

중형저상버스용 현가장치 기구 해석

Kinematic Analysis of Suspension Systems for the Medium size Low-Floor Bus

*.#문경호¹, 김연수²

*.#K. H. Moon¹(khmoon@krii.re.kr), Y. S. Kim²(yskim@krii.re.kr)

^{1,2} 한국철도기술연구원 바이모달수송시스템연구단

Key words : Medium size Low Floor Bus, Suspension, Kinematics

1. 서론

정부의 대중교통기본계획에 의하여 교통약자 이동편의 증진을 위하여 2013년까지 전체 시내버스의 50%를 저상버스로 교체한다고 밝힌 바가 있다. 그러나 이러한 저상버스는 대도시 및 수도권 중심으로 보급되고 있어서 인구고령화가 이루어지고 있는 농어촌, 산간지역 및 지방 중소도시민들은 소외되고 있다. 따라서 이러한 소외지역의 교통복지 증진을 위하여 좁고 협소한 도로사정, 소규모 승객을 고려한 농어촌 및 산간지역은 물론이고 도시지역에서도 지선의 용도로 주택밀집지역까지 근접 서비스를 제공할 수 있는 중형저상버스에 대한 연구를 진행 중에 있다. 본 논문에서는 중형저상버스에 적합한 현가장치를 모델링하고 현가장치 설계에 있어서 요구되는 kinematic 특성을 해석을 통해서 검증하였다.

2. 중형저상버스의 현가장치

해석을 수행한 중형저상버스의 현가장치와 관련한 변수들은 다음의 Table 1과 같다. 다음의 Table 2는 전/후 현가장치 해석에 적용한 기구학적 특성값이다.

현가장치의 기구학적 해석에 사용하는 중량조건은 Gross Vehicle Weight(=Curb Weight)이다. 이것은 차량의 주행에 필요한 모든 것을 갖춘 무게로써 연료, 엔진오일, 냉각수 등을 포함한다. 다만 승객과 화물은 포함시키지 아니한다. Wheel Travel은 현가장치를 Bump(수직방향 위): +80mm와 Rebound(수직방향 아래): -100mm로 두고 다음의 기구학 해석을 수행하였다.

Table 1 Vehicle parameter

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Gross Vehicle Weight (Kg) | 7980.00 |
| Wheel Base (mm) | 4900.00 |
| Center of Gravity Height (mm) | 660.00 |
| Weight on Front Axle (Kg) | 3567.00 |
| Weight on Rear Axle (Kg) | 4413.00 |
| Front Track Width (mm) | 1820.00 |
| Rear Track Width (mm) | 1675.00 |
| Front Suspension | Rigid Axle |
| Rear Suspension | Rigid Axle |
| Spring type(Front/Rear) | 모두 Leaf Spring + Air Spring |

Table 2 Initial data of suspension kinematic value

| Front suspension | | Rear suspension | |
|---------------------------|-------|-----------------|------|
| Camber (deg) | 1.00 | Camber (deg) | 0.00 |
| Toe (deg) | -1.00 | Toe (deg) | 0.00 |
| Caster (deg) | 1.00 | | |
| Kingpin Inclination (deg) | 8.06 | | |
| Kingpin Offset (mm) | 32.95 | | |

3. 전륜 현가장치의 Kinematic 해석

Camber는 정면에서 봤을 때 양쪽 타이어의 위쪽보다 아래쪽이 더 안으로 들어온 형태를 양(+:positive)으로 하며, +1(deg)을 지정한 상태다. Fig. 1은 정면에서 바라본 모델로서 'Jounce'는 기준 위치에서 최대 80mm로 바퀴가 상승한 상태이며 'Rebound'는

최대 100mm로 하강한 모습이다. Fig. 2를 통해서 바퀴가 상/하 최대크기로 이동하는 동안 캠버의 크기는 설계 시 주어진 상태와 비교하여 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

Wheel Travel에 따른 Caster angle의 변화는 Fig. 3에서 stroke가 상/하 방향 모두 증가할수록 커지는 경향을 나타낸다. Caster angle은 Fig. 3의 오른쪽 그림과 같이 기하학적인 요소에 의해 결정된다.

Table 2를 참조하여 중형저상버스의 전륜 토각은 -1.00(deg)로 Fig. 5 오른쪽 그림과는 반대로 좌/우 바퀴의 앞부분 간격에 비해 뒷부분 간격이 좁으면 $b < a$ 이므로 Toe-out 형태를 갖게 된다. Fig. 4에서는 Wheel Travel에 의한 전륜 현가장치의 토각 변화를 해석적으로 알아본 결과 rebound, bump 모든 stroke에 대하여 거의 변화 없이 일정함을 알 수 있다.

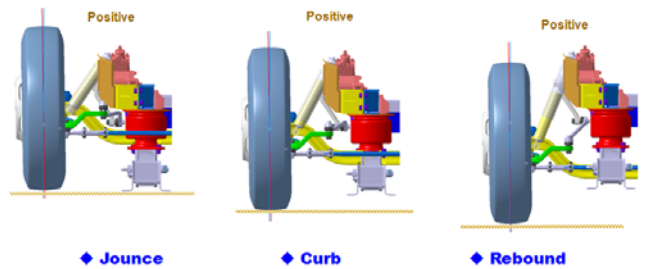


Fig. 1 Front suspension geometry difference by Wheel Travel

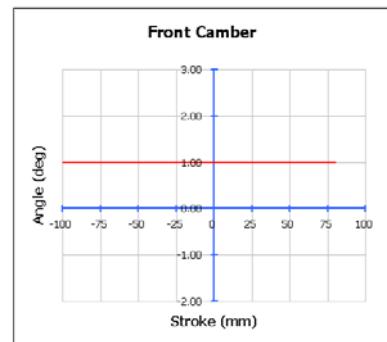


Fig. 2 Camber angle changed by Wheel Travel

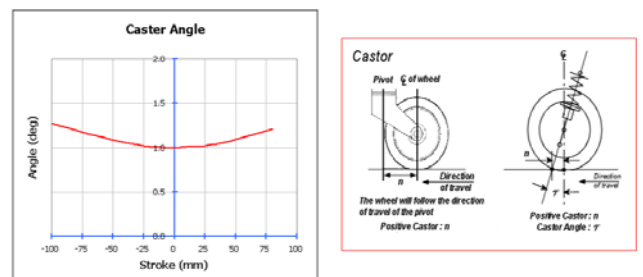


Fig. 3 Caster angle changed by Wheel Travel

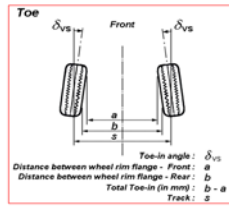
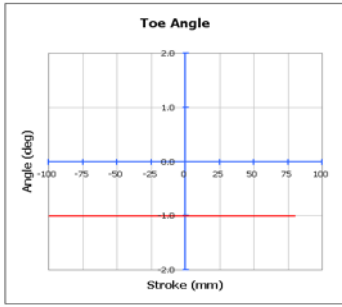


Fig. 4 Toe angle changed by Wheel Travel

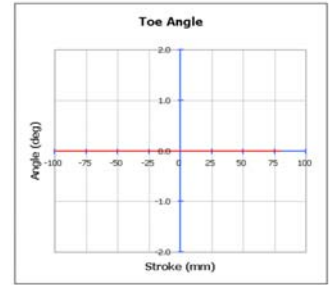
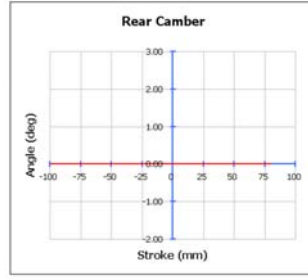


Fig. 8 Camber and Toe angle changed by Wheel Travel

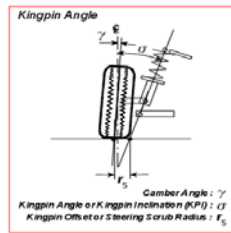
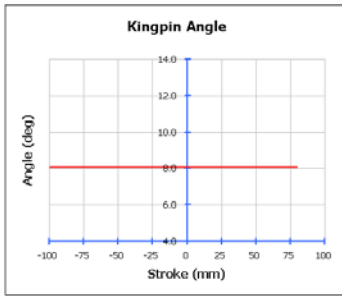


Fig. 5 Kingpin angle changed by Wheel Travel

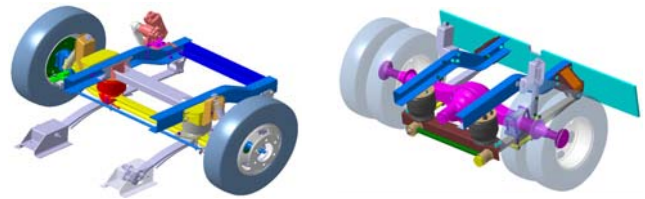


Fig. 9 Front Suspension(Left), Rear Suspension(Right)

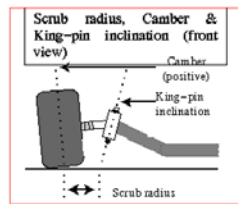
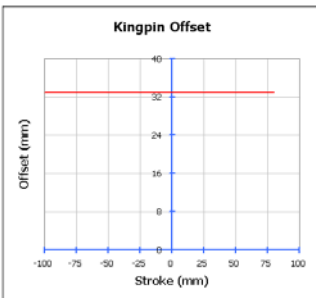


Fig. 6 Kingpin offset changed by Wheel Travel

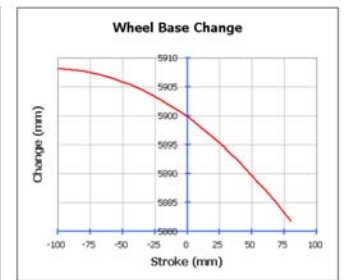
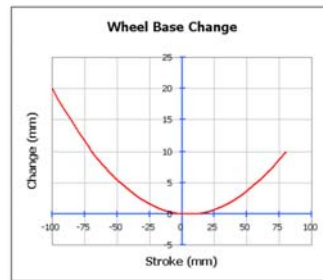


Fig. 10 Wheel-base changed by wheel travel : Front Suspension(Left), Rear Suspension(Right)

kingpin angle과 kingpin offset은 각각 8.06 deg와 32.95 mm로, camber angle이 일정하게 유지되는 경향과 마찬가지로 wheel travel에 대해 일정함을 알 수 있다.

4. 후륜 현가장치의 Kinematic 해석

후륜 현가장치는 조향장치가 없기 때문에 camber angle과 toe angle의 변화, 그리고 wheel-base(전/후 축간 거리)변화를 알아보았다. Fig. 7에서는 전륜과 마찬가지로 후륜이 상(bump)80mm, 하(rebound)-100mm 움직일 때의 현가장치의 기하학적 변화를 측면에서 바라본 형상이다

일체차축식(Solid Axle)으로 구성된 후륜 차축이므로 Toe angle과 camber의 크기는 처음에 설정된 0(deg)에서 Fig. 8에서 보이는 바와 같이 일정하다. 다만, Fig. 10 오른쪽에서 확인되는 것처럼 wheel-base는 bump가 되면 짧아지고 rebound가 되면 증가하는 것을 알 수 있다. 참고로 전륜의 경우는 rebound, bump 모든 경우 기준의 wheel-base보다 증가하는 경향을 보였다.

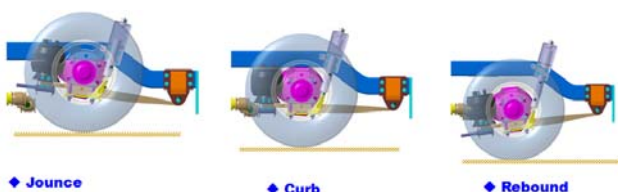


Fig. 7 Rear suspension geometry difference by Wheel Travel

4. 결론

일체차축식(Soild Axle)방식의 현가장치의 장점은 비용이 저렴하고, 구조가 간편하여 유지보수에 용이하며 노면으로부터 전달되는 충격에 비교적 강한 구조로 알려져 있다.

본 해석을 통하여 중형저상버스에 적용된 일체차축은 좌/우 차륜이 동일하게 노면에 반응하므로 현가장치의 기하학적 형태가 wheel-base를 제외하고, 설계기준인 Curb 상태와 비교하여 일정하게 유지됨을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원의 지원을 받은 ‘중형저상버스시스템 사양 개발’ 과제의 일환으로서 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Thomas D.Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Society of Automotive Engineers Inc, 1992
2. Hans B. Pacejka, "Tire and Vehicle Dynamics", SAE Inc., 2002
3. 宅野高明, "車輛運動性能と Chassis Mechanism", グランプリ出版, 1994