

철도 속도등급별 전차선로 설계파라미터와 기존선 고속화 설계방안

Catenary Design-Parameter by Railway Speed-grade and Design Method of Speed-up of Existing OHL

이해원*†, 유향복*, 이기원**, 최장영***

Hae-Won Lee*†, Hyang-Bok Ryoo*, Ki-won Lee**, Jang-Yong Choi***

Abstract The railway speed grades from conventional rail 70km/h to high speed rail 400km/h in Total eight steps. For the catenary design, appropriate parameters should be applied for each speed and line consistency should be given. The TPS were applied mechanically to 230km/h speed up catenary design of JungAng line for PyeongChang Olympic and Honam 2nd stage section. It is necessary to present a reasonable design plan because the complexity in the construction process, difficulty in systematic management of high speed technical data, and increase of maintenance items and facilities with different speed classes are frequently repeated in the same section.

Keywords : Catenary, Speed-up, Design Parameter, Existing-Line, Speed-grade

초 록 철도 속도등급은 일반철도 70km/h급부터 고속철도 400km/h급까지 모두 8단계로 구분되어 있다. 2004년 호남선 전철화시 국내 최초로 200km/h급으로 설계적용된 이후 250km/h급 전차선로용 Cako250시스템이 개발되었고, 호남고속철도 건설을 계기로 350km/h급 및 400km/h급 전차선로 시스템이 연구개발 되었다. 전차선로 설계는 속도별 적합한 파라미터가 적용되어야 하고 선구별 일관성이 부여되어야 한다. 전라선의 200km/h급 고속화와 평창올림픽을 위한 중앙선 고속화 및 호남고속2단계 구간 230km/h고속화 전차선로 설계에 선로 TPS값을 기계적 적용으로 동일구간 상·하선간 및 동일선로에서 개소별로 상이한 속도등급별 설비가 빈번하게 반복 발생하여 건설과정에서 복잡성, 고속화 기술 자료의 체계적 관리 어려움 및 유지보수 항목 증가에 따라 합리적인 설계방안 제시가 필요하다.

주요어 : 전차선로, 고속화, 설계파라미터, 기존선, 속도등급

1. 배경

우리나라 철도 속도등급은 70km/h급부터 400km/h급까지 모두 8단계로 이루어져 있다. 전차선로 설계는 속도별 적합한 파라미터가 적용되어야 하고 선구별 일관성이 부여되어야 한다. 2012년도 전라선의 200km/h급 고속화와 평창올림픽을 위한 중앙선 고속화 및 호남고속 2단계 구간 230km/h고속화 전차선로 설계에 TPS (Train Performance Simulation)결과를 기계적 적용으로 동일구간 상·하선간 및 동일선로에서 개소별 상이한 속도등급별 설비가 빈번하게 반복 발생하여 건설과정에서 복잡성, 고속화 기술

자료의 체계적 관리 및 향후 유지보수 관점에서 관리사항이 많아져 합리적인 설계방안 제시가 필요하다.

2. 철도 속도등급과 전차선로 설계

2.1 철도 속도등급

2.1.1 속도등급별 설계속도

전차선로 설계는 설비의 표준화와 품질확보를 위하여 속도등급에 적합하게 수행하여야 하며, 이에 70km/h급부터 350km/h급 까지 7개 등급을 국가기준으로 구분되어 있고, 400km/h급 설계기준은 한국철도시설공단(KR) 지침으로 규정하고 있다. 설계속도 등급은 표1과 같다.

Table 1 Design Speed grade of Catenary[1]

전차선로 속도등급	설계속도 V(Km/h)	비고
400 킬로급	350 < V ≤ 400	KR 지침
350 킬로급	300 < V ≤ 350	국가기준

† 교신저자: 한국철도시설공단 호남본부
(Lhw312@kr.or.kr)

* 한국철도시설공단 기술본부 전철처

** 한국철도기술연구원 고속철도본부

*** 충남대학교 공과대학 전기공학과

300 킬로급	250 < V ≤ 300	“
250 킬로급	200 < V ≤ 250	“
200 킬로급	150 < V ≤ 200	“
150 킬로급	120 < V ≤ 150	“
120 킬로급	70 < V ≤ 120	“
70 킬로급	V ≤ 70	“

2004년 호남선 전철화시 서대전~익산간 설계속도 155km/h, 익산~목포간은 국내 처음으로 200km/h급 전차선로로 설계 및 설치되었다. [2] 250km/h급은 최근 개통된 원주~강릉간에 적용되었고, 300km/h급 전차선로는 프랑스 TGV-Nord시스템이 그대로 한국에 들어와 경부고속철도에 설치되었으며, 350km/h급 및 400km/h급 시스템은 호남고속철도에 설치되어 운영중이다.

2.1.2 속도등급별 주요 설계파라미터

전차선로 동특성에 직접적으로 영향을 주는 속도등급별 핵심 설계파라미터는 표2와 같다. 이 논문에서는 200km/h급이상 등급만 기술하고자 한다.

Table 2 Parameter of Catenary Design[3][4][5]

Item	200km/h	250km/h (Cako250)	300km/h (TGV-N)	350km/h	400km/h
전차선	Cu 110 mm ²	Cu 110 mm ² Cu 120 mm ²	Cu 150 mm ² (pre-worn)	CuSn 150 mm ²	CuMg 150 mm ²
조가선	Bz65 mm ²	Bz65 mm ²	Bz65 mm ²	CuMg116 mm ²	CuMg116 mm ²
가선장력	T 12kN M 12kN	T 14kN M 14kN	T 20kN M 14kN	T 26kN M 20kN	T 34kN M 23kN
Pre-Sag	S/1,000	S/2,000	S/2,000	S/3,000	0
건넌선 방식	평면교차 2cate	평면교차 2or3Cate	평면교차 3Cate	평면교차 3Cate	평면교차 3Cate
편위	±200 mm	±200 mm	±200 mm	±200 mm	±200 mm
전차선높이	5,200 mm	5000 mm	5,080 mm	5,100 mm	5,100 mm
전차선구배	2‰	1‰	0‰	0‰	0‰
전차선가고	960 mm	960 mm	1,400 mm	1,400 mm	1,400 mm
NS	2 중 AS, NSI-25	2 중 AS, NSI-25	2 중 AS	2 중 AS	2 중 AS
드로퍼간격	5m	3~5m	6.75	6.5	6.5
최대경간	60m	60m	63m	65m	65m

속도가 향상됨에 따라 전차선 선종의 고강도화, 가선장력의 증가, pre-sag값의 변화 등을 알 수 있으며, 허용오차의 값도 더욱 정밀해 진다.

2.1.3 전차선로 설계파라미터 정립

호남선에 전철화에 설계된 전차선로는 프랑스 국철이 1950년대에 건설한 120km/h급 전차선로를 1982년 지지점에 Y형 Stitch를 설치하여 운영하다가 1985년도에 Y형 Stitch를 제거하고 Simple Catenary방식으로 변경하여 개발한 200km/h급 전차선로(Type 85, 표3)와 유사하다.

Table 3 Main Characteristic of Type 85 Catenary

항목	값	항목	값
최고영업속도	200km/h	드로퍼간격	9m
전차선 장력(단면적)	12kN(107 mm ²)	가고	1.25m
조가선 장력(단면적)	12kN(65.4 mm ²)	전차선 높이	5.5m
최대 경간	63m	전차선 최소높이	4.64m
인류구간	1400m	전차선 최대높이	6.20m
Pre-sag	1/1000	지지점에서 최대집상량	0.24m
직선구간편위	±200mm	곡선구간 최대 편위	240mm

호남선 복선전철화 설계에 Type 85시스템을 인용하여 적용한 것인지는 확인할 수 없었다.

이후 2009년 경춘선 200km/h급 노반 고속화를 앞두고 KR자체 200km/h급 전차선로 설계기준을 표2와 같이 정립하였다. 250km/h급 전차선로는 국내개발되어 Cako250시스템으로 부르고 있다.

350km/h급 및 400km/h급 전차선로 시스템은 국가 R&D 및 프랑스 기술자문을 통하여 개발되어 지금의 설계파라미터가 정립[4][5]된 것이다.

2.2 기존선 고속화 설계사례

2.2.1 200km/h급 전차선로 고속화

전차선 고속화는 2012년 당초 설계속도 165km/h를 200km/h급으로 상향시키는 것으로 100 ≤ V ≤ 200 속도범위의 UIC799 허용오차를 만족하는 수준으로 조정을 목표로 하였다. 전차선 높이는 5,200mm 기준 ±30mm, 편위는 곡선부 외측+10mm, 내측-30mm 이내, 전차선 기울기는 3‰에서 2‰로 조정하였다. 건넌선 장치는 2Catenary 평면교차 장치를 적용하였으며, Pre-sag는 제외하였다. 대상구간 180.7km구간중 TPS결과 150km/h이상 128.3km구간에 대하여 정밀작업을 시행하였다.

전차선로 측면에서는 71%이상 구간에서 목표 운행속도 180km/h로 할 수 있도록 하였으나, 궤도 분야는 한정된 사업비로 일부구간만 개량하였다.

2.2.2 230km/h급 전차선로 고속화

최근 평창올림픽을 계기로 중앙선을 고속화 하였으며, 호남고속철도 2단계중 광주송정~고막원간은 고속화 공사가 진행중이다. 이사업에는 2008년 개발된 250km/h급 전차선로 Cako250 시스템이 적용되었다. 실제 구간별 설비는 TPS결과값을 기준으로 기계적으로 적용하여 역간에서도 서로 상이한 속도등급별 설비가 빈번하게 반복되어 설치 되고 있다. 중앙선의 경우도 국수~서원주 구간중 지평역~양동역까지 TPS를 Fig.1에서 보여주고 있으며, 적색구간은 Cako250시스템을 적용하고, 청색구간은 단순히 Pre-sag만을 적용한 것이다. [6]

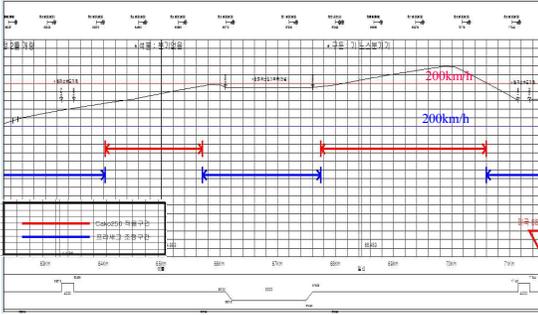


Fig.1 TPS of Guksu~SeowonJu(62km~75km)

호남고속철도 2단계 고속화구간 광주송정~고막원간 193km지점에서 198km지점까지 5km구간(상선)의 TPS수행결과에 따라 200km/h급 설비와 250km/h급 전차선 설비가 3번 반복되도록 시설되었다. TPS결과는 Fig.2와 같다.[7]

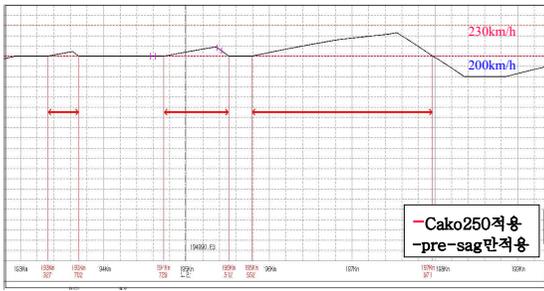


Fig.2 TPS of Honam line 2nd stage(193km~198km)

2.2.3 전차선로 고속화 설계 문제점[6][7]

최근 230km/h로 고속화 전차선로 설계 2건에 대하여 분석 현황을 Fig.4와 같이 정리해 보았다.

Table 4 Analysis state of Speed-up Design

항목	평창올림픽지원 중앙선고속화설계	호남고속 2 단계 고속화설계
대상거리	86.4km	26.4km
Cako250 적용	상선	13.1km(7 개소)
	하선	13.1km(7 개소)
800m 이하 적용	상선	1 개소
	하선	1 개소
Pre-Sag 적용/조정	39.8km(하 11 개소)	17.79km(상)
Cako 적용율	15.4%	32%(상)
상, 하선 상이	4 개소	7 개소

중앙선 청량리~서원주간 86.4km구간 230km/h급 고속화 설계는 TPS결과를 시종점기준 기계적으로 적용하여 7개구간 13.1km에 Cako250시스템 적용하였으며, 150km/h를 초과한 11개소 39.8km 구간에는 Pre-sag조정을 시행하였고 표준장력거리 800m 미만인 구간도 1개소가 있었다. 상, 하선간 설비가 상이한 구간은 4개소가 있었으나 설계자문회의에서 동일하게 조정하였다. 호남고속 2단계 광주송정~고막원간 26.4km

구간에서는 Cako250시스템을 하선 7개소 6.69km, 상선 10개소 8.609km에 적용하였다. 이중 800m이하 적용구간은 하선 4개소, 상선은 무려 6개소이며, 상, 하선 불일치 개소도 7개소로 분석되었다.

이를 종합하면 먼저 구간별로 서로 다른 속도등급의 설비가 빈번하게 반복되어 현재 건설 과정에서 한정된 차단시간내에서 자재 및 시공 관리에 많은 어려움이 제기되고있으며, 사업 구간내의 다양한 설비의 혼재로 고속화 설비의 표준화 및 기술자료의 체계적 관리 문제 대두되고 있다. 특히 표준장력거리 미만구간에서 상이한 설비의 설치로 지지점별 억제저항 등의 차이로 인한 장력변동률 상승에 따른 유지 보수 측면에서 중점관리가 필요하다.

4. 결론

기존선의 고속화 설계분석결과 도출된 문제점 해결을 위하여 230km/h급 고속화 전차선로 설계방안을 다음과 같이 제안하고자 한다.

- 1) 고속화 사업구간내의 서로 다른 속도등급 설비의 반복설치 최소화로 한정된 시간 내 자재 및 시공관리 업무능률 향상
- 2) 선구별 표준화된 기술자료의 축적과 체계적 관리를 위해 고속화 구간 본선의 경우 설비 연속성 고려
- 3) 동일속도등급 시스템 최소적용거리를 표준장력거리(800m) 또는 인류거리(1600m) 이상으로 설계하여 유지보수성 향상

참고문헌

- [1] MOLIT(2016) *korean Design Standard, KDS 47 30 30, 2.2*
- [2] Korean Railroad(2004) *Construction Paper of Honam Line(Seodaejeon~Mokpo) Double Track Electrification Project*
- [3] KRNA(2008) *Development of design automation program for catenary and design standardization for 200km/h grad, pp 13~14.*
- [4] KRNA, KRRI(2011) *Final Report of 350km/h grade Catenary system Detail design R&D. p214.*
- [5] KRNA(2017) *KR CODE KR G-01010-T(400km/h grad High Speed Railroad), pp. 29~37.*
- [6] KRNA(2015) *Design Report of Catenary construction of Guksu~SeowonJu for PyeongChang Olympic, pp.155~160.*
- [7] KRNA(2016) *Design Report of Catenary construction of Honam high speed 2nd stage GangJusongjeong~Gomakown, pp.140~147.*

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper
-Template 작성일: 2018.4.16.)