

정적과 동적 궤도검측결과에 관한 연구

A Study on the Static and Dynamic Track Measurement Results

우관제*[†], 이승원*, 임인택*, 김인재*, 정상영*, 김근수*Kwan-Je Woo*[†], Seung-Won Lee*, In-Taek Lim*, In-Jae Kim*, Sang-Young Jeong*, Geun-Su, Kim*

Abstract To find the causes of the derailment, measurement of track irregularity is necessary. Track measurement should be performed by using track measurement vehicles, however, deploying those vehicles to the sites where the accident has occurred is almost impossible. Trolley type measurement equipment is used instead in these cases. But the weight of the trolley type equipment is less than one hundred kilograms so the effect of the wheel load from the actual railway vehicles to the track cannot be reflected. In this paper the test results from the different track measurement equipment are compared and proposed to reflect the results to the track maintenance criteria.

Keywords : Static measurement, Dynamic Measurement, Track Irregularity, Track Measurement Vehicle, Trolley, Track Maintenance Criteria

초 록 탈선사고 발생 시 탈선의 원인을 밝히기 위해 사고현장에서 궤도의 틀림량을 측정하게 된다. 궤도의 틀림량은 원칙적으로 궤도검측차를 이용하여 측정하여야 하나 사고현장의 특성상 궤도검측차를 투입할 수 없는 상황이 발생하고 이 경우 선형검측기 등 기동성이 좋은 장비를 사용하여 측정을 하게 된다. 그러나 선형검측기 등의 측정장비는 중량이 수십 kg에 지나지 않아 실제 차량이 궤도에 작용하는 하중 등의 영향을 반영하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 궤도검측차 등을 이용한 동적 측정과 선형검측기 등을 이용한 정적 측정결과를 비교하고, 선로의 보수기준에 이를 반영하는 방안에 대해 연구하였다.

주요어 : 정적 측정, 동적 측정, 궤도틀림, 궤도검측차, 선형검측기, 선로 보수기준

1. 서 론

열차 탈선사고가 발생하면 탈선원인을 규명하기 위해 사고현장에서 각종 조사를 진행하게 된다. 그 중 탈선사고에 밀접한 연관이 있는 궤도의 상태를 측정하는 것은 반드시 필요하다. 궤도의 상태를 정확하게 측정하기 위해서는 궤도검측차를 투입하는 것이 원칙이나 사고현장의 긴박함과 복구의 시급성 등으로 인해 궤도검측차를 사고현장에 투입하는 것은 거의 불가능하다.

[†] 교신저자: 국토교통부 항공철도사고조사위원회(dr.wookj@korea.kr)

* 국토교통부 항공철도사고조사위원회

이에 대한 대안으로 기동성이 뛰어난 궤도선형검측기와 같은 트롤리 타입의 측정기를 사용하여 사고현장의 궤도 틀림량을 측정하게 되는데 이렇게 측정한 결과와 궤도검측차를 사용하여 측정한 결과의 정합성을 확인할 필요가 있다. 궤도측정에 관한 규격인 EN 13848-2에서는 운중 2.5톤 이상을 가한 상태에서 궤도틀림을 측정하도록 규정하고 있다 [1]. 이는 측정장비가 실제 선로를 운행하는 차량과 유사한 하중조건으로 운행하여 궤도 아래에 혹시 있을 수 있는 공극(void)나 노반 강성의 영향이 반영된 측정결과를 얻도록 하는 목적이 있다. 본 논문에서는 궤도검측차를 이용한 동적 측정결과와 선형검측기를 이용한 정적 측정결과를 비교하고, 이를 궤도틀림의 관리기준에 반영하는 방안에 대하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 정적 및 동적 궤도검측

정적 검측이란 트롤리 타입의 궤도선형검측기와 같이 궤도에 하중을 가하지 않은 상태에서 측정하는 방법을 말하고 동적 검측이란 궤도검측차와 같이 궤도에 일정한 하중을 가한 상태에서 측정하는 방법을 말한다. 궤도측정에 관한 규격인 EN 13848-2에서는 운중 2.5톤(축중 5톤) 이상을 가한 상태에서 궤도틀림을 측정하도록 규정하고 있다. 이는 측정장비가 실제 선로를 운행하는 차량과 유사한 하중조건으로 운행하여 Fig.1과 같이 궤도 아래에 혹시 있을 수 있는 공극(void)나 노반 강성의 영향을 포함한 측정결과를 얻도록 하는 목적이 있다[2].

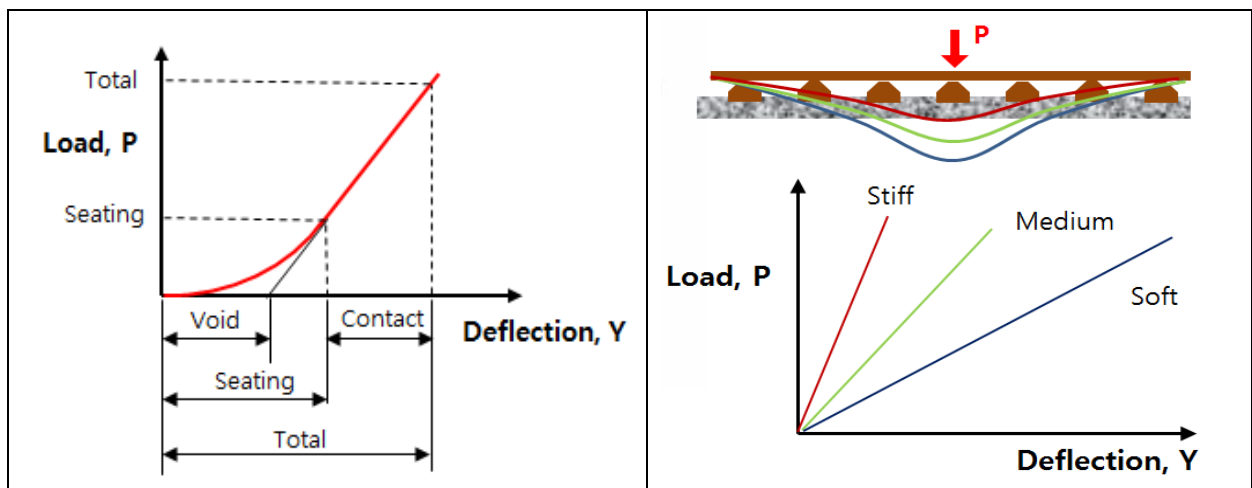


Fig. 1 Effect of voids (Left) and stiffness (Right) ([2])

그러나 사고현장의 긴박함과 복구의 시급성 등으로 인해 궤도검측차를 사고현장에 투입하는 것은 현실적으로 거의 불가능하다. 이에 대한 대안으로 기동성이 뛰어난 궤도선형검측기 등을 사용하여 사고현장의 궤도 틀림량을 측정하게 되는데 이렇게 측정한 결과와 궤도검측차를 사용하여 측정한 결과의 정합성을 확인할 필요가 있다.

아래 Table. 1에 대표적인 측정장비의 중량을 정리하였으며 Table 2에 궤도검측차와 트롤리 형태의 측정장비에 대한 장단점을 비교하였다.

Table 1 Track Measurement Equipment and axle loads

장비형식	장비명	중량	축중
궤도검측차	TRC-SBB	48톤	16톤
궤도검측차	EM120	40톤 ~ 60톤	13톤 ~ 20톤
궤도선형검측기	KRAB	30kg	-

Table 2 Comparisons of Track Measuring Equipment

	궤도검측차	트롤리
중량	수십톤	수십 kg
가격	높음	낮음
기동성	낮음	높음
측정속도	빠름	느림
선로지장	장시간	단시간
측정 조건	실제 운행조건에서 측정	무하중 상태에서 측정
사용목적	절대적인 궤도 상태	선로보수 전후의 상대 비교 (궤도검측차가 불량으로 지적한 장소에 대해)

2.2 실측 결과

측정장비에 따른 궤도틀림량 측정결과를 살펴보기 위해 궤도검측차(동적 측정)와 궤도선형검측기(정적 측정)를 사용하여 동일 장소에 대한 측정을 하였으며 수평틀림과 비틀림에 대해 각각 Fig. 2와 Fig. 3에서 비교하였다.

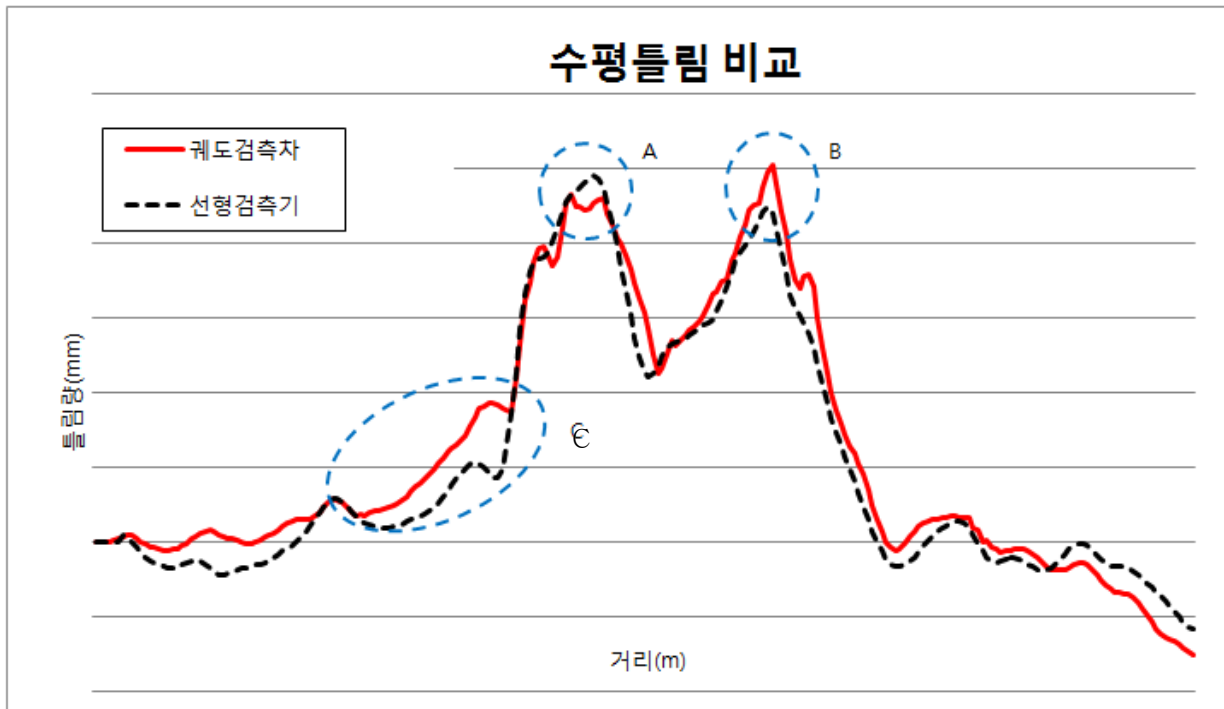


Fig. 2 Track Measurement Result - Cant

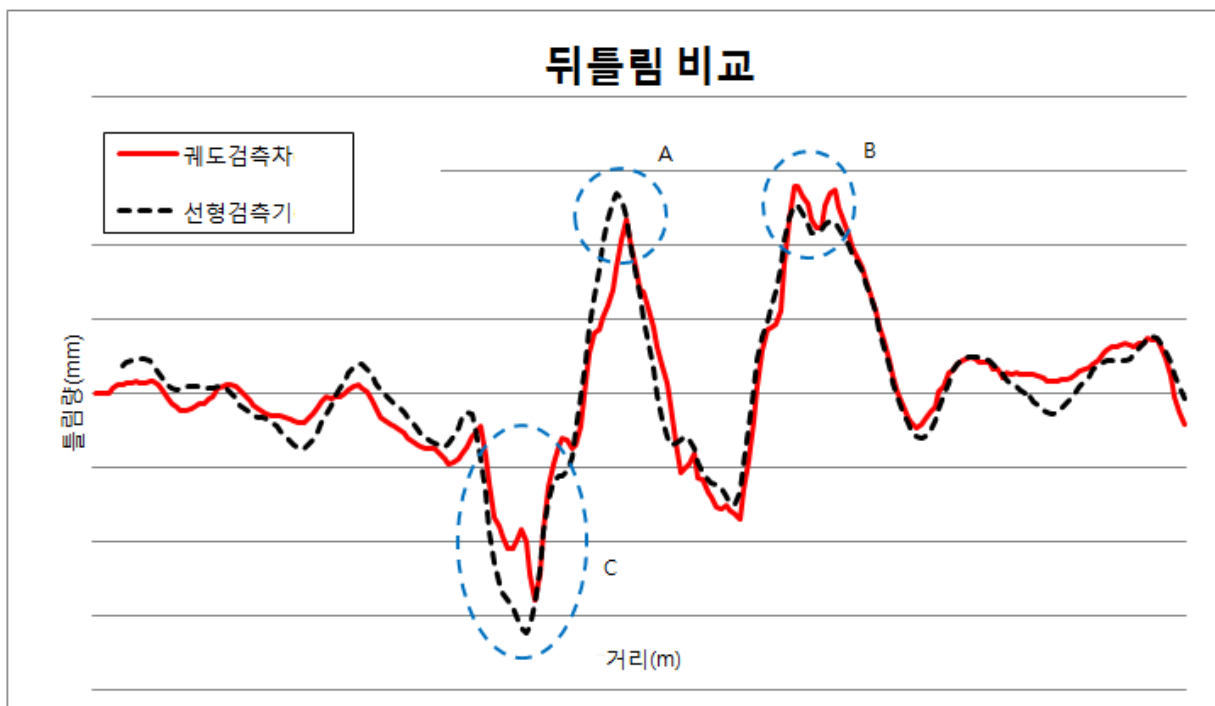


Fig. 3 Track Measurement Result - Twist

측정결과를 살펴보면 A, B 및 C에서 동적 측정결과(궤도검측차)와 정적 측정결과(선형검측기)에 차이가 있음을 알 수 있다.

3. 궤도틀림 관리기준에의 반영 방안

국내의 철도 및 선로운영사의 선로유지관리지침을 살펴보면 유지관리 기준을 정적과 동적 측정방법으로 구분하여 정하는 운영사가 있는 반면에 그렇지 않은 운영사도 있다. Fig.4에서 정적과 동적으로 구분하여 관리하는 운영사의 선로유지관리지침의 일부를 보여주고 있다.

Table 3 Example of Track Maintenance Criteria of Korea

구 분			본 선		측 선
			정 적 치	동 적 치	정 적 치
정비 기준	궤간	우선보수	+14mm, -4mm 초과시	+20mm, -5mm 초과시	+14mm, -4mm 초과시
		계획보수	+10mm, -3mm 초과시	+15mm, -3mm 초과시	+10mm, -3mm 초과시
	수평	우선보수	±15mm 초과시	±20mm 초과시	±16mm 초과시
		계획보수	± 9mm 초과시	±13mm 초과시	±11mm 초과시
	면	우선보수	±15mm 초과시	±23mm 초과시	±17mm 초과시
		계획보수	± 9mm 초과시	±16mm 초과시	±11mm 초과시
	줄	우선보수	±15mm 초과시	±23mm 초과시	±17mm 초과시
		계획보수	± 9mm 초과시	±16mm 초과시	±11mm 초과시
	평 면 성		-	±20mm 초과시	-
	정비 목표	궤 간	+ 6mm, -3mm 이내	+10mm, -3mm 이내	+6mm, -3mm 이내
수평, 면, 줄		± 6mm 이내	±10mm 이내	± 9mm 이내	

주) ① 정적치는 인력검측, 동적치는 궤도검측차로 시행한 검측치 임.

일본의 경우에도 아래 [표 13]과 같이 궤도정비 지침에 고속궤도검측차와 같은 동적 측정치와 정적 측정치에 대한 기준을 달리하고 있다. 정적과 동적 검측으로 나누어 관리하고 있는 경우에는 정적인 관리기준을 동적인 관리기준 보다 엄격하게 적용하여 동적인 하중효과를 미리 관리기준에 적용하고 있는 것이 확인되었다.

Table 4 Example of Track Maintenance Criteria of Japan

구분	≥120km/h	>95km/h	>85km/h	>45km/h	45km/h ≥
궤간틀림	· 직선 및 곡선반경이 600m > 인 곡선 20(14) · 600m ≥ 곡선반경 ≥ 200m 인 곡선 25(19) · 200m > 곡선반경 인 곡선 20(14)				
수평틀림	뒤틀림값을 고려하여 정비 시행				
고저틀림	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)	32(24)
방향틀림	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)	32(24)
뒤틀림	23(18)(캔트의 체감량 포함)				
<비고> (1) 수치는 고속궤도검측차에 의한 측정값. ()는 정적으로 측정된 값					

사고발생장소에 궤도검측차를 투입하여 선로의 틀림량을 측정하는 것은 필요한 일이나 현실적으로는 실현 불가능한 것을 감안하여 정적으로 측정했을 경우와 동적으로 측정했을 경우를 구분하여 궤도틀림 관리 기준을 정하는 것이 필요하다. 정적으로 측정된 경우는 궤도 아래에 혹시 있을 수 있는 공극(void)나 노반 강성의 영향이 반영되지 않을 수 있으므로 정적 관리기준은 동적 관리 기준보다 엄격하게 정할 필요가 있다.

4. 결론

측정장비에 따른 궤도검측결과의 차이를 알아보기 위해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 궤도틀림에 관한 규격인 EN 13848-2에서는 최소 운중 2.5톤을 가한 상태에서 궤도틀림량을 측정하도록 규정하고 있다.
- 2) 측정장비가 궤도에 가하는 하중의 차이에 따라 궤도틀림량에 차이가 있음을 확인하였다.
- 3) 정적 또는 동적 측정의 개념이 반영되지 않고 선로유지관리를 수행하는 것은 문제가 있으며 만일 정적 측정만 가능한 경우에는 이를 선로유지관리지침에 반영하여야 한다.
- 4) 정적으로 측정된 틀림량은 궤도 아래에 혹시 있을 수 있는 공극(void)나 노반 강성의 영향이 반영되지 않을 수 있으므로 정적 관리기준은 동적 관리 기준보다 엄격하게 정할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] EN 13848-2(Measuring systems - Track recording vehicles)
 [2] Track Performance, <http://railwaysubstructure.org/railwiki>