

전후동력 새마을호 철도차량의 탈선가능성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Derailment of a Push-Pull Saemaedul Passenger Car

함영삼* 최성규** 오택열***
Y. S. Haam S. K. Choi T. Y. Oh

ABSTRACT

This experimental study is shows speed-up possibility for the conventional railway vehicle. We appraise derailment coefficient then increase the velocity of the kyungbu line, honam line, changhang line, kyungjeon line.

Keywords : conventional line, speed-up, derailment coefficient

1. 서론

차량고속화에 수반하여 주행안전성 면에서 빼놓을 수 없는 문제로 가장 중요한 탈선의 현상이 있다. 철도에 있어서 탈선은 대형사고로 직결되기 때문에 결코 쉽게 간과할 수 없는 부분이며, 철도가 타교통수단에 비해 상대적인 장점으로 내세울 수 있는 안전성을 확보하기 위하여 반드시 차량과 레일 사이에서 발생하는 상호 작용력을 측정하여 탈선가능성을 평가하여야만 한다.

또한 주행에 따른 열차하중(윤중, 횡압)의 증가로 궤도를 구성하는 레일과 침목 등 궤도부재가 손상되거나 파괴되기도 하고 궤도틀림이 급격히 성장할 가능성이 발생하기 때문에 궤도파괴가 발생하지 않는 범위에서 원활한 열차주행을 위하여 차량/궤도간의 작용력을 확인하여야 한다.

본 연구에서는 전후동력새마을호 차량을 기존의 제한속도를 준수하면서 주행할 때와 현재 운행 속도보다 5km/h 및 10km/h 정도를 향상시켜 주행할 때 탈선가능성을 측정하고 평가한 내용에 대하여 기술하고자 한다.

2. 탈선이론

2.1 탈선계수(Q/P)

차량이 주행할 때 레일과 차량은 차량의 하중 외에 주행시의 복잡한 운동으로, 차량은 레일에 수직방향의 힘과 수평방향의 힘을 작용시킨다. 이 수평방향의 힘(횡압 Q)에 대한 수직방향의 힘(윤중 P)의 비(Q/P)를 탈선계수라 하며 이 값이 일정치를 넘으면 차량이 레일을 올라타거나 뛰어 넘어 탈선을 하게 되므로 주행안전성 검토의 기준이 된다.⁽¹⁾

탈선계수의 해석은 정적해석과 동적해석으로 구별되고 Fig. 1과 같은 상태에서의 정적해석은 점 축점에서 힘의 평형을 고려하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\left(\frac{Q}{P}\right) = \frac{\tan \alpha \mp \mu}{1 \pm \mu \tan \alpha}$$

* 한국철도기술연구원 차량연구본부 선임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 차량연구본부장 수석연구원, 정회원

*** 경희대학교 기계공학과 교수

위의 식에서 분자의 -와 분모의 +는 타오르기 탈선(running over), 분자의 +와 분모의 -는 뛰어 오르기 탈선(jumping over)을 나타내고, 이것은 차륜이 레일을 미는 힘, 즉 횡압의 작용시간으로 구별하여 1/20 초 이하를 뛰어오르기 탈선, 1/20 초 이상을 타오르기 탈선으로 적용한다.

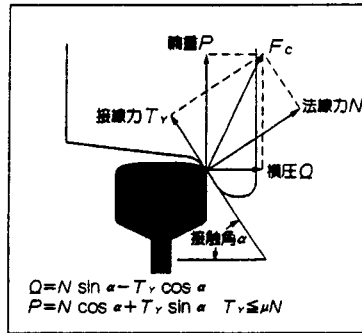


Fig. 1 차륜과 레일의 접촉점에 작용하는 힘

2.2 윤중감소

2.2.1 정적윤중(P)

차량의 진동에 의한 영향이 없는 경우의 윤중으로 차량의 자중에 따라 그 크기가 결정되며, 윤중의 기본적인 값은 평탄 직선 구간을 5km/h 정도의 저속으로 주행할 때 윤중을 측정하여 수십 개의 평균치를 구한 것으로 한다. 이것은 탈선계수 측정용 윤축의 교정값을 검증할 수 있도록 정확히 구하여야 한다.

2.2.2 윤중감소비($\Delta P/P$)

차량의 진동이나 중심의 편기, 궤도 및 차량의 평면성 틀림, 곡선에서의 캔트 및 원심력, 풍압 등에 의해 윤중의 감소가 발생한다. 이때 윤중 감소치(ΔP)에 대한 정적인 윤중(P)의 비를 윤중 감소비라 하며 이 값이 허용한도를 초과하면 탈선의 위험이 있다.

2.3 횡압(Q)

정적윤중이 차량의 자중만큼만 검출된다면 횡압은 0이라고 볼 수 있다. 그러나 차량이 주행하게 되면 윤중감소가 발생하고 아울러 차륜 플랜지와 레일의 접촉으로 횡방향 하중이 발생하는데 이것을 횡압(Q)이라고 부른다. 어떠한 경우에라도 횡압이 윤중보다 커지게 되면 탈선의 위험성은 그만큼 높아지는 것이다.

3. 측정방법

3.1 측정기기의 구성

측정기기는 Fig. 2와 같이 구성하였으며 회전체에서 고정체로 신호를 전달하는 방법은 PCM Telemeter를 사용하였고, Data의 판독도 Data Recorder에 저장하였다가 Signal Processor로 분석하는 방법을 채택하였다.⁽²⁾

3.2 측정용 윤축

횡압과 윤중의 측정은 차륜에 스트레인게이지를 부착하여 정하중 시험을 통한 교정(Calibration)을 한 후 측정 대상차량에 조립하여 측정하였다. 측정용 윤축에는 리드선 인출을 위한 드릴 가공을 하고, 차륜에는 수직하중과 수평하중의 간섭이 가장 작으면서 출력감도는 큰 위치를 선정하여 스트레인 게이지를 부착하였다.^{(3),(4)} Fig. 3은 PMC용 부수차축에 스트레인 게이지를 부착한 모양이며, Fig. 4는 이 차축을 정하중 시험기에서 교정계수를 구하는 장면이다. Fig. 5는 스트레인게이지 리드선을 인출하여 회전자에 결선하는 장면이며, Fig. 6은 게이지 신호를 회전체에서 고정체로 전송하는 비접촉식 Telemeter를 완전히 조립한 상태를 나타내고 있다.

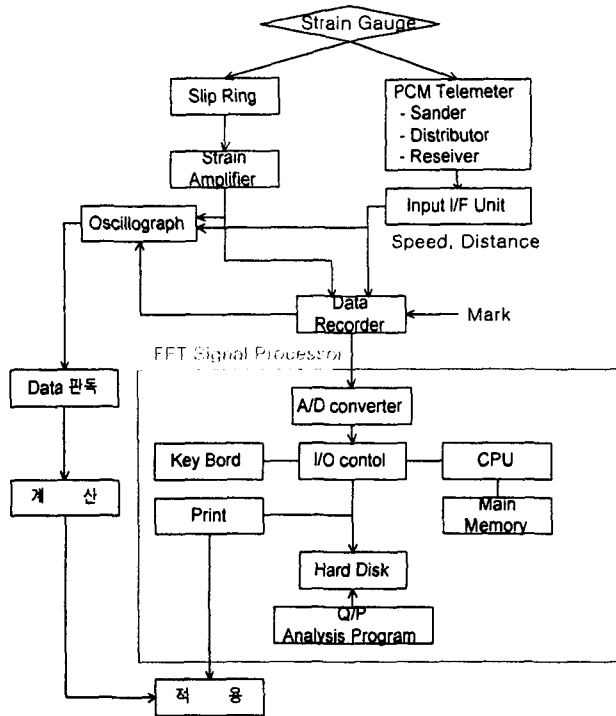


Fig. 2 측정시스템의 Block Diagram

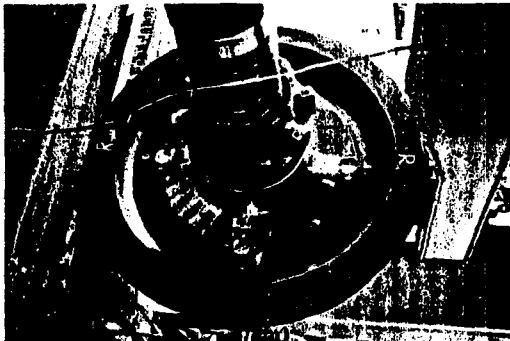


Fig. 3 측정차륜에 부착한 스트레인게이지



Fig. 4 측정용 윤축의 정하중 시험

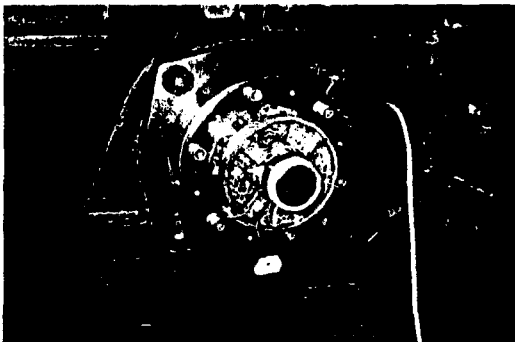


Fig. 5 Telemeter에 게이지 리드선 결선 모습

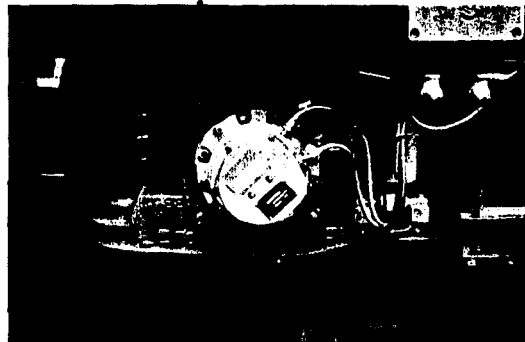


Fig. 6 탈선계수 측정용 Telemeter 부착 모습

4. 측정결과

4.1 탈선계수

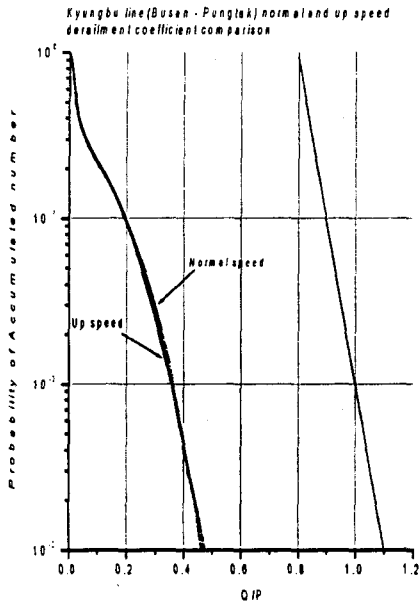


Fig. 7 경부선

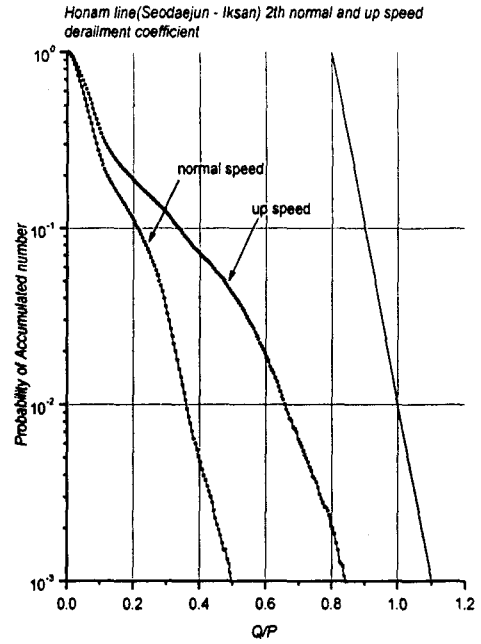


Fig. 8 호남선

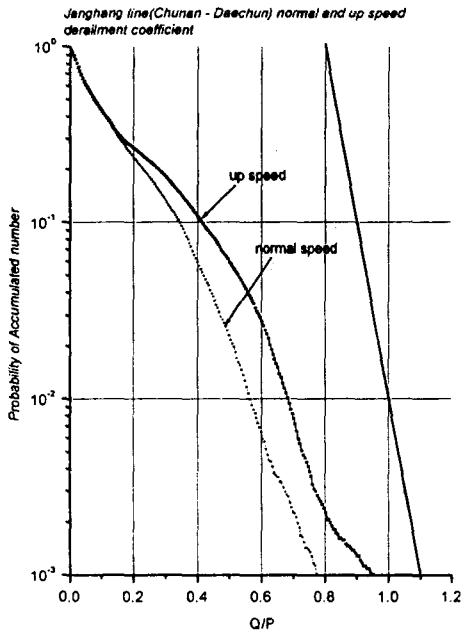


Fig. 9 장항선

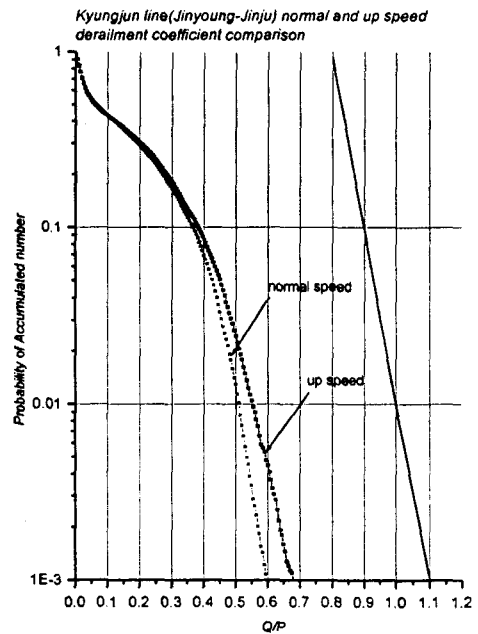


Fig. 10 경전선

4.2 운중감소

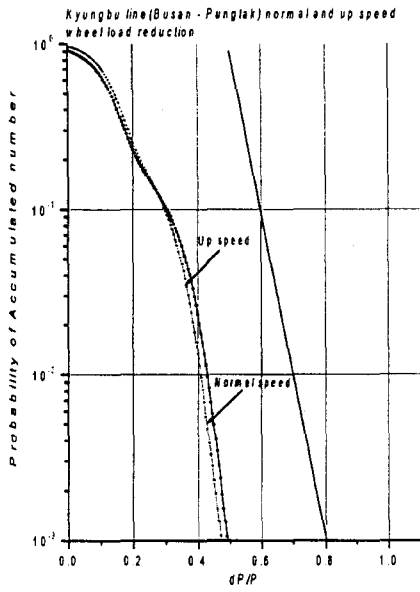


Fig. 11 경부선

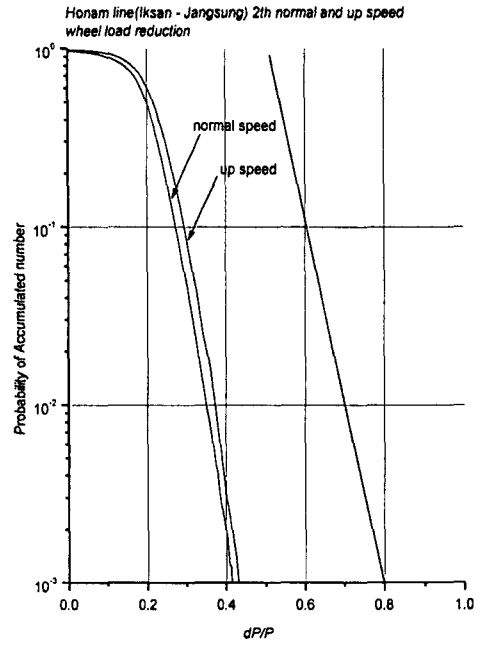


Fig. 12 호남선

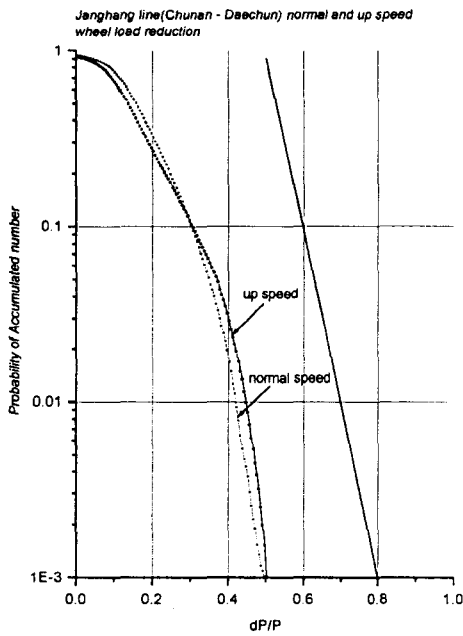


Fig. 13 장항선

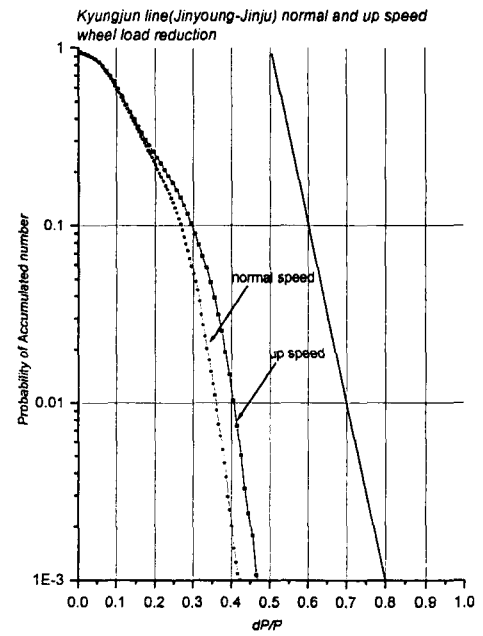


Fig. 14 경전선

4.3 횡압

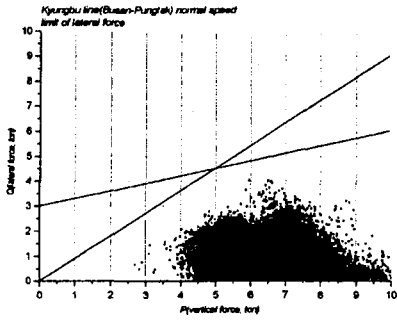


Fig. 15 경부선 기존속도

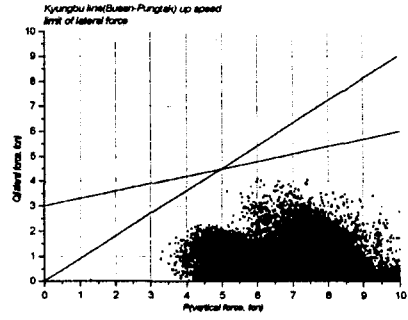


Fig. 16 경부선 속도향상

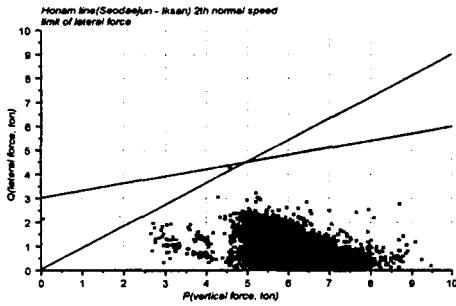


Fig. 17 호남선 기존속도

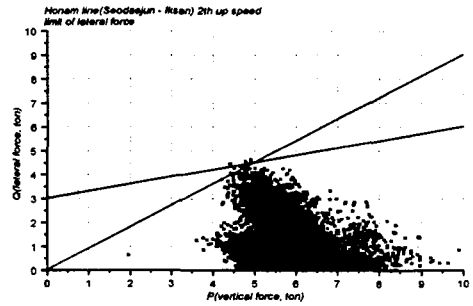


Fig. 18 호남선 속도향상

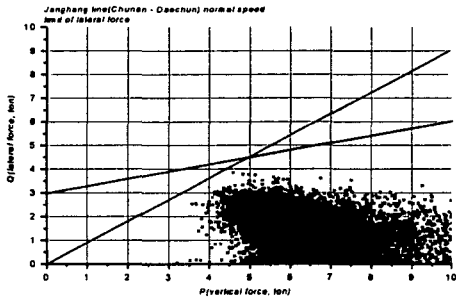


Fig. 19 장항선 기존속도

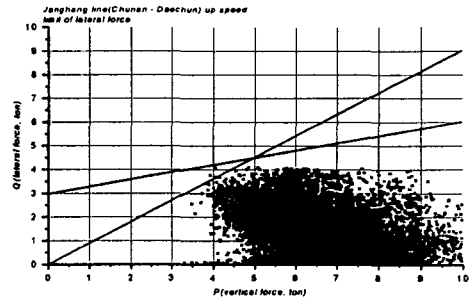


Fig. 20 장항선 속도향상

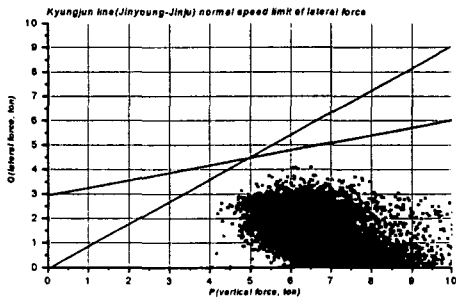


Fig. 21 경전선 기존속도

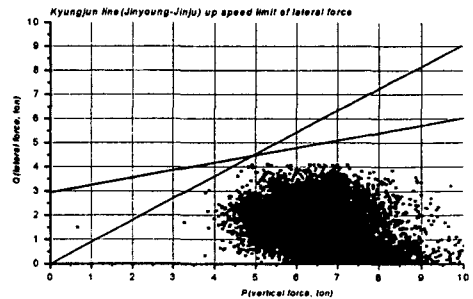


Fig. 22 경전선 속도향상

5. 결론

1) 탈선계수

기존속도와 향상속도의 탈선계수는 모두 안전한 범위에 있다. 경부선의 경우는 다른 선로에 비해 속도 증가의 폭이 상대적으로 작았기 때문에 기존속도와 향상속도의 탈선계수 차이가 작았으며, 호남선은 3급선인 서대전-익산 구간이 2급선인 익산-장성 보다 약간 높다.

2) 윤중감소

기존속도와 향상속도 모두 안전한 범위에 있다.

3) 횡압

Q/P가 0.9를 넘지 않는 범위에서 고정못 사용 궤도 구조에 대한 일본 횡압 기준인 $Q \leq 2.9 + 0.3P$ 를 적용할 때 횡압은 기존속도와 속도 향상 모두 안전한 범위에 있지만, 고속화에 따라 차량이 궤도에 미치는 횡압이 증가하여 궤도의 유지보수 비용이 증가할 것으로 나타났다.

6. 참고문헌

- 1) 철도기술연구소, 철도차량의 주행안전성 평가방법, 철도기술연구보 VOL23 NO1, pp. 198~204, 1989.
- 2) 함영삼 외 2명, 디젤기관차를 이용한 경부선의 하중이력 측정, 한국철도학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, pp. 652~659, 2000.
- 3) "在來鐵道運轉速度向上 試驗 マニュアル.解説", 鐵道總合技術研究所, pp. 67~94, 平成 5年
- 4) "鐵道の ための 試驗法.計測法", 鐵道總合技術研究所, pp. 74~81, 昭和 5年