

바이모달 트램 스윙아웃 억제 방법

Swing-out Suppression Method for the Bi-modal Tram

**문경호¹, 이강원¹, 목재균¹

*#K. H. Moon(khmoon@krii.re.kr)¹, K. W. Lee¹, J. K. Mok¹

¹ 한국철도기술연구원 바이모달수송시스템연구단

Key words : Bi-modal Tram, Swing-out, AWS(All Wheel Steering)

1. 서론

차량이 곡선을 선회할 때 반드시 고려해야 할 항목이 이탈케적과 스윙아웃이다. 이탈케적은 곡선에서 축의 중심과 뒤축의 중심의 궤적의 차이를 말하며, 보통 앞바퀴보다 뒷바퀴가 더 안쪽 도로를 선회하는 현상이다. 이탈케적이 회전방향 안쪽으로 궤적을 그리는 반면에 스윙아웃은 회전방향 바깥쪽으로 궤적을 그려 경로를 이탈하는 현상을 말한다. 스윙아웃에는 프론트 스윙아웃(front swing-out)과 리어 스윙아웃(rear swing-out)이 있지만 통상적인 스윙아웃은 Fig. 1과 같은 리어 스윙아웃을 말한다. 원곡선을 선회할 때 차량 끝단이 그리는 궤적은 차량 선회폭 내에 있으므로 스윙아웃에 대한 영향이 없지만 직선에서 원곡선으로 접어들 때 스윙아웃은 옆 차선을 침범할 수 있으므로 안전상 중요한 인자가 된다. 차축에서 차량의 끝단까지의 거리를 오버행이라고 하며, 이러한 오버행으로 인하여 차량의 후부는 후부축보다 바깥쪽으로 벗어나는 스윙아웃이 발생한다.

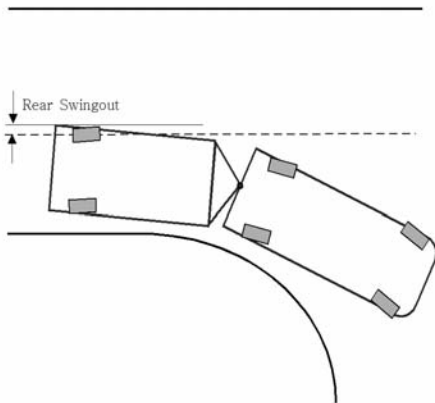


Fig. 1. Rear swing-out

바이모달 트램의 차량길이는 굴절버스와 비슷하지만 바이모달 트램은 앞축을 운전석으로 뒤축은 엔진룸쪽으로 이동하여 승객의 탑승구간을 초저상으로 편평하게 하고 이동 편의성을 높였다. 이로 인하여 축간거리가 길어지게 되므로 원활한 회전성능을 위하여 전체 차륜 조향(All Wheel Steering) 시스템을 적용하고 있다. 바이모달 트램은 후부축을 뒤로 이동하였기 때문에 굴절버스보다 오버행은 작지만 AWS 시스템으로 인하여 후부축의 역위상으로 조향되기 때문에 스윙아웃은 더 커지게 된다. 스윙아웃에 대한 국내안전기준은 없지만 유럽에서는 0.6m 이내로 규정되어 있으므로 바이모달 트램에서 스윙아웃을 억제하는 방법이 적용되어야만 한다.

2. 스윙아웃 억제 알고리즘

전륜만 조향될 때는 Fig. 2와 같이 O점을 원점으

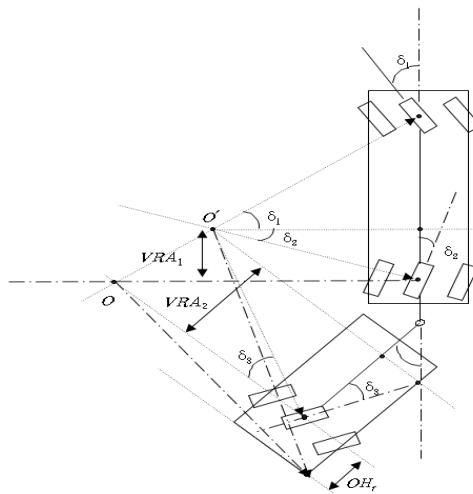


Fig. 2. Movement of turn center according to the virtual rigid axle

로 2축 및 3축을 고정축으로 하여 곡선을 선회하게 되며 이 때 스윙아웃은 오버행(OVH)에 의한 회전 반경이 증가량에 의하여 나타나게 된다. 반면 바이모달 트램은 AWS 시스템으로 인하여 O 점을 중심으로 3축도 조향되므로 오버행에 더하여 가상고정축에 해당하는 거리(VRA₂)가 추가되어 스윙아웃은 더 커지게 된다.

스윙아웃을 억제하기 위하여 원곡선을 접어들 때 2축과 3축의 조향각의 움직임의 지연해야 한다. 후륜 조향각 지연방법으로 일정시간 지연후 움직이는 방법은 차량이 정차후 출발시 스윙아웃을 억제할 수 없으므로 거리지연 방법이 사용되었다. 거리지연 방법은 스윙아웃을 막기 위하여 후부축의 조향각을 일정거리만큼 지연한 후에 조향실린더의 최대이동속도 및 한계곡선반경의 속도를 고려한 거리(S_δ)만큼 비례적으로 식 (1), (2)와 같이 움직이도록 하였다.

$$S_0 < S \leq S_{max}, \quad P = P_{max} / S_{\delta} \times (S - S_0) \quad (1)$$

$$S > S_{max}, \quad P = P_{max} \quad (2)$$

여기서 P는 가상고정축 값, P_{max}는 설정된 최대 가상고정축 값, S₀는 지연거리, S_{max} = S₀ + S_δ이다.

3. 스윙아웃 궤적 시뮬레이션

스윙아웃 억제 알고리즘을 적용한 차량과 적용하지 않은 차량에 대하여 차량 후부 끝단의 궤적을 시뮬레이션 하였다. Fig. 3은 1축 조향각을 최대로 조향한 후에 궤적을 관찰한 결과로서 적용했을 때의 스윙아웃은 0.147m가 나왔으며, Fig. 4은 1축

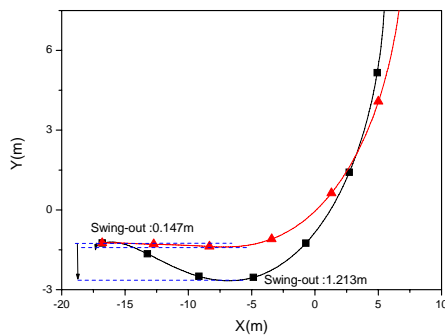


Fig. 3. Comparison of swing-out(Max. input)

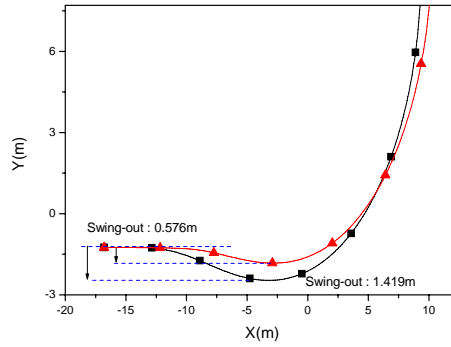


Fig. 4. Comparison of swing-out(Step input)

조향각을 단계적으로 최대 조향각까지 증가시킨 후에 궤적을 관찰한 결과로서 적용했을 때의 스윙아웃은 0.576m가 나왔다. 시뮬레이션 결과, 모두 유럽기준치인 0.6m 이내를 만족하고 있으나 1축 조향각의 조향조건에 따라 변함을 알 수 있다.

4. 결론

스윙아웃에 거리지연 알고리즘을 적용한 결과, 유럽 기준치인 0.6m 이내를 만족하고 있으나, 축 조향각의 조향조건에 따라 변함을 알 수 있다. 스윙아웃은 1축 조향각의 조향속도, 가상고정축까지의 거리, 조향 지연거리에 따라 변하므로 향후 실제 주행조건을 반영하여 최적화할 필요가 있다.

후기

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원의 지원을 받은 ‘신에너지 바이모달 수송시스템 개발’ 과제의 일환으로서 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Duane, R. Pillar., and Eric, E. Braun., "All-Wheel Steering System for Heavy Truck Applications", SAE Paper, No. 952680, SAE, 1995
2. K.-H. Moon, et al., "Method for Control of Steering Angles for Articulated Vehicles Using Virtual Rigid Axles", IIAT, Vol.10, N0.4, 2009.