



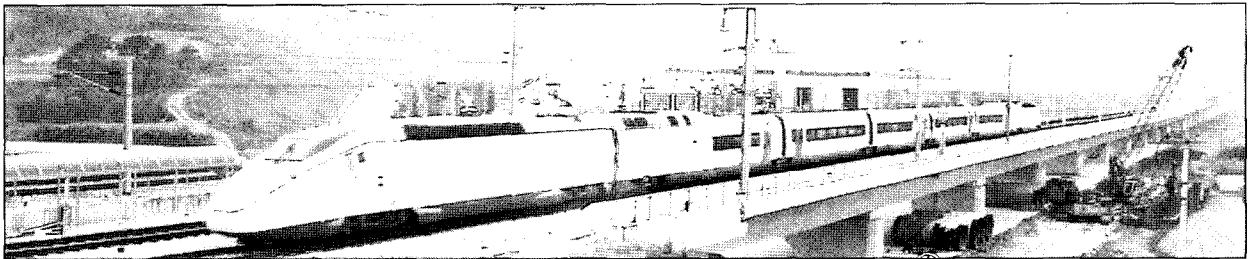
## 한국형고속열차 시운전시험 및 결과(350km/h 주행 중심)

강신구 | 건설교통부 한국형고속열차시운전단장



### 1. 개요

#### 1.1 시험 일반 현황



□ 시험구간 : 호남선(757km) 및 경부선(751km)

□ 시운전('05.6.23 기준) : 총 209회, 93,000km 주행, 최고속도 : 350km/h, 매주 4회 시험운행

※2005. 2월부터 한국형 고속열차시운전단(건교부, 철도공사, 시설공단, 연구원 및 참여기업) 발족

#### 1.2 시험의 종류

□ 시운전시험은 증속, 안정화, 신뢰성, 적용성시험으로 구분

▶ 증속시험 수행

- 80, 130, 170, 200, 230, 270, 300, 330, 350km/h(9단계)

- 차상시험(11개 항목), 지상시험(5개 항목) 종합계측 후 증속판단

▶ 안정화 시험

- 각 장치별 성능검증 및 안정화를 위한 시험(정적 : 35, 동적 : 30 항목)

- 고장에 대한 원인규명 및 튜닝(S/W 튜닝 및 H/W 보완)

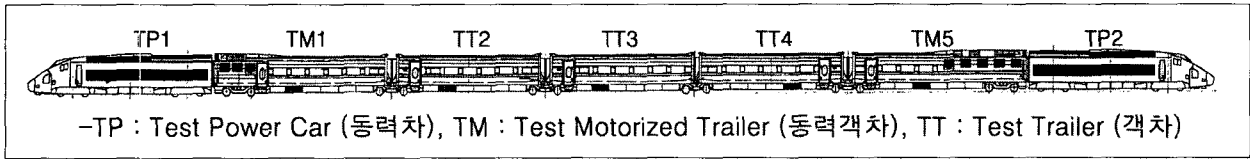
▶ 신뢰성 시험

- 열차 및 주요시스템의 고장빈도 및 신뢰도 성장에 대한 검증(7개 항목)

▶ 적용성 시험

- 실제노선에 적용성을 높이기 위하여 10량 편성으로 환산 성능확인(12개 항목)

## □ 한국형 고속열차 편성



## 2. 시운전 시험 계측

### 2.1 계측시스템 구성 기본방향

#### □ 계측시스템

- 상시 측정항목 : 시제차량에 설치하여 운영(주행, 대차주행, 차체진동, 제동 및 집전성능)
- 필요 시 측정항목 : 별도의 계측장비를 설치운영

#### □ 계측모듈은 Network Line을 통하여 연결

- 전체 시스템의 시간 동기화 및 실시간 모니터링 수행

#### □ Main Computer는 전체 시스템의 제어 및 안전관련 항목 모니터링

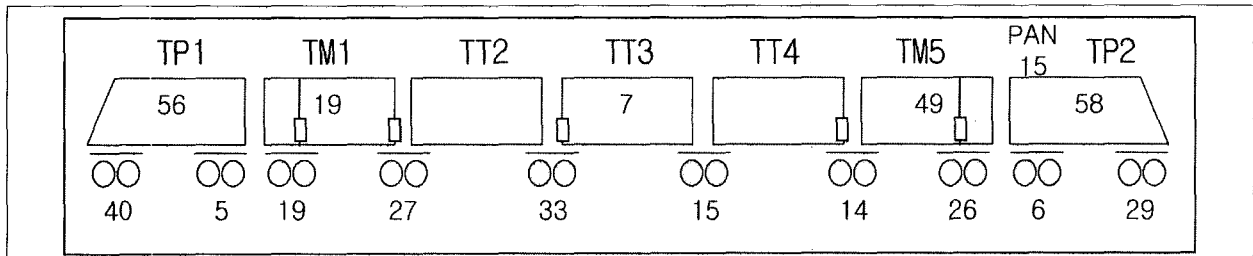
#### □ 주행 및 제동관련 항목은 별도 모니터링 수행

#### □ 전기적인 노이즈 대책을 마련

#### □ 갑작스런 전원차단에 대비하여 UPS 설치

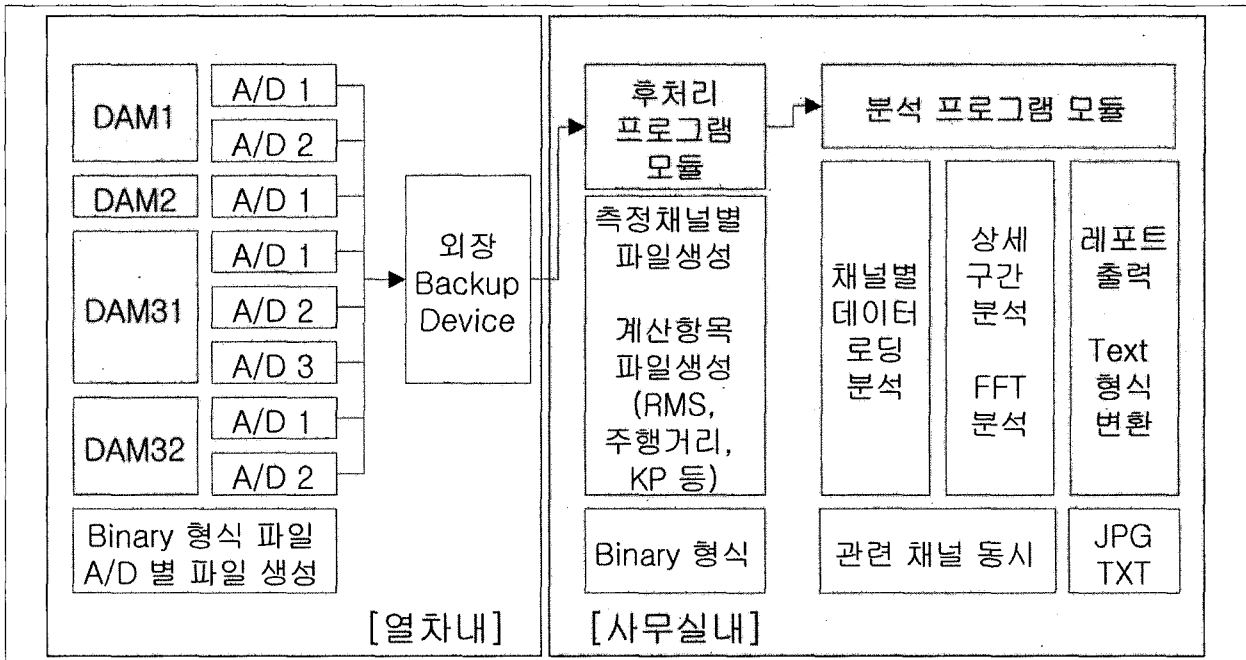
### 2.2 개발열차 계측신호 종류

- 총 420개 : 차량 외부 : 229개(55%), 차량 내부 : 191개(45%)

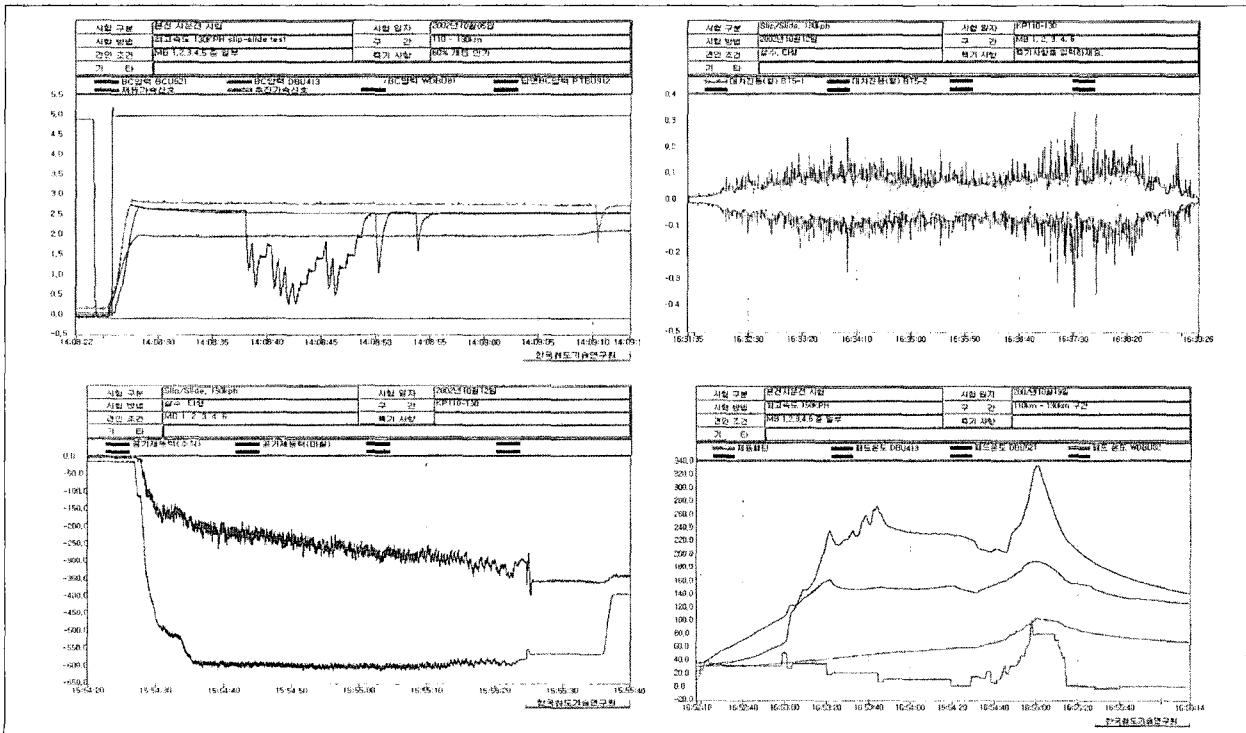


- 센서종류 : 가속도계 : ICP, Capacitor-Type, Thermocouple(K, T-Type), RTD, CT, PT 압력계(BC압력), 변위계, 경사계, 비접촉 온도센서(디스크온도), 스트레인게이지

□ 데이터 처리 흐름도

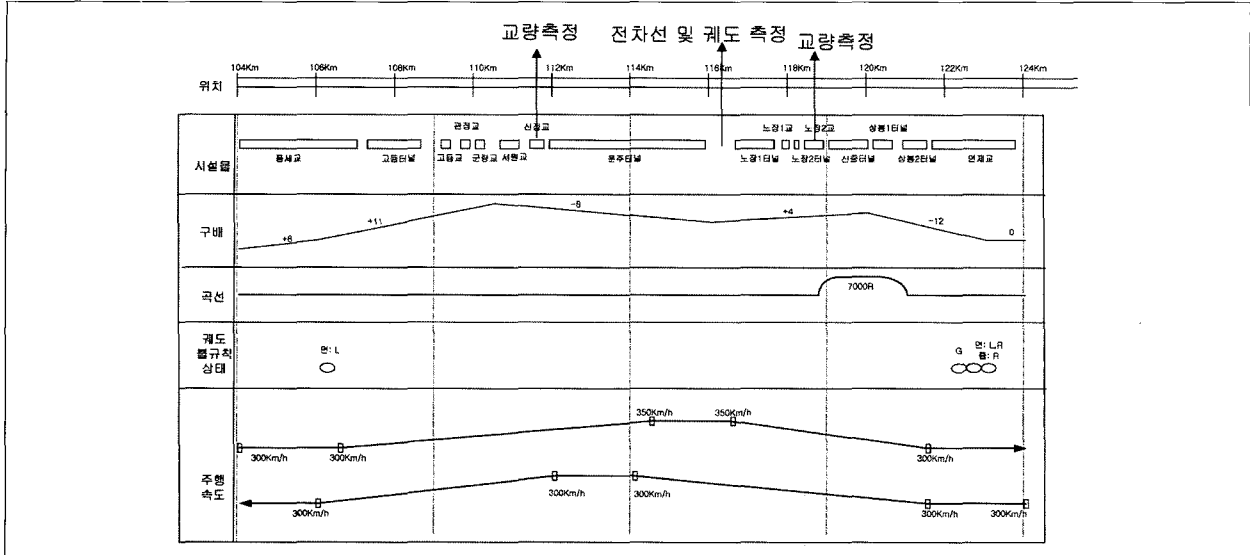


□ 계측결과 분석예시



## 3. 350 km/h 주행 시험결과

### 3.1 350km/h 증속시험 시나리오



### 3.2 진동특성

- UIC 518 Simplified Method 참조
- 대차 및 차체의 주행거동과 안전성 분석결과 기준치 이내임.

	항 목	기준(m/s <sup>2</sup> )		결과(m/s <sup>2</sup> )	
		Max.	R.M.S.	Max.	R.M.S.
안전성	대차 횡 가속도	10.44		4.58	
	차체 횡 가속도	3.0		0.44	
	차체 상하 가속도	3.0		0.50	
주행	차체 횡 가속도	2.5	0.5	0.53	0.23
	차체 상하 가속도	2.5	0.75	0.67	0.33
	차체 정상 횡 가속도	1.5		0.41	

### 3.3 집전성능

속도	항목	평균 접촉력 (F <sub>mean</sub> )	순간 최대접촉력 (F <sub>max</sub> )	순간 최소접촉력 (F <sub>min</sub> )	이선 특성 (F <sub>mean</sub> -3σ)	비 고
349~352(Km/h)		198.9N	275.6N	165.7N	154.7N	

※평균접촉력 기준 : KTX QT 300km/h에서 100초간 평균 200N 이하로 규정.

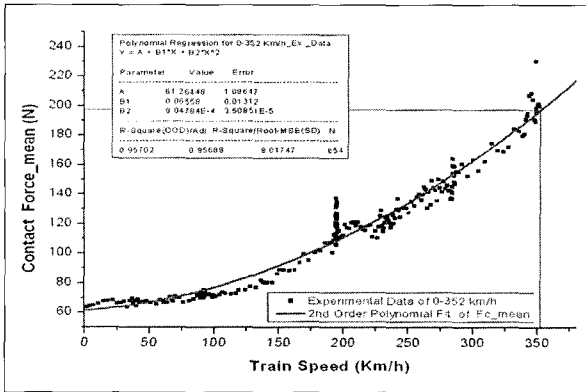
※순간 최대접촉력 기준 : EN 규격에는 350N 이하로 규정하고 있으며, 프랑스는 통상 300N 이하는 양호한 것으로 판단함.

※순간 최소접촉력 기준 : EN 규격에는 Positive로 규정

※이선 특성 관련 EN/UIC 기준 :  $40 \leq F_{mean} - 3 * \sigma$  ( $250 \leq V \leq 300$ )

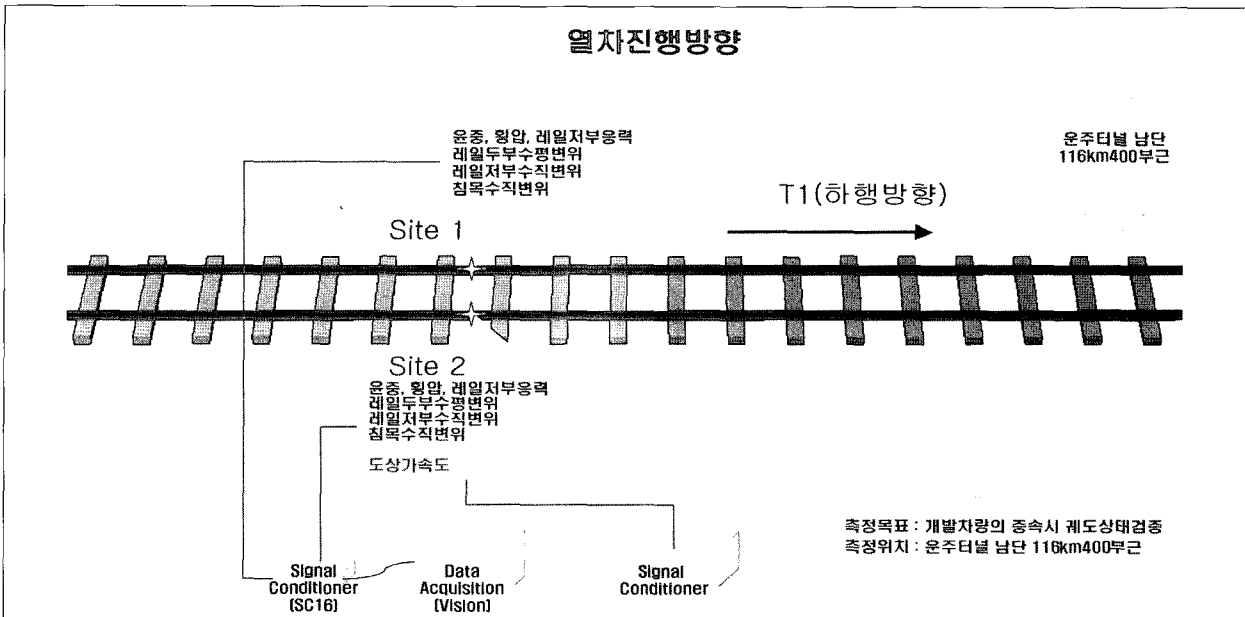
$0 \leq F_{mean} - 3 * \sigma$  ( $300 \leq V$ )

□ 평균 접촉력 경향 분석



3.4 궤도측정

□ 궤도측정 위치 : KP116 하선(운주터널 남단 토공구간, 직선선로)



□ 궤도측정 결과

- 운중, 횡압, 레일 및 침목 변위, 레일 저부응력은 기준치 이내로 안전함.
- 측정위치에서 300km/h로 통과하는 KTX 차량에 대한 측정치와 비교하여 특이한 차이가 없음('04. 11. 22 측정).

구분	한국형 고속열차 (343km/h 속도)		KTX (295.7km/h 속도)		기준
	Site 1	Site 2	Site 1	Site 2	
윤 중(μ) 최대치	7,496	8,912	7,002	- <sup>(1)</sup>	20
횡 압(μ) 최대치	0,916	- <sup>(1)</sup>	0,535	0,544	4
레일 수직 변위(mm)	0,330	0,281	0,284	0,345	1.5
레일 수평 변위(mm)	0,399	- <sup>(1)</sup>	0,190	0,139	3.0
침목 수직 변위(mm)	0,288	0,404	0,301	0,233	1
레일응력(N/mm <sup>2</sup> )	48,34	43,94	54,45	51,34	70
도상가속도 <sup>(2)</sup> (g)	3,029		2,328		

주 (1) : 센서 이상으로 측정치 못함

(2) : 도상가속도는 기준이 없으며 궤도파괴를 파악하기 위해서 측정함

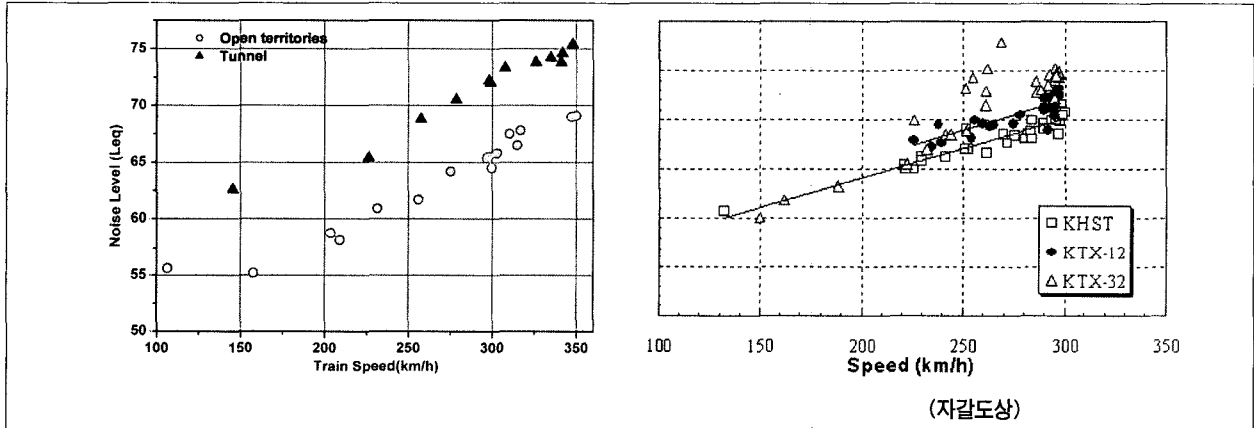
### □ 교량측정 결과 검토

- 동적응답은 고속 주행에 따라 증가되는 경향을 보이고 있으나, 기준치 이내로 안전함.

제측항목	기준	측정결과	비고	
수직가속도(g)	0.35	0.21	기준치 이내로 안전	
경간 중앙부 처짐(mm)	23.5	0.613	기준치 이내로 안전	
단부격임각(10 <sup>-4</sup> rad)	5	1,0296	기준치 이내로 안전	
Deck 종방향 변위(mm)	Pad Shoe	10	0.2	기준치 이내로 안전
	LFT	10	0.01	기준치 이내로 안전
열차속도(km/h)	-	318		

### 3.5 소음측정

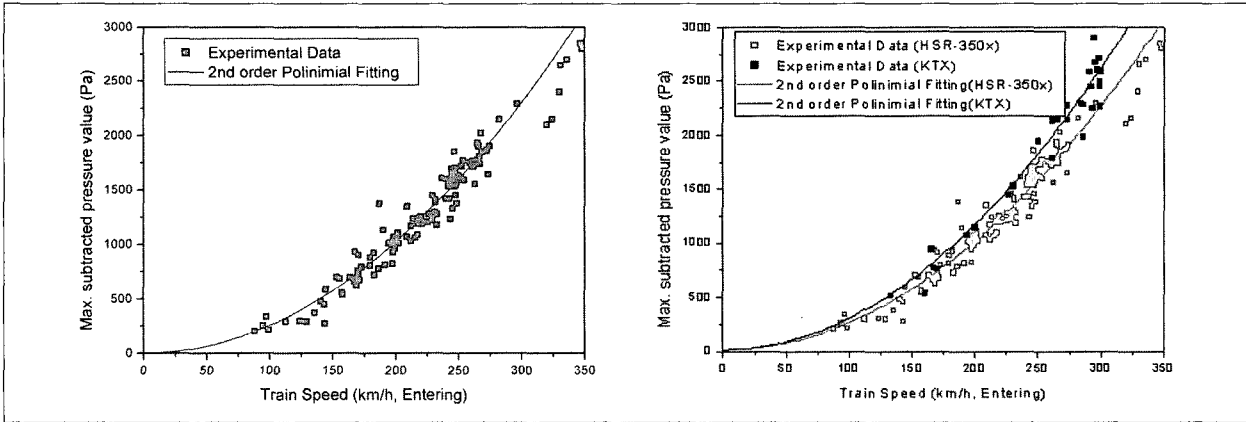
□ 한국형 고속전철 실내소음 기준 : 개활지 : 66dB(A), 터널내 : 73dB(A) at 300km/h



□ 350km/h : 69-70dB(A)(개활지), 75-76dB(A) (터널)

□ 터널에서의 증가 : 7dB(A)

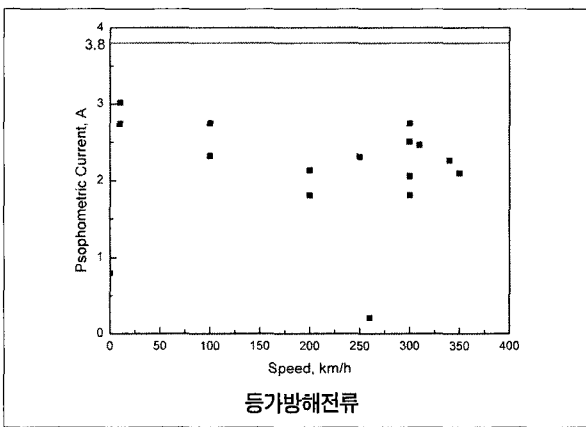
### 3.6 압력변동 측정



- 한국형 고속전철 터널을 통과할 때 차체가 받는 압력
  - 최대 압력변동값 : 3000Pa at 350 km/h
  - 최대 압력변동율 : 675Pa/s

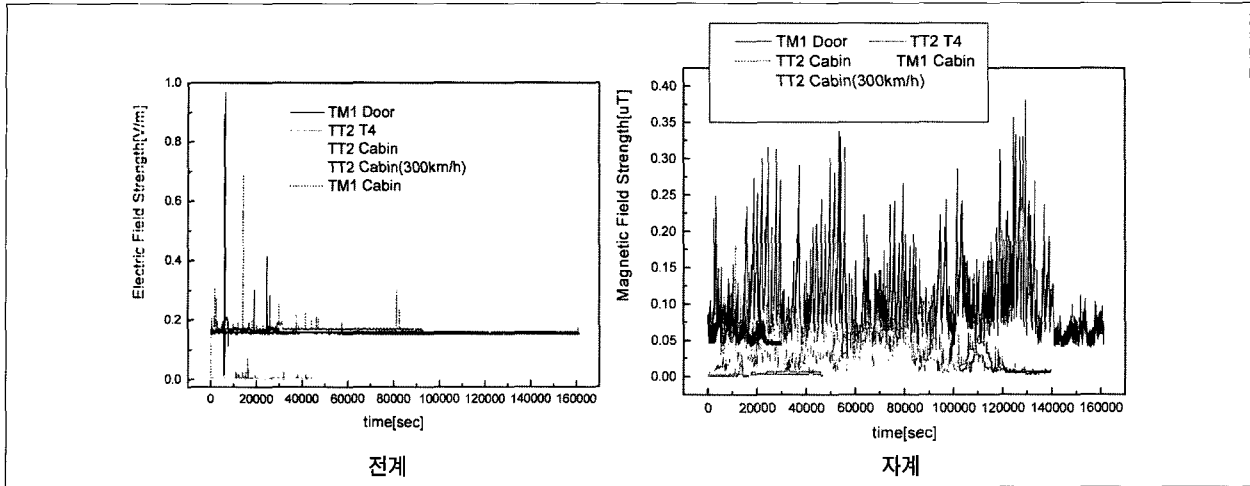
### 3.7 고조파 측정

- 기준 : 등가방해전류 3.8A 이하



### 3.8 전자계 측정

□ 전계 참고치 : 4,160V/m 이하, 자계 참고치 : 83.3uT 이하

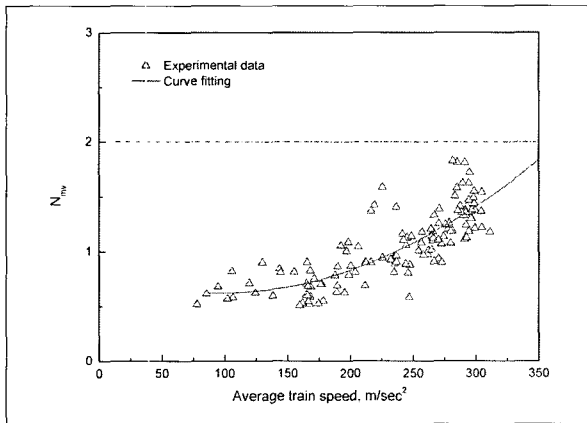


### 3.9 승차감 측정

□ 적용 평가방법 및 평가기준

- UIC 513R의 Simplified method(한국형 고속철도차량 설계시방서)
- “Deluxe rolling stock” 기준: 승차감 지수(Nmv) 2 이하

□ 측정결과 “Deluxe rolling stock” 기준인 2 이하





#### 4. 결론

- 최고속도까지의 증속시험 완료 및 결과 양호
  - 모든 시험결과는 양호하나 평균접촉력은 기준치인 200N에 근접
- 최고속도의 시험구간이 짧아 분석에 어려움
- 가능하면 350km/h 이상 증속시험 고려 필요
- 시험데이터의 자동분석 프로그램 개발필요
  - 차량진동 데이터로 부터 각종 구조물의 분석
  - 전차선 기준초과지점 자동분석 등
- 계측장비의 보완 및 개발필요
  - 전차선 압상량은 차상과 지상에서 측정값 약 20mm 오차
  - 전차선 마모, 궤도 틀림 측정장치 등 개발필요