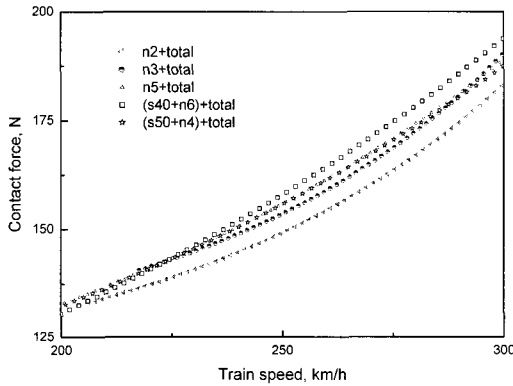
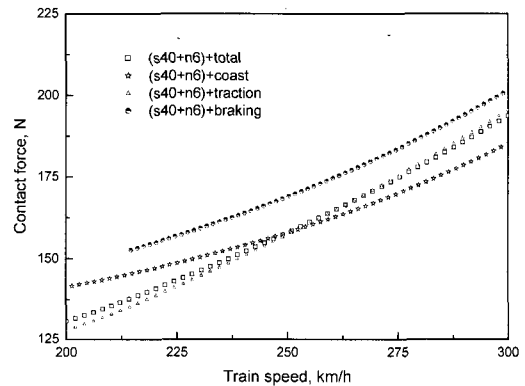


Fig. 11. Contact forces in various span types



(b)

Fig. 12. Contact forces according to driving conditions, (a) span type(s50+n4), (b) span type(s40+n6)

(s50+n4)보다 상대적으로 설치된 구간과 측정 데이터의 량이 작기 때문에 경간형식 n3와 n5에 대한 회귀곡선은 경간형식 (s50+n4)의 회귀곡선보다 신뢰성이 떨어진다. 따라서, 신뢰성이 부족한 경간형식 n3와 n5를 제외한 상태로 경간형식 (s40+n6), (s50+n4) 및 n2에 대한 접촉력 크기를 비교해보면 경간간격에 반비례하여 접촉력이 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 12는 고속열차의 운전조건에 따른 경간형식 (s40+n6)과 (s50+n4)인 경우에 접촉력을 나타낸 것으로 두 경간형식에 대한 결과가 거의 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 고속열차의 운행조건이 제동인 경우가 견인과 타행인 경우보다 크다. 고속열차가 견인조건인 경우에는 열차 주행속도가 약 250km/h 이하에서는 접촉력의 크기가 타행일 때보다 작으나 250km/h 보다 크면 타행보다 큰 경향을 가짐을 알 수 있다. 고속열차가 광명-대전까지 운행되는 운전패턴을 분석해 보면 일반적으로 고속열차가 광명에서 출발하여 초기 KP 37인 지점까지 견인조건으로, 기존선에 가까운 대전 근처인 KP 143지점부터

제동조건으로, KP 37 ~ KP 143의 고속선 구간에서는 견인조건과 타행조건으로 반복적인 운전이 진행된다. 이러한 전형적인 운전패턴을 분석하면 광명-대전 구간의 고속열차 주행시간은 약 40분이 걸리며, 운전조건은 타행 36.5%(14.6분), 견인 55.5%(22.2분), 제동 8%(3.2분)의 비율로 운행됨을 시운전시험 결과의 분석을 통해 확인할 수 있었다. 따라서 이 전형적인 운전패턴의 분석 결과로 볼 때 Fig. 12에서 보여준 바와 같은 운전조건에 따른 집전특성의 검토는 의미가 있는 일이라 판단된다.

Fig. 13은 운전조건이 견인시에 운전지령치(PWM signal)가 변화할 때에 각 속도대에서 측정된 접촉력의 변동량(표준편차)을 나타낸 것으로 운전지령치가 클수록 접촉력의 변동량이 작다는 것을 확인할 수 있다. 이는 견인 운전지령치가 클수록 고속열차에 미치는 가속력이 크게 되며, 이 가속력이 판토품그래프의 상하거동에 영향을 주기 때문이라고 판단된다.

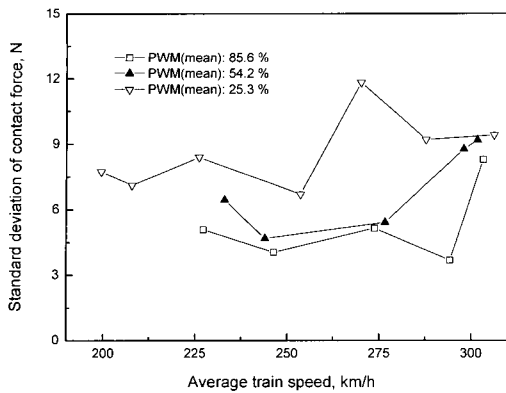


Fig. 13. Variation of contact force according to PWM signals in the powering condition

5. 결론

이상의 연구를 통해 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 이 고속선로 구간에는 각기 다른 간격을 갖는 58종 다른 형식의 경간 2,160개가 혼합 배치되어 있으며, 터널을 제외한 개활지, 직선선로, 곡선선로, 완화곡선에는 s50, s40 및 n3 경간형식이 다른 경간형식에 비해 많이 사용되었으며, 터널의 경우에도 s50과 s40 경간형식이 많이 사용되었음을 확인할 수 있었다. 이는 고속선로 구간에서 열차의 위치 변화에 따른 접촉력의 변화가 클 것임을 말해준다.
- (2) 판토품과 가선계 전차선 사이의 접촉력은 터널유무, 선로조건에 의한 영향은 작지만 경간형식에 의한 영향은 크게 받는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 고속열차의 운전패턴이 접촉력에 미치는 영향을 실험적인 접근 방법을 통해 정량적으로 확인할 수 있었다.
- (3) 경간형식과 접촉력의 상호관계를 살펴보면 경간간격이

클수록 접촉력은 경간간격에 반비례하여 작아짐을 알 수 있다. 따라서, 집전특성(접촉력)의 관점에서 열차가 고속주행을 위해서는 경간간격이 큰 것이 유리하다고 판단된다. 그러나, 가선계에서 경간형식의 적절한 선정은 선로조건, 경제성, 집전특성 등을 종합적으로 고려해야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 고속철도기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 목진용 등, “350km/h 본선 주행시험을 통한 한국형 고속열차 판토품의 접촉력 특성 평가 연구”, 한국철도학회논문집, 제8권, 제4호, 2005.
2. Wu, T. X., “Dynamic stiffness of a railway overhead Wire system and it’s effect on pantograph-catenary system Dynamics”, Journal of Sound and Vibration, Vol.219, No.3, 1999.
3. Collina, A., Bruni, S., “Numerical Simulation of Pantograph-Overhead Equipment Interaction”, J. of Vehicle System Dynamics, Vol.38, No.4, 2002.
4. M. Ikeda and T. Usuda, “Study on the Method of Measuring the Contact Force between Pantograph and Contact Wire”, RTRI Report Vol.14, No. 6, 2000.
5. 허신, 경진호 송달호, 김정수, 조용현, “고속 집전계의 동적 수치 모의해석 프로그램 연구”, 한국철도학회논문집, 제5권, 제1호, 2002.
6. 이시우, 김정수, 조용현, 최강윤, “주행 중 발생하는 고속전철 집전계 신호의 특성”, 한국철도학회논문집, 제7권, 제3호, 2004.
7. 한국철도기술연구원, “G7 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술 개발 최종보고서 (01-II-1-0-1)”, 2002.
8. 한국생산기술연구원, “고속전철 판토품 개발 2단계 2차년도 연차보고서 (00-II-2-1-10), 2001.