

고속전차선로 유리애자 현장 적합성 기초연구

전용주* 류영태* 이기천** 이유경***
 *코레일 철도연구원, **코레일 충북지사, ***코레일 동부지사

Basic analysis of suitability for Toughened Glass Stem Insulator applied in the high speed catenary system

Jeon Yong-Joo*, Ryu Yong-Tae*, Lee Gi-Chun**, Lee Yoo-Kyung***
 *Korail Research Institute, **Korail ChoongBook Branch, ***Korail Seoul East Branch

Abstract - The Operation of high speed train in year 2004 bring about a great change in railroad industry. Especially in railroad construction field we have acquired great Know-how. And up to now we are building up operation skills. But the high speed train system are totally imported, so it is necessary to investigate some of the equipment based on our own environment.

In case of Toughened Glass Stem Insulator, we don't have any application case in domestic and limited in abroad. So there must be some characteristic estimation.

The estimation was made in three different ways. First electrical field cause, Second physical field cause and finally in circumstance cause.

In Electrical field cause, amplitude and number of time for abnormal peak voltage data are collected. And in physical field cause, amplitude and trend of vibration in to the insulator are examined. And I circumstance cause, possibility of flying gravel and ice clod are investigated.

Through this basic data suitability for Toughened Glass Stem Insulator using in domestic will be accumulated.

1. 서 론

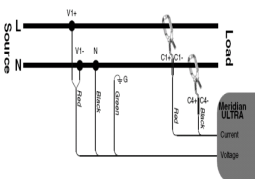
2004년 개통된 고속철도는 국내 철도산업에 큰 변화를 가져왔다. 특히 철도건설과 관련된 기술 분야는 괄목할 만한 know-how를 습득하였고 현재는 다양한 운영기술을 습득하여 전세계적으로 선진철도 운영 국으로 탈바꿈하고 있다. 그러나 고속철도의 모델이 해외에서 운영 중인 선로를 기반으로 완전한 package로 적용되어 일부 설비에 대해서는 우리의 환경과 운행특성에 맞는 분석이 요구된다.

특히 전차선로에 사용되는 유리애자의 경우 그동안 국내에 적용된 사례가 없고 해외에서도 일부구간에서만 한정적으로 적용되는 소자로서 국내선로에서 운영시 특성분석이 요구된다. 이에 2004년 4월 이후부터 축적된 운영데이터를 바탕으로 적합성 분석을 시도하였다.

합리적이고 타당성 있는 유리애자의 현장 적용성 분석을 위하여 전기적요인, 기계적요인, 외부적요인(환경)의 3가지 대 항목을 선정하고, 전기적인 요인에서는 고속철도 운행구간에서 발생하는 이상전압의 크기와 빈도를 바탕으로 애자에 미치는 영향을, 기계적 요인에서는 열차의 운행 중 발생하는 진동이 애자에 미치는 영향을, 외부적 요인에 대해서는 전차선로 내에서 열음이나 자갈 등이 비산가능성을 바탕으로 분석을 수행하였다.

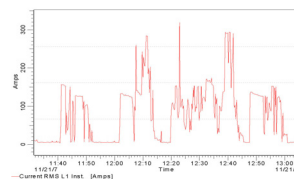
2. 본 론

2.1 요인별 영향 분석. 2.1 전기적 요인

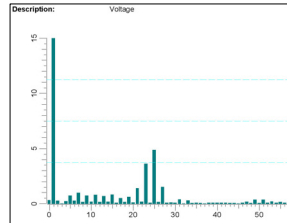


<그림 2> 단상회로결선도

철도시스템은 가선과 Panto가 접촉되는 상태로 이동을 하며 전력을 수수하는 특징이 있으며 특히 고속철도시스템의 경우 300km/h의 고속주행으로 인해 접촉부에 이선 현상 등 전기적인 충격이 크게 발생된다. 또한 낙뢰(lightning surge)와 같은 외부적인 과전압을 견뎌야 한다.



<그림 3> 전류변동 그래프 측정결과



<그림 4> 부하전류 155a에서 fft 결과

따라서 계통 내에서 계절별로 발생하는 이상전압의 크기와 빈도를 고속철 변전소를 대상으로 5일간 춘, 하, 추, 동 4계절에 대하여 계측을 수행하였으며 이를 바탕으로 평균적으로 발생하는 이상전압을 파악하였다. 계측된 데이터는 애자에 미치는 열화시험분석에 활용될 예정이다.

특히 최근의 전원설비들은 무정전화, 전력품질의 고급화 등으로 전원 에 대한 신뢰성이 아주 중요시되고 있고산업설비들은 마이크로프로세서에 의한 제어 방식을 채택, 전원품질 변동에 민감한 전력전자 소자들이 대부분이어서 분석은 더욱 필요하다 할 수 있다.

그림 1에 단상회로에 설치된 계측기와 회로 결선도를 표시하였다.

그림 2와 그림 3에는 각각 전류 변동 그래프의 측정결과와 특정 부하전류시의 fft 결과값을 표시하였다.

또한 고속선에 설치되어있는 고조파 저감장치의 효용성을 투입 및 개방하며 전력품질을 측정하였다. 그 결과를 아래표에 나타내었다.

<표 1> 고조파 저감장치의 투입전후 비교

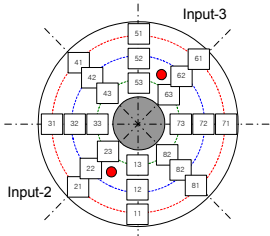
선로	부하전류	전압/전류	투입전	투입후	전압 종합왜형률 증감
F1 (F2)	무부하	전압	1.777	1.234	0.54% 감소
		전류	48.03	65.28	3.15% 감소
	50A	전압	7.141	3.991	0.61%증가
		전류	11.22	15.11	
	100A	전압	5.702	6.312	2.73% 감소
		전류	7.158	4.429	
150A	전압	7.158	4.429		
	전류	8.691	7.699		

아울러 4개의 애자런 중 1개 파손상태에서 규격에 입각한 시험을 수행해 봄으로서 애자 절연내력을 비교해 보았다. 이는 향후 애자의 파손된 상태로 운영시 안전성을 평가하는데 유용한 결과를 제시할 것이다. 상용주파과전압시험, 50% 섬락시험, 주수 섬락시험등을 수행하였으며 측정결과 4개의 애자런이 모두 있을 시 절연내력은 규정치 이상이였으며 1개의 런이 파손된 경우 기준값에 약간 미달하는 수치를 파악할 수 있었으나 계통의 운영 전압이나 발생하는 이상전압의 크기와 비교할 때 안전운행에는 큰 지장이 없음을 알 수 있었다.

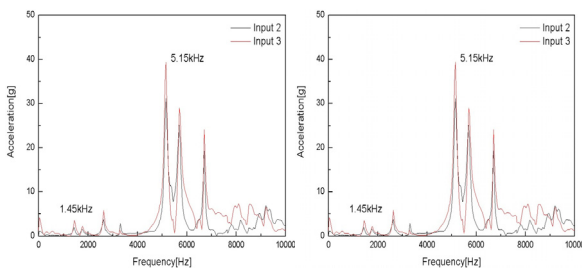
2.2 기계적 요인



유리아자는 현재 국내에서 고속 전차선로에서만 유일하게 사용되고 있다. 운영실적 데이터가 존재하지 않아 특성의 파악을 위해 기초자료를 수집하였다. 유리아자는 제질의 특성상 일정 고유진동수에서 작은 진동으로도 큰 기계적 성능의 변화가 충분히 관측될 수 있으며 이는 운행상의 장애로 연결될 수 있을 것으로 판단되어 고유진동 주파수를 계측해 보았다. 임팩트 해머를 이용하여 고유진동이 계측되었다. 그림 5에 고유진동수 계측방법을 표시하였으며 그림 6에는 고유진동 측정결과를 나타내었다.



〈그림 4〉 유리아자의 임팩트해머에 의한 진동계측



〈그림 5〉 유리아자의 고유진동 측정결과

〈표 2〉 고유진동 측정 결과

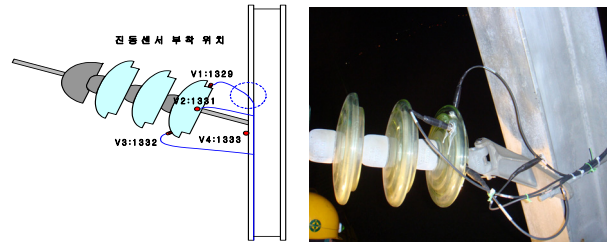
		Frequency[kHz]								Accel[g]		
		1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.4		6.7	7.65
glass 1	g-11	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.4	6.7	7.65	27.54
	g-12	1.45		2.625	3.275	5.15	5.7	6.4	6.7			39.37
	g-13			2.625		5.15	5.7	6.7				30.44
glass 2	g-21	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7				23.71
	g-22	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7				41.4
	g-23			2.625	3.275	5.15	5.35	5.7				44.85
glass 3	g-31	1.45		2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.7	7.65		32.38
	g-32	1.45		2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.4	6.7		22.72
	g-33	1.45		2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.4	6.7		15.51
glass 4	g-41	1.45		2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.4	7.65		29.79
	g-42	1.45		2.625	3.275	5.15	5.7	6.4				28.4
	g-43	1.45		2.625	3.275	5.15	5.7	6.4				15.7
glass 5	g-51	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	6.7	7.65		30.59
	g-52	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.7	6.7				38.38
	g-53	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.7	6.7				31.9
glass 6	g-61	1.45	1.75	2.625	3.275		5.35	5.7				19.62
	g-62	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.7					44.76
	g-63	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.7					34.84
glass 7	g-71	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.35	5.7	7.65			34.04
	g-72	1.45	1.75	2.625	3.275	5.15	5.7	6.4	6.7			27.15
	g-73	1.45	1.75	2.625		5.15	5.7	6.4	6.7			15.38
glass 8	g-81	1.45		2.625	3.275		5.35	5.7	7.65			30.81
	g-82	1.45		2.625	3.275	5.15	5.7	6.4				34.74
	g-83	1.45		2.625	3.275	5.15	5.7	6.4				20.89

또한 상업노선에 진동센서를 설치하여 KTX 운행 중에 발생하는 진동중 유리아자에 미치는 영향을 실측하였다. 개소별 특징을 정확히 분석하기 위해 토공 및 교량구간을 각각 별도로 데이터를 실측하였다.

설치된 진동센서는 애자에 미치는 영향만을 추출하기 위해 x, y, z 방향과 지지주에도 설치함으로써 애자면에 미치는 진동의 영향을 평가하는데 주력하였다.

오송전기사무소 관할 연계 고가내 KTX 선로 상선(서울방향)을 기준으로 각각 토공(전주번호 124-2호), 교량(전주번호 122-20호)에 설치하였다. 그림 3에 현장에 설치된 진동센서의 모습을 나타내었다. 설치된 센서는 정기적으로 차량의 이동 중에 진동을 계

측 중이다. 속도대비 측정치의 표준값이 결정되면 열화가속시험을 통하여 애자에 미치는 영향을 분석 수행할 예정이다.



〈그림 6〉 유리아자의 고유진동 측정

2.3 외부요인

자갈도상으로 이루어진 선로에서 고속으로 차량이 주행하면 열차에 의한 후폭풍이 크게 발생하며 교차 시에는 와류풍 역시 상당하게 발생된다. 이런 풍속은 때로는 차상에 부착된 고체물질이나 지상의 자갈 등의 비산 발생을 야기할 수 있으며, 실제 프랑스 TGV-Nord 선에서는 비산물이 보고된바 있다. 국내에서도 약친 후시 KTX 유리창이 충격에 의해 파손되는 등 비산의 흔적이 보고되고 있다. 비산물이 어느 정도의 크기로 얼마나 영향을 미치는지의 평가를 위해 운행선로에 비산물 검출망을 제작하여 설치하고 장기간 운영함으로써 비산가능성을 검출해 보았다.

설치장소는 그간 운영이력을 바탕으로 비산 가능성이 가장 높은 개소를 선정하여 연속적으로 5개의 비산망을 설치하였으며 6개월 이상 장기간에 설치함으로써 객관성 향상에 노력하였다. 08년 2월 설치하여 운영 중에 있으며 지속적으로 검출가능성을 점검중이다. 비산망은 1m×1m의 크기로 2단으로 제작하여 1차망은 강도가 낮은 철망을 사용하고 2차는 강도를 강화하여 비산물이 검출망에 의해 검출될 수 있는 구조로 제작되었다. 주간 정기적인 육안점검과 월간 현장 정밀점검을 수행하여 검출망의 손손여부와 상태변화 여부 등을 지속적으로 기록하고 있다.

년간 파손된 유리아자의 수와 고속선 전체의 유리아자의 수와의 비를 이용하여 1개의 유리아자가 파손될수 있는 확률을 계산하고 이 조건을 충족하도록 검출망을 철치 운영한다면 논리적이고 객관적인 데이터를 확보할 것으로 예상된다.



〈그림 7〉 외부요인 검출을 위한 비산물 검출망 설치전경

3. 결 론

2004년 4월 KTX의 개통이후 고속철도의 설계 및 운영기술은 급속한 발전을 이루고 있다. 그러나 시스템이 Core 계약되어 도입됨으로 인하여 아직도 국내에 사용 중인 많은 설비들에 대한 현장 적합성 평가가 이루어 지지 않은 것이 현실이다. 향후 철도 선진국의 대열로 진입하기 위해서는 반드시 사용설비들에 대한 안정성 평가가 수행되어야 하며 이의 일환으로 유리아자의 영향 평가를 수행해 보았다. 다양한 방면에서 기초적인 데이터가 축적되고 있으며 심도 있는 연구의 밑거름이 될 것으로 확신한다. 특히 유리아자에 대한 고유진동 계측과 현장에서 실측되는 데이터는 향후 애자 특성을 분석하는데 큰 도움이 될 것이며, 비산물의 검출을 위한 검출망의 설치운영도 고속선로에서 발생할 수 있는 비산물의 특성을 파악하는데 효과적인 하나의 방안이 될 것이다.

[참고 문헌]

[1] j.w.jung, Analysis of Electrical Discharge Characteristics for Broken Toughened Glass Stem Insulators, ICEE 2008
 [2] B.H. Kim, Glass Engineering, Chungmoongak, 2000.
 [3] 전용주 "고속전차선로 유리아자 현장적합성 기초연구" 한국철도학회 2008.05.