

성남~여주 복선전철 전차선로 설계

Designed as a double-track rail catenary system Seongnam-Yeouju

최태수*, 유향복*, 박병곤*, 서동훈** †

Tae Soo Choi*, Hyang Bok Ryoo*, Byung Kon Park*, Dong Hoon Seo** †

Abstract Seongnam~Yeouju double-track rail routes, Seongnam, Gwangju, I-cheon, Yeouju via a 57km section of the double-track train passing through downtown is built with a dedicated section.

Most of the route through the downtown tunnel structure in nature as a roadbed for this configuration because the tunnel cross section to minimize the construction costs and shorten the construction period has been emerging as issues. Thus, Seongnam-Yeouju double track catenary designed to train in the tunnel cross-sectional area in the design speed and catenary simple standard stringing method, depending on the size of the standard wiring method is simple, low gage type a simple wiring catenary, rigid catenary system by applying the R-bar design speed of trains Fits increased speed in preparation for the future design was applied.

Keywords : Trains only sections, The tunnel cross-sectional area, Design speed, Stringing method

초 록 성남~여주 복선전철 노선은 경기도 성남시, 광주시, 이천시, 여주군을 경유하는 복선 57km구간으로 도심지를 통과하는 전동차 전용구간으로 건설하고 있다. 도심지를 통과하는 노선은 특성상 대부분 터널 구조물로 노반이 구성되기 때문에 터널 단면을 작게 하여 건설비 최소화 및 공사기간을 단축하는 게 현안으로 대두되어 왔다. 따라서 성남~여주 복선전철 전차선로 설계에서는 설계속도 및 터널 내 단면적 크기에 따라 표준 심플 커티너리 가선방식, 저가고용 심플 커티너리 가선방식, 강체 R-bar 가선방식을 적용하여 운행열차의 설계속도에 적합하고 향후 증속에 대비한 설계를 적용하였다.

주요어 : 전동차 전용구간, 터널단면적, 설계속도, 가선방식

1. 서론

성남~여주 복선전철 노선은 전동차 전용구간으로 건설되고 있으며, 도심지를 통과하는 노선은 특성상 대부분 터널구조물로 노반이 구성되기 때문에 터널 단면을 작게 할 수 있는 전차선로 시스템을 구성하여 건설비 최소화 및 공사기간을 단축할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 전차선로 시스템구성을 표준 심플커티너리 가선방식, 저가고용 심플커티너리 가선방식, 강체 R-bar 가선방식을 터널내 단면적 크기에 따라 운행열차의 설계속도에 적합하게 적용하는 방안에 대해 기술하고자 한다.

† 교신저자 : (주)디투엔지니어링(sdhkh@hanmail.net)

* 한국철도시설공단 전철전력처, ** (주)디투엔지니어링 전차선설계팀

2. 본 론

2.1 성남~여주 복선전철

성남~여주 복선전철 노선은 약 57km로써 설계속도는 판교~부발간 120km/h, 부발~여주간 150km/h이며 정거장은 환승역 2개소를 포함하여 11개소를 건설하고, 노선구성 비율은 토공 18km(31.6%), 교량10km(17.5%), 터널 29km(50.9%)로 되며 가선방식의 현황은 Fig.1과 같다.



Fig. 1 Double track train map in Seongnam-Yeojju

성남~여주 복선전철 전차선로 가선시스템 구성은 강체 R-bar 가선방식, 저가고 심플 커티너리 가선방식(가고 500mm), 표준 심플 커티너리 가선방식(가고 710mm)의 3가지로 구성되며 분당선에서 반입선을 통해 성남~여주선으로 연결되며 반입선의 특수성으로 인해 전동차 중정비는 이문, 분당, 평내, 용문, 문산차량기지에서 수행하고, 부발차량기지는 중정비만 하게 되며, 강체 R-bar 가선방식은 국산화 개발제품을 최초로 건설선에 적용하게 되었다.

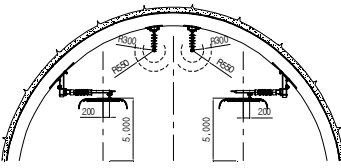
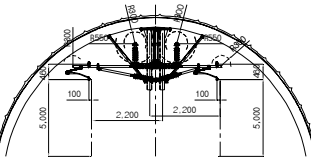
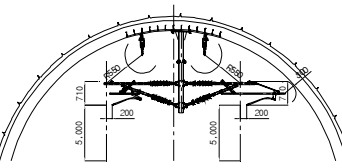
2.2 전차선로 가선시스템

전차선로 가선시스템은 전기차의 집전장치와 접촉하여 전력을 공급하기 위한 가선설비와 이에 부속하는 설비로 구성되며, 전차선로는 전기철도에서 직접차량에 접촉하여 전기차에 전력을 공급하여 차량을 구동할 수 있게 하는 중요한 설비이다.

팬티그래프와 전차선 사이의 접촉력은 동역학적 운동에 있어서 중요하며, 접촉력은 열차 주행시 팬티그래프로 측정할 수 있고 표준편차, 평균, 최대, 최소, 전주에서 압상량, 이선율 등을 가지고 평가할 수 있다.

전차선과 팬티그래프간의 이선현상을 방지하고 양호한 전기차 운전을 하기 위해서는 전차선이 레일면상 높이가 같고, 전차선의 장력이 항상 일정하며, 가고를 크게 하여 압상 특성을 균일하게 하고, 팬티그래프의 성능을 향상시켜야만 가능하며 가선시스템 비교는 Table 1과 같다.

Table 1 Catenary System Comparison

구 분	강체 R-bar 가선방식	심플 커티너리 가선방식 (저가고 500mm 가동브래킷)	심플 커티너리 가선방식 (표준가고 710mm 가동브래킷)
현황사진			
주요설비	·R-bar에 취부하여 전차선 가선함 ·400~600m마다 익스펜션 조인트 설치함	·조가선에 규압용 드로퍼를 취부하여 전차선 가선함 ·1,600m마다 에어조인트 설치함	
장 점	·급전선 및 접지물간 절연 이격거리 확보에 유리함 ·생기부수용 및 설비의 안정성이 높음	·지지물 설치가격이 넓으며 (40m), 주요 자재가 국산 자재로 경제적임 ·향후 열차증속에 대비가 가능함	
단 점	·지지물 가격이 저렴하며 (10m) 건설비가 고가임 ·최대운행속도 120km/h로 향후 열차증속시 추가비용이 발생함	·급전선 및 접지물간 절연이격거리 확보에 불리함	
사용실적	인천공항철도, 분당선, 경의선 등	경전선, 부전-마산, 경춘선 등	

2.3 집전현상 시뮬레이션

설계속도 200km/h의 심플 커티너리 가선방식 표준가고 710mm는 기운행선로에서 검증되어 있으므로 경전선에 적용한 심플 커티너리 가선방식 저가고 500mm에 대한 한국철도기술연구원의 집전현상 시뮬레이션 결과는 Table 2, 3과 같다.

2.3.1 시뮬레이션 조건

Table 2 Simulation Conditions

경간길이	케이스	전차선로				팬타그래프	속도
		전차선 조가선 장력	Pre-sag	드로퍼 간격	나머지 데이터		
40m	Case 1	12kN	1/1000	2.5-5.0	· 전차선 : 110mm ² (0.9877kg/m) · 조가선 : 65mm ² (0.605kg/m)	KTX-GPU	200km/h
	Case 2	12kN	1/2000	2.5-5.0			
	Case 3	12kN	1/1000	3.0-4.5-5.0			
	Case 4	14kN	1/1000	2.5-5.0			

2.3.2 시뮬레이션 결과 (경간 40m)

Table 3 Simulation Results(Span 40m)

변수	기호	단위	시뮬레이션 결과 값(경간 : 40m)			
			Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
평균 접축력	Fm	N	136.6	135.4	135.1	136.7
접축력 표준편차	σ	N	29.7	27.4	27.2	28.5
통계적 최대 접축력	$Fm+3*\sigma$	N	225.7	217.6	216.7	222.2
통계적 최소 접축력	$Fm-3*\sigma$	N	47.5	53.2	53.5	51.2
전주(5th/6th/7th)에서 압상량	Uplift	mm	34/37/36	35/39/37	40/43/40	31/31/31
이선율 1 ($\geq 67.5ms$)	NQ 1	%	0.0	0.0	0.0	0.0
이선율 2 ($\geq 14.4ms$)	NQ 2	%	0.0	0.0	0.0	0.0
이선율 3 ($\geq 3.6ms$)	NQ 3	%	1.5	1.0	0.2	0.0

2.3.3 시뮬레이션 결과

Case1~4의 시뮬레이션 결과 전차선 장력은 12kN, 사전이도를 1/1000, 드로퍼간격은 곡선당 김금구 압상량을 억제하는 차원에서 2-5-5.0m 조합을 채택하는 것이 설계속도 200km/h에 보다 더 만족하게 나타남을 알 수 있다.

2.4 기계적 강도시험

저가 500mm 가동브래킷의 I형 0형의 기계적 성능 시험은 KRS에서 규정한 기준값을 모두 만족하게 나타났음을 Fig. 2과 같이 확인할 수 있다.

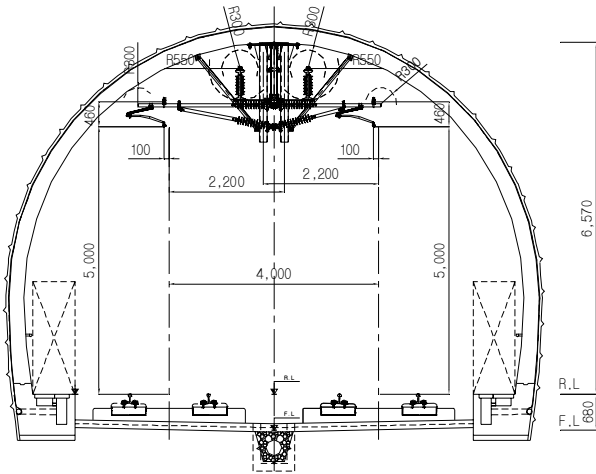
발급번호 (Certificate No.) R11-0582		시험 성적서 (TEST REPORT)	
Sheet No. 2 / 2		시험결과 (Test Result)	
Ⓞ 기계적 성질			
1. 하중시험			
1-1) DST비널브래킷 I 형			
시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)	시험 방법 (Test Process)
수직 하중 시험 (N)	2 059에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	KRS PW 0019-07(R)
수평 하중 시험 (N)	-3 138에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
곡선당김지지각구하중 (N)	-1 961에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
1-2) DST비널브래킷 O 형			
시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)	시험 방법 (Test Process)
수직 하중 시험 (N)	2 059에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	KRS PW 0019-07(R)
수평 하중 시험 (N)	+3 138에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
곡선당김지지각구하중 (N)	+1 961에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
주 1) 본 시험은 상온외부조건에서 시험한 결과임. 2) 수평하중의 (+)는 지지방향, (-)는 지지반대방향의 하중임. 3) 본 시험은 KRS PW 0019-07(R) 규격에서 의뢰된 시험 항목에 한하여 시험한 결과임. 끝.			

발급번호 (Certificate No.) R11-2155		시험 성적서 (TEST REPORT)	
Sheet No. 3 / 3		시험결과 (Test Result)	
Ⓞ 기계적 성질			
시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)	시험 방법 (Test Process)
인장 내 하중 시험 (N)	2 942 에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	KRS PW 0030-10(R)
최대 인장 하중 시험 (N)	5 884 이상 에서 이상 유무	이상 없었음	
압축 내 하중 시험 (N)	1 961. 에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
이어의 미끌림 내 하중 시험 (N)	980 에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
이어의 비틀림 내 하중 시험 (N·m)	49 에서 3분간 유지 후 이상 유무	이상 없었음	
주 1) 본 시험은 온도 (20 - 21) °C, 상대습도 (45 - 47) % 의 실내 환경조건에서 시험한 결과임. 2) 본 시험은 조임토크 39 N·m 로 볼트를 체결하여 시험한 결과임. 3) 본 시험은 KRS PW 0030-10(R) 규격에서 의뢰된 시험 항목에 한하여 시험한 결과임. 끝.			

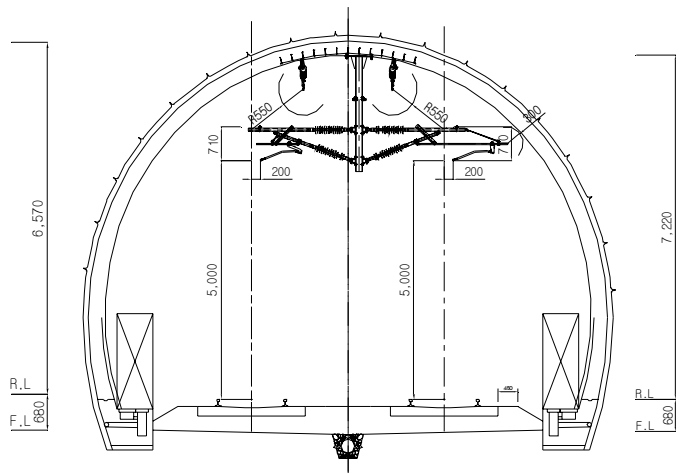
Fig. 2 Mechanical Strength Test Results

2.5 성남~여주 터널 단면

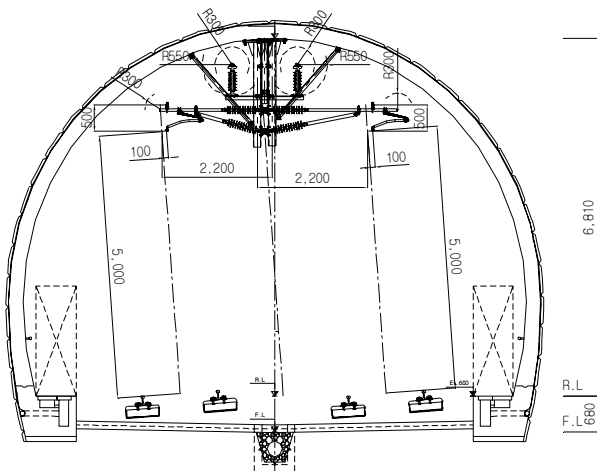
성남~여주 복선전철의 저가고 심플커티너리 가선방식(가고500mm)와 표준 심플커티너리 가선방식(가고710mm)의 전차선 높이, 절연이격거리, 편위, 경간 등을 감안한 표준장주는 Fig 3~10과 같다.



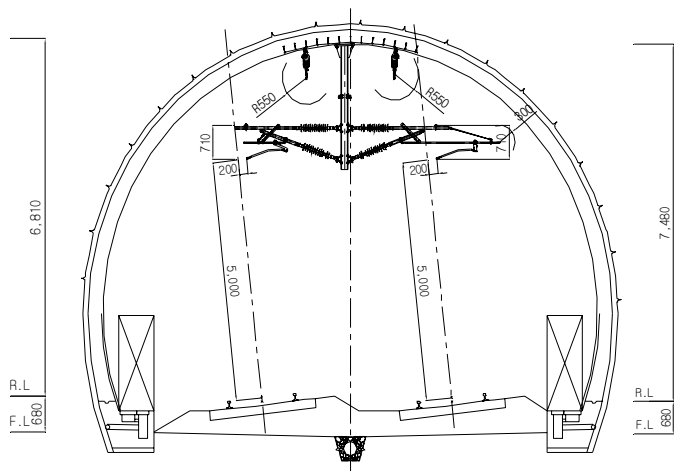
**Fig. 3 General Area Standard Drawing
(Straight Places)-500mm**



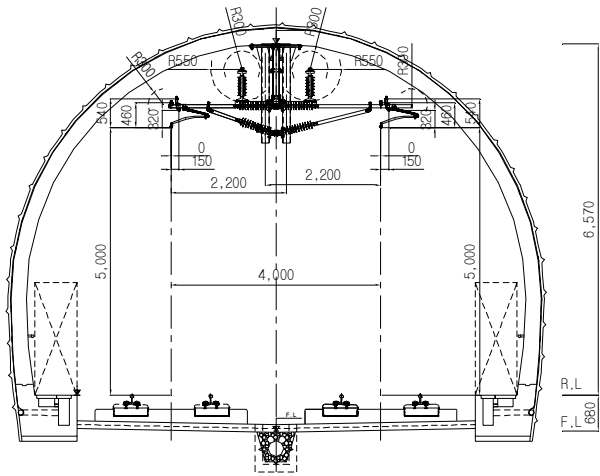
**Fig. 4 General Area Standard Drawing
(Straight Places)-710mm**



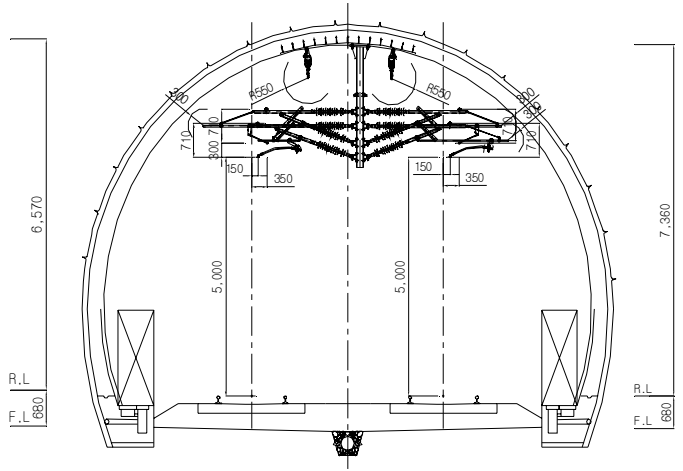
**Fig. 5 General Area Standard Drawing
(Curved Places)-500mm**



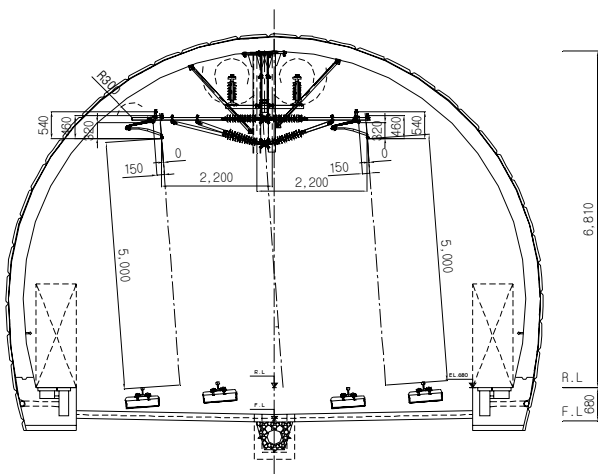
**Fig. 6 General Area Standard Drawing
(Curved Places)-710mm**



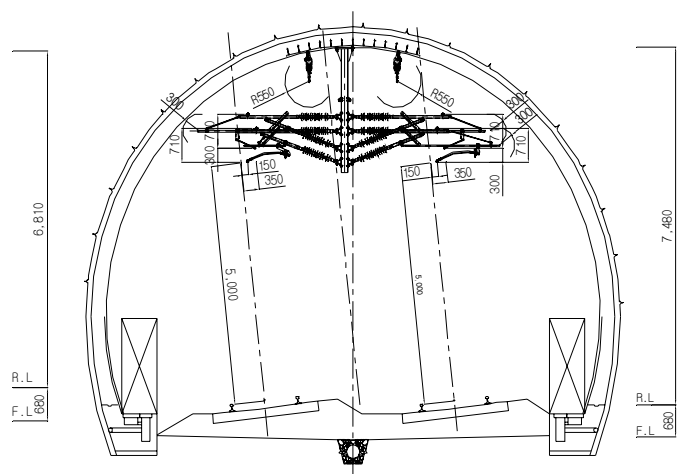
**Fig. 7 Parallel Section Area Standard Drawing
(Straight Places)-500mm**



**Fig. 8 Parallel Section Area Standard Drawing
(Straight Places)-710mm**



**Fig. 9 Parallel Section Area Standard Drawing
(Curved Places) - 500mm**



**Fig. 10 Parallel Section Area Standard Drawing
(Curved Places) - 710mm**

3. 결 론

본 논문에서는 전동차 전용구간으로 도심지를 통과하는 성남~여주 복선전철을 터널내 단면적을 작게 할 수 있는 전차선로 시스템으로 구성하여 건설비 최소화 및 공사기간을 단축하고 운행열차의 설계속도에 적합하고 향후 증속이 가능하도록 하였으며 특히 강제 R-bar 가선방식은 국산화 개발제품을 최초로 적용하여 국내산업발전에 발전에 기여할 수 있도록 하였고, 저가교 심플커티너리 가선방식(가교 500mm)는 한국철도 기술연구원이 개발하여 집전특성 시뮬레이션 결과와 기계적 강도 시험을 필하고, 경전선 삼랑진~마산구간에 건설되어 운영되고 있는 전차선로 가선시스템을 성남~여주 터널내 단면적에 적용가능성을 검토하여 운행열차의 설계속도에 적합한 설계를 수행하였다. 향후 일반철도에서 설계속도 200km/h 이하 전차선로 가선 시스템은 터널내 단면적 축소가 가능하고 가선특성이 좋은 저가교 심플커티너리 가선방식(가교 500mm) 가동브래킷을 적용하여 터널내 단면적 축소로 건설비 감소효과를 기대할 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- [1] KRTC(2006) 성남~여주 복선전철 건설공사 실시설계, 한국철도시설공단
- [2] 박병곤(2011) 이단적재열차(DST) 운행을 위한 전차선로 및 구조물 개량방안연구, 우송대학교 철도대학원
- [3] 권삼영(2010) 200km./h급 저가교형(500mm) 터널브래킷(DST 브래킷) 기본 구조정립, 한국철도기술연구원