

200 km/h급 전차선로 구조강도 설계기준에 관한 기술적 검토

A Technical Review on the Structural Design Criteria for a Catenary System with Maximum Design Speed of 200 km/h

조용현,*

이기원,**

권삼영,*

최강윤,***

창상훈****

Yong Hyeon Cho,

Kiwon Lee,

Sam-Young Kwon,

Kangyoun Choe,

Sang-Hoon Chang

ABSTRACT

In this study, a comparison between the structural design criteria for a catenary system with the maximum design speed of 100km/h and that of 300km/h was performed in order to establish that of 200km/h. According to the result, catenary design criteria for 300km/h operation is more conservative than that for 100km/h operation. This result shows that higher wind pressure and safety factor are adopted to catenary design for 300km/h operation. So, for the purpose of the economic structural design for catenary system, it is necessary to review the adoption possibility of catenary system for 100km/h operation first. In order to review the adoption possibility for catenary system for 100km/h operation, design criteria for 300km/h operation should be chosen for safer catenary structure.

1. 서론

철도의 전철화를 하게 되면 속도 향상, 수송량 증대, 환경 오염 저감 등 많은 장점을 가지고 있어 국내에서 간선 철도의 200 km/h 급의 전철화를 본격적으로 추진하고 있다. 국내에서는 산업선의 전철화를 필두로 수도권 전철화, 경부고속철도 건설 등을 통하여 전기 철도 구조물 설계에 대한 많은 기술 축적을 이루어 왔으므로 간선 철도의 전차선로 설계는 그 동안 국내에서 축적된 기술을 활용하여 충분히 가능하리라 생각한다.

국내에서 확보하고 있는 구조 강도 설계 기술은 2 가지로 하나는 100 km/h 급 저속 열차용 전차선로의 설계 기술이고, 다른 하나는 300 km/h 급 고속 열차용 전차선로의 설계 기술이다. 100 km/h 급 전차선로에 적용하는 구조 강도 기준은 일본의 기준을 준용하고 있고, 300 km/h 급 전차선로에 적용하는 구조 강도 기준은 프랑스의 설계 기준을 준용하고 있다. 200 km/h 급 전철화를 추진하는 데에 있어서 국내에 기 확보된 기술 중에서 어떤 것을 적용하는 것이 타당한가를 검토해야 할 시점이 되었다.

따라서, 본 기술 검토에서는 100 km/h급 전차선로 설계 기준과 300 km/h 급 전차선로 설계 기준을 상세히 검토해 보고 200 km/h 급 전차선로 구조물을 대상으로 2 가지 설계 기준을 적용하여 강도 평가를 해 봄으로써 이들 기준을 비교·평가해 보았다.

2. 100 km/h 급 전차선로 설계 방식

2.1 적용 기준

- 일본 통산성고시 「전기설비에 관한 기술기준을 정한 고시」 등.

* 한국철도기술연구원 선임연구원

** 한국철도기술연구원 주임연구원

*** 한국철도기술연구원 책임연구원

2.2 적용 하중

표 1 기존선 전기철도 구조물 적용 하중

하중의 종류		구조물	적용 조건	비고	
수평하중	풍압 하중	진선류	갑종, 을종, 병종, 착설 하중		
		지지물	갑종, 을종, 병종 하중	선로 직각 및 평행 방향	
		빔	갑종, 을종, 병종 하중		
	곡선로, 편위에 의한 횡장력	전선	횡장력 및 표준온도, -5℃, 최저 온도, 0℃에서의 온도하중		
		설하중	전주	사면 적설 이동 하중	
			전선 등	재설차 횡장력	
수직하중	자중	전선 등			
	설하중	진선류	착설 하중		
		빔	관설 하중		
		철주사재	침하력		
	착빙 하중	진선류	착빙 하중		

2.3 하중 조합

전기철도 구조물의 강도 계산에 적용하는 하중 조합은 일반 지구와 적설 지구를 나누어 적용한다. 우리 나라는 산간 지방 등과 같이 특수한 경우를 제외하고는 일반 지구로 분류하여 설계하고 있다. 일반 지구에 적용하는 하중 조합은 표 2와 같으며 강도 계산 결과 응력이 가장 크게 발생하는 조합을 강도 평가에 적용한다.

표 2 기존선 전기철도 구조물 하중 조합

적용 온도	작용 방향	하중 조합	비고
표준 온도	수평	갑종 풍압하중(진선류, 지지물)+횡장력(곡선로, 편위)	필요시 지형효과 고려
	수직	사하중(진선류, 빔등, 전주 등)	
-5℃	수평	을종 풍압하중(진선류, 지지물)+횡장력(곡선로, 편위)	필요시 지형효과 고려
	수직	사하중(진선류, 빔등, 전주 등)+착빙하중(진선류)	
최저 온도	수평	을종 풍압하중(진선류, 지지물)+횡장력(곡선로, 편위)	필요시 지형효과 고려
	수직	사하중(진선류, 빔등, 전주 등)	

여기서 갑종 풍압하중이란 여름철 태풍을 기준으로 하여 설정한 풍속 기준으로 40 m/s의 바람이 불 때의 풍압 하중을 말한다. 또한, 을종 및 병종 풍압하중은 저온 계절 표준 풍압하중으로 갑종 풍압하중의 1/2의 풍압 즉 풍속 28 m/s의 바람이 불 때의 풍압 하중을 말한다. 을종 풍압 하중을 고려하는 경우에는 전선에 착빙 하중(두께 6 mm, 비중 0.9)이 추가로 작용함을 고려해야 한다.

표 3 풍속별 풍압하중(단위 : kgf/m²)

풍압 작용 부위		풍속 40m/s	풍속 28m/s
지지물	H형 철주	200	100
전선	전선	100	50

2.4 강도 평가 방법

기존선 전차선로 구조 설계에서는 구조물에 동시에 작용하는 실제 하중을 모두 고려하여 부재에 작용하는 최대 응력을 계산한다.

축력 P와 굽힘 모멘트 M을 받고 있는 부재에 작용하는 최대 응력 σ_{max} 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{P/A}{\sigma_{max}} + \frac{M/Z}{\sigma_{max}} = 1$$

σ_{max} 대신 허용 응력 σ_{al} 을 쓰면 다음과 같은 강도 평가식을 얻을 수 있다.

$$\frac{P/A}{\sigma_{al}} + \frac{M/Z}{\sigma_{al}} \leq 1$$

상기 식을 이용하여 복합 하중이 작용하는 경우에 적용하는 평가식이 표 4에 정리되어 있다.

표 4 복합 하중이 작용하는 경우 적용하는 강도 평가식

하중케이스	강도 평가식	비고
인장력 P, x축 굽힘모멘트 M_x , y축 굽힘모멘트 M_y 가 작용할 때	$\frac{P/A}{\sigma_{인장}} + \frac{M_x/Z_x + M_y/Z_y}{\sigma_{굽힘}} \leq 1$	
압축력 P, x축 굽힘모멘트 M_x , y축 굽힘모멘트 M_y 가 작용할 때	$\frac{P/A}{\sigma_{압축}} + \frac{M_x/Z_x + M_y/Z_y}{\sigma_{굽힘}} \leq 1$	

상기 강도 평가식에 들어갈 허용 응력은 다음과 같은 방법에 의하여 설정한다.

① 인장응력

인장한도와 항복응력의 상대적 크기에 따라서 허용 응력을 아래와 같이 달리 한다.

- 항복응력 $\leq 0.7 \times$ 인장한도인 경우 : $\sigma_{인장} = \text{항복응력}/1.5$
- 항복응력 $> 0.7 \times$ 인장한도인 경우 : $\sigma_{인장} = 0.7 \times \text{인장한도}/1.5$

② 굽힘 응력

- $\sigma_{굽힘} = \text{항복응력}/1.5$

③ 압축 응력

세장비 $L(\text{길이})/r(\text{회전반경}) \Rightarrow \lambda$ 일 때에는 재료의 비례한도에 도달하기 전에 좌굴 한도에 먼저 도달하게 되므로 아래와 같은 좌굴 한도가 허용 압축 응력이 된다.

$$\sigma_{압축} = 950 / \left(\frac{L}{100r} \right)^2$$

세장비 $L(\text{길이})/r(\text{회전반경}) < \lambda$ 일 때에는 아래와 같은 재료의 압축 파단 강도가 허용 압축 응력이 된다.

$$\sigma_{압축} = K_0 - K_1(L/100r) - K_2(L/100r)^2$$

다만, 상기 식으로 계산된 값이 항복응력/1.5 보다 큰 경우에는

$$\sigma_{압축(\text{상한치})} = \text{항복응력}/1.5 \text{로 한다.}$$

전기철도 구조물에 일반적으로 많이 사용되는 SPS 41에 대하여 이상과 같은 방법에 의거하여 계산한 허용 응력이 표 5에 나와 있다.

표 5 SPS 41의 허용 응력(100km/h 급 방식)

재료명	항복응력 (kg/cm ²)	인장한도 (kg/cm ²)	인장허용 (kg/cm ²)	굽힘허용 (kg/cm ²)	압축허용 상한(kg/cm ²)	λ	K_0	K_1	K_2
SPS41	2390	4070	1590	1590	1590	105	1550	23	602

3. 300 km/h 급 전차선로 전차선로 설계 방식

3.1 적용 기준

- 경부고속철도 계약서
- CM66(Construction Metallic 1966 : 철구조물의 설계시 계산 원칙을 규정한 프랑스 건설시방서로서 프랑스 건축 및 토목공사 기술원에서 발간) 등

3.2 작용 하중

CM 66에 의거하여 전차선로에 작용하는 하중은 표 6과 같이 분류될 수 있다.

표 6 경부고속철도 전차선로 구조물 적용 하중

하중의 종류		구조물	적용 조건	비고
수평하중	풍압 하중	전선류	지역별, 지형별 풍압	NV65에 의거
		지지물 등	지역별, 지형별 풍압(선로 직각 및 평행 방향)	
	곡선로, 편위에 의한 횡장력	전선	횡장력 및 표준온도, 최저온도에서의 온도하중	
	설치 하중	전선 등	전선 영구신장 조성 하중	(조가선 : 1000N 추가, 전차선 : 50%장력 추가)
수직하중	사하중	전선 등		
	착빙하중	전선류	착빙하중(10N/m)	0°C이하에서만 고려
	지진하중	지지물 등	-수직 : 자중의 3% 추가 -수평 : 자중의 6% 추가	풍하중과 동시에 고려할 필요 없음

지역(Zone)별 풍속을 결정하기 위하여 1000일 동안 측정된 풍속 기록 중에서 상위 3위에 해당하는 풍속을 기준으로 해서 지형(Site) 효과를 고려하기 위해 Normal site(site 1)에서는 기준값을, 지형적인 효과로 인해 풍속이 증가하게 되는 Exposed site(site 2) 및 Over-exposed site(site 3)에서는 기준값에 가중치 1.3과 1.6를 곱한 값을 취한다. 구조물 해석에 필요한 풍압은 지역별, 지형별 풍속을 아래 식에 대입하여 구한다.

$$P_{dm} = \frac{V^2 \times 10}{16.3 \times 9.81} \times 1.75 = \frac{V^2}{9.137} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

여기서 1.75는 구조적 안전을 위하여 추가로 곱해 주는 가중치이다.

3.3 하중 조합

경부고속철도 전차선로 구조물 설계에서 작용 하중들이 최악으로 조합하여 작용할 가능성에 대비하여 표 7과 같이 작용 하중에 가중치를 곱하여 보상 하중 케이스(Compensated load case)를 설정하여 강도 해석을 한다.

3.4 강도 평가 방법

유한요소법 등의 구조 해석 방법을 사용하여 얻어진 최대 조합 응력이 재료의 파괴를 막기 위하여 설정된 허용 응력 보다 작을 때 구조물은 안전하다고 판단한다.

$$\text{최대 조합 응력} \leq \text{허용 응력}$$

허용 응력은 재료의 항복응력(CM 66에 의거) 혹은 인장한도의 절반(경부고속철도 계약서에 의거) 중에서 작은 값을 취한다. 표 8에는 전차선로 구조물 강재 SPS41의 허용 응력을 표시하고 있다.

표 7 보상 하중 케이스 설정을 위한 가중치

상태구분	하중의 종류(CM66)	전차선로에서의 하중	가중치(안전율)
1.정상 운용	· 사하중(자중, 설치방법에 따른 영향)	· 자중 · 전선 편위 하중	4/3 또는 1의 최악조건
	①운전하중 또는 시험하중 ②일반 강설하중 ③일반 풍하중	· 착빙하중 · 일반 풍하중	- 3/2 : ①, ②, ③중 단일 고려시 - 17/12 : ①, ②, ③중 2개를 동시에 고려할 때 - 4/3 : ①, ②, ③ 3개를 동시에 고려할 때
	온도변화 영향 하중	· 전선 장력	4/3
2.설치작업	· 장비하중 · 작업조건 및 순서에 따른 하중 등	· Catenary 72시 간 과하중	- 정상사용중과 원칙적으로 동일 - 짧은 시간의 하중은 1 적용
3.예외적인 상태	· 극한 기상 · 지진	· 극심풍 하중	지진하중과 풍하중은 동시에 고려될 필요 없음 (PS 69규정)

표 8 SPS 41의 허용 응력(300 km/h급 방식)

재료명	항복응력 (kg/cm ²)	인장한도/2 (kg/cm ²)	허용 응력 (kg/cm ²)	비고
SPS41	2390	2035	2035	항복응력 < 인장한도/2

4. 강도 평가 결과 비교 및 토의

100 km/h 급 설계 방식과 300 km/h 급 설계 방식을 적용해 보고, 이들 평가 결과를 비교함으로써 적용 기준에 대한 검토를 하였다.

4.1 검토 대상 구조물

200 km/h 급 전차선로에서는 300 km/h급 전차선로 보다 선로 회전 반경이 작을 수 있으므로 회전 반경에 의한 횡장력이 크게 발생할 수 있다. 이를 고려하기 위하여 그림 1에 나와 있는 가동 브라켓을 검토 대상 구조물로 선택하였다. 200 km/h 급 전차선로에서 가선 장력으로 검토되고 있는 값은 12 kN으로 기존선의 장력(전차선 : 10kN, 조가선 : 10 kN) 보다는 크고 경부고속철도의 장력(전차선 : 20 kN, 조간선 : 14 kN)보다는 작다.

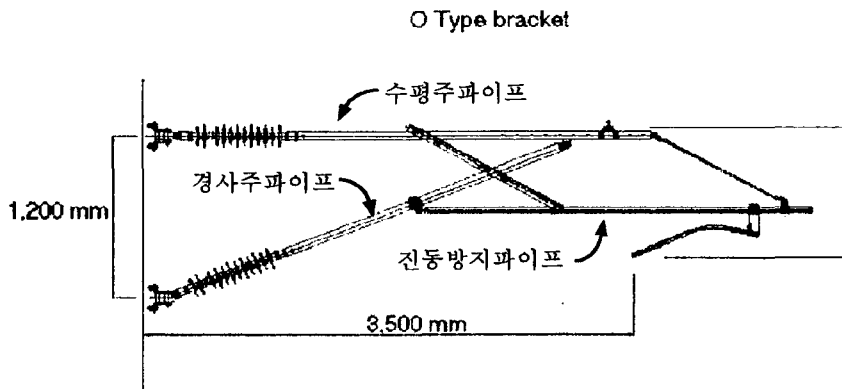


그림 1 강도 평가 대상 가동 브라켓

4.2 작용 하중

강도 평가에 고려해야 하는 하중은 다음과 같이 가정하여 이를 정리한 결과가 표 9에 나와 있다.

- 전선 장력 및 재질

- 조가선 : 장력 12 kN(자동장력 조정, Bz 65 mm²)
- 전차선 : 장력 12 kN(자동장력 조정, GT 110 mm²)
- 경간 : 40 m
- 선로 회전 반경 및 편위에 의한 하중
 - 회전 반경 : 800 m
 - 편위 : +200 mm / +200 mm
 - 편위 및 곡선 반경에 의한 횡 장력은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$T_{\text{횡장력}} = \left(\frac{h_L}{S_L} + \frac{h_R}{S_R} + \frac{S_L}{2R} + \frac{S_R}{2R} \right) T$$

여기서 h_L : 브라켓 좌측 경간에서의 편위, h_R : 브라켓 우측 경간에서의 편위, S_L : 브라켓 좌측 경간의 길이, S_R : 브라켓 우측 경간의 길이, T : 전선에 작용하는 장력이다.

- 풍하중 = 최대 풍압 x 전선 직경 x 경간 길이
- 가동 브라켓이 설치된 곳은 바람이 모이는 지형으로 가정하여 100 km/h급 전차선로 설계 방식에서는 표준온도에서 갑종 풍하중에 지형 효과를 고려한 100 kg/m²(풍속 40 m/s에 해당)를, -5℃에서는 울종 풍하중에 지형 효과를 고려한 50 kg/m²을 최대 풍압으로 적용하며, 300 km/h 급 전차선로 설계 방식에서는 전철화가 되는 지역에서 관측한 기상 자료를 근거로 설정하고 있는데 여기서는 익산-목포 구간에서 Site 2에서의 풍압 180 kg/m² 을 최대 풍압으로 적용한다.
- 착빙 하중
 - 100 km/h 급 전차선로 설계 방식에서는 착빙 하중으로 두께 6mm, 비중 0.9 의 얼음이 쌓인 것으로 하고, 300 km/h 급 전차선로 설계 방식에서는 착빙 하중으로 10 N/m을 적용한다.

표 9 가동 브라켓에 작용하는 하중(단위 : kg)

하중 방향	하중 종류	100 km/h 급 설계 방식		300 km/h 급 설계 방식			비고
		표준온도	-5℃	최저온도	표준온도	최고온도	
수평	풍압하중 (kg)	41.2(조가선) +53.6(전차선)	20.6(조가선) +26.8(전차선)	74.2(조가선)+96.5(전차선)			N_4로 표기
	횡장력 (kg)	61.2(조가선) +61.2(전차선)	좌동	좌동			N_2로 표기
수직	사하중 (kg)	24.2(조가선) +39.5(전차선) + 94(브라켓)	좌동	좌동			N_1로 표기
	착빙하중 (kg)	-	37.8	40.8			N_3으로 표기

4.3 하중 조합

기존선 방식 및 경부고속철도 방식에서 최악의 조건으로 가정하는 하중 조합이 표 10에 나와 있다.

표 10 가동 브라켓에 작용하는 하중 조합(단위 : kg)

		100 km/h 급 설계 방식		300 km/h 급 설계 방식			비고
		표준온도	-5℃	최저온도	표준온도	최고온도	
하중 조합		N_1 + N_2 + N_4		4/3*N_1 + 4/3*N_2 + 17/12*N_3 + 17/12*N_4			()안의 값은 N_1+N_2+N_3+N_4 한 값
합력	전차선 수평	114.8	88.0	218.3(157.7)			
	조가선 수평	102.4	81.8	186.7(135.4)			
	조가선 수직	157.7	195.5	268.1(198.5)			

하중 조합을 검토해 보면 300 km/h 급 설계 방식의 하중이 가중치를 곱했을 때는 물론이고 가중치를 곱하지 아니하였을 때도 100 km/h 급 설계방식의 하중 보다 크다는 것을 알 수 있다. 이는 100

km/h 급 설계 방식에서는 최고 풍속으로 가정된 40 m/s의 바람에 의한 풍압을 그대로 사용한 반면에 300 km/h 급 설계 방식에서는 관측된 최고 풍속에 의한 풍압에 1.75배를 하여 구조 해석을 위한 풍압으로 사용하기 때문이다.

4.4 유한 요소 모델 및 경계 조건

브라켓에 대한 유한 요소 모델링 및 경계 조건(300 km/h급 설계 방식)은 그림 2와 같다.

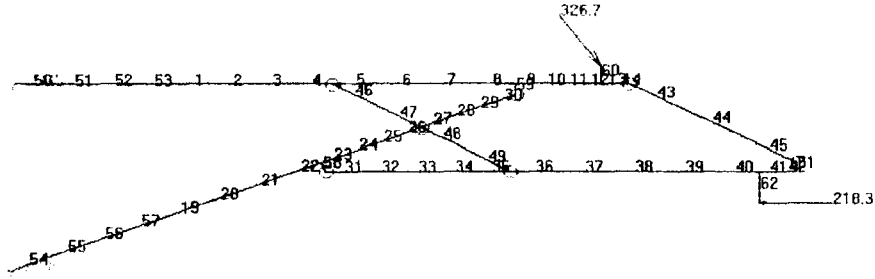


그림 2 가동 브라켓 유한 요소 모델 및 경계 조건

4.5 강도 평가 결과

MSC/NASTRAN을 사용하여 유한 요소 해석을 수행하여 부재에 작용하는 최대 응력을 구하였다. 표 11에는 100 km/h 급 및 300 km/h 급 전차선로 설계 방식으로 계산한 최대 응력이 나와 있다. 100 km/h 급 설계 방식에서는 울중 풍하중을 적용하는 경우에 비하여 갑중 풍하중을 적용하는 경우 더 큰 응력을 얻었으므로 표 11에는 갑중 풍하중을 적용하는 경우에 대한 해석 결과가 실려 있다.

표 11 강도 평가 결과

부재명	소재명	100 km/h 급 설계 방식			300 km/h 급 설계 방식		
		최대응력(a) (kg/cm ²)	허용치(b) (kg/cm ²)	a/b 비	최대응력(c) (kg/cm ²)	허용치(d) (kg/cm ²)	c/d 비
수평 주 파이프	SPS 41	753	1590	0.47	1274	2035 (2390)	0.62 ((0.53))
경사 주 파이프	SPS 41	압축: 79 굽힘: 487	압축:853 굽힘:1590	0.40	1062	2035 (2390)	0.52 ((0.44))
진동 방지 파이프	SPS 41	579	1590	0.36	1100	2035 (2390)	0.54 ((0.46))

주) ()안의 값은 CM66에 의한 허용치이고, (())안의 값은 CM66을 적용한 계산치임

표 11에 나와 있는 최대응력 대 허용치의 비를 살펴보면 300 km/h 급 설계 방식에 의한 결과는 100 km/h 급 설계 방식에 의한 결과에 비해 큰 값을 가진다. 즉 300 km/h 급 설계 방식이 100 km/h 급 설계 방식 보다 더 보수적이라는 의미이다. 따라서, 100 km/h 급 설계 방식으로 설계된 구조물이 300 km/h 급 설계 방식을 적용하여 강도 평가를 하면 구조 강도상 부적합한 것으로 판단될 수 있음에 유의할 필요가 있다.

4.6 토의

300 km/h 급 설계 방식이 100 km/h 급 설계 방식 보다 보수적인 이유는 큰 풍하중과 안전율을 적용하고 있기 때문이다.

풍하중에 있어서는 100 km/h 급 설계 방식에서는 갑중 풍하중 즉 40 m/s의 바람을 기준으로 풍하중을 산정하고 있는 반면에 300 km/h 급 설계 방식에서는 1000일 동안의 기상관측자료를 기초로 지역과 지형을 모두 고려한 상위 3위의 바람에 가중치 1.75를 추가로 곱하여 풍하중을 산정하고 있어 더 큰 값을 얻게 된다.

안전율에 있어서는 강제 SPS 41의 경우 100 km/h 급 설계 방식에서는 항복응력에 대하여 1.5를 취하

고 있는 반면에 300 km/h 급 설계 방식에서는 인장한도에 대하여 2를 취하고 여기에 하중 조합을 만들 때에 가중치(1.33~1.4)를 추가로 적용하고 있어 보수적인 안전율을 취하게 된다.

프랑스의 PS69 규정에 의하면 300 km/h 급 설계 방식에서는 풍하중과 지진에 대비한 하중은 동시에 고려할 필요가 없음을 규정하고 있다고 한다. 그 이유는 이미 충분히 보수적으로 하중을 고려하였기 때문으로 생각된다.

한편 프랑스의 CM 66의 규정에 의하면 안전율은 하중 조합을 만들 때에 가중치(1.33~1.4)로 하며 이를 항복응력으로 나누어 허용 응력을 산출하게 되어 있다. 표 11에서 볼 수 있는 바와 같이 CM 66의 규정을 적용하게 되면 100 km/h 급 설계 방식보다는 보수적이지만 300 km/h 급 설계 방식보다는 완화된 결과를 얻게 된다.

200 km/h 급 전차선로 구조물을 저렴하게 설계하기 위해서 고가의 300 km/h 급 구조물보다 100 km/h 급 전차선로 구조물의 적용 가능성을 우선적으로 검토해 볼 필요가 있다. 100 km/h에서 200 km/h 로 속도 향상이 됨에 따라서 가선의 장력 등 운전 하중의 증가로 인하여 100 km/h 급 구조물에는 더욱 심한 응력이 걸리게 될 것이므로 사용 여부를 결정하기 위해서는 보수적인 평가가 필요하게 된다. 따라서 200 km/h 급 전차선로 구조물을 설계하기 위해서는 100 km/h 급 설계 방식보다 300 km/h 급 설계 방식을 선택하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

주지하는 바와 같이 200 km/h 급 전차선로 구조물은 300 km/h 급 전차선로 구조물보다 하중이 적게 걸리게 되므로 200 km/h 급 전차선로 구조물을 300 km/h 설계 방식으로 설계하면 보수적으로 흐를 수 있으므로 이를 피하기 위하여 앞서 언급하였던 CM 66의 규정을 적용하는 것을 향후 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다.

5. 결론

본 기술 검토에서는 200 km/h 급 전차선로 구조물 설계 기준을 수립하기 위하여 우리 나라에 이미 적용되고 있는 100 km/h 급 설계 방식과 300 km/h 급 설계 방식을 살펴보고 실제 전차선로 구조물을 대상으로 각 방식에 의한 강도 평가를 실시한 후 비교해 보았다.

검토 결과에 따르면 300 km/h 급 설계 방식이 100 km/h 급 설계 방식 보다 더 보수적이다. 이는 300 km/h 급 설계 방식이 100 km/h 급 설계 방식 보다 큰 풍하중과 안전율을 적용하고 있기 때문이다.

200 km/h 급 전차선로 구조물을 저렴하게 설계하기 위해서 고가의 300 km/h 급 구조물보다 100 km/h 급 전차선로 구조물의 적용 가능성을 우선적으로 검토해 볼 필요가 있다. 100 km/h에서 200 km/h 로 속도 향상이 됨에 따라서 가선의 장력 등 운전 하중의 증가로 인하여 100 km/h 급 구조물에는 더욱 심한 응력이 걸리게 될 것이므로 사용 여부를 보수적으로 판단할 필요가 있으므로 300 km/h 급 설계 방식을 선택하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

200 km/h 급 전차선로 구조물은 300 km/h 급 전차선로 구조물보다 하중이 적게 걸리게 되므로 200 km/h 급 전차선로 구조물을 300 km/h 설계 방식으로 설계하면 보수적으로 흐를 수 있으므로 이를 피하기 위하여 CM 66의 200 km/h 급 전차선로 구조설계에 적용 등을 향후 검토해 볼 필요가 있다.

[참고문헌]

1. 김양수, 유해출, "전기철도구조물공학," 동일출판사, 1999
2. 일본 JR교본연구회, "電氣技術者のための電氣概論 支持物,"
3. 일본 철도전화협회, "電氣鐵道要覽,"
4. 프랑스 건축 및 토목공사 기술원, "Regulations for the calculation of steel structures(CM-66)," 1966
5. Korea TGV Consortium, "Basic Environmental Data for Catenary Design," 1995,
6. 권삼영 외 다수, "고속철도 전차선로 설계 요소기술 분석 및 성능시험기술 연구", 한국철도기술연구원, 1998
7. Korea TGV Consortium, "경부고속철도 계약서 Exhibit "D" CA-Catenary," 1994