

4WD 중대형용 특수 차량 서스펜션 및 차량 성능에 관한 연구

*천세영¹, 임태형¹, 김용석¹, 이병룡¹, 양순용¹, 김승수²

¹ 울산대학교 기계자동차공학부, ² 울산대학교 BK21 사업단 연구원

A Study of 4WD Commercial Truck suspensions and driving ability

*Y. S. Cheon¹, H.T. Lim¹, Y.S. Kim¹, R.B. Lee¹, Y.S. Yang¹, S.S. Kim²

¹ Dept. of Mech. Eng., Ulsan Univ., ² BK21 Ulsan Univ.

Key words : TruckSim, 4WD, Suspension, Grade ability, Side slip

1. 서론

현재 국내의 도로 관리에 사용하는 차량은 2WD의 일반 트럭을 많이 사용하고 있으나 성능상 문제로 화물의 운송만 담당할 뿐 특수 차량의 목적인 제설 및 사고처리등 도로관리에 큰 도움이 못 되고 있는 실정이다. 그러므로 최근 특수 차량은 동급 구동 성능이 뛰어난 4WD 차량으로 점차 바뀌는 추세이며 특히 특수 차량으로 많이 사용되는 2.5톤 및 5톤급 차량에서 많이 변화하고 있다. 그러나 특수 차량의 경우 국내 수요가 한정되어 있기 때문에 4WD 차량의 부품 연구는 국내에서 많이 이루어지고 있지 않고 필요한 차량의 부품 및 기술은 전량 수입하고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 기존의 2WD 5톤급 차량을 기본으로 상용 S/W인 TruckSim을 이용하여 4WD 차량으로 구성하고 구성된 차량의 평지 주행과 험지 주행을 시뮬레이션 하여 차량의 스프링 계수와 댐핑 계수의 최적 값을 구했다. 그리고 차량에 적용한 동력부와 시뮬레이션으로 앞에서 구한 서스펜션을 적용하여 차량의 등판 능력 차량의 최대속도 등의 능력을 시뮬레이션 및 실차 테스트를 하여 최적 값을 도출했다.

2. 4WD 차량구성을 위한 기존 차량 분석

4WD 차량을 상용 S/W 인 TruckSim을 이용하여 구성하기 위해 기존 2WD 차량의 무게 및 형상 무게중심 inertia, tire parameter, steering parameter, engine 및 powertrain parameter 등이 필요하며, 이를 구하기 위해 도면과 실제 차량을 계측하여 필요한 물성치를 구했다. Table 1. 은 4WD 차량을 구성하기 위해 필요한 2WD의 parameter이다.

Table 1 2WD Truck Parameter

항목	2WD Truck
Engine	235HP/2500rpm
	65kg-m/1900rpm
	6606cc
transmission	Manual (6 Forward 1 Reverse)
Tire	F: 245/70R19.5-14PR
	R: 245/70R19.5-14PR
최대차속	131km/h
Grade ability	37%
Side slope	20%

3. 4WD 차량 구성 및 시뮬레이션

도면과 실측한 Parameter 들을 TruckSim을 이용하여 4WD로 구성하는 과정은 다음 Fig 1. 과 같다.



Fig. 1 Construction 4WD system

3.1 4WD로 구성한 최대 차속 시뮬레이션

2WD 차량을 TruckSim을 이용하여 4WD로 구성하기 위해 필요한 각각의 Parameter 값을 구하여 차량 주행에 필요한 Parameter를 프로그램 상에 setting 했고 차량의 성능을 알기 위해 차량의 최대 차속을 측정하는 Simulation 했다. Fig. 2는 차량을 5km/h를 시작으로 @4kph/s 로 가속시킨 시뮬레이션 결과이다.

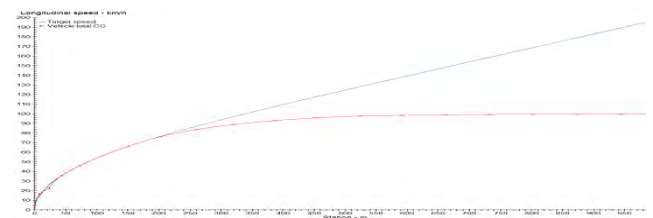


Fig. 2 4WD Vehicle Speed simulation

차량을 5km/h를 시작으로 @4kph/s 로 가속시킨 결과 0~20 초 사이 차량의 속도는 최대 기울기 값을 가지고 48.04초에 약 100km/h로 Max speed를 가지고 이후 100km/h 정속으로 주행하는 것으로 나왔다.

3.3. 4WD 서스펜션 계수 도출

구성된 4WD 차량의 주행에 필요한 서스펜션 계수들을 도출하기 위해 차량을 최적 주행 조건인 포장도로에서 최악의 조건인 비포장도로까지 주행시켜 어떤 조건에서도 주행에 안전할 수 있는 서스펜션 계수를 도출했다. Fig. 3, 4는 노면이 최악의 조건일 경우 Front, Rear 서스펜션의 Fs vs. Jounce 이다.

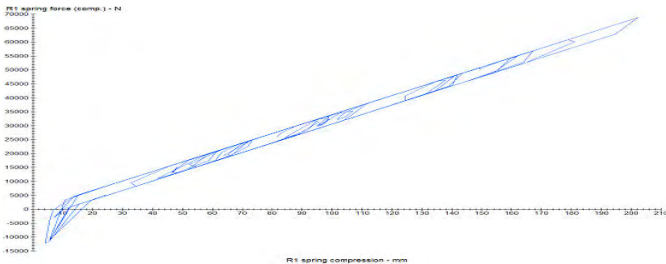


Fig. 3 Front suspension Fs vs. Jounce

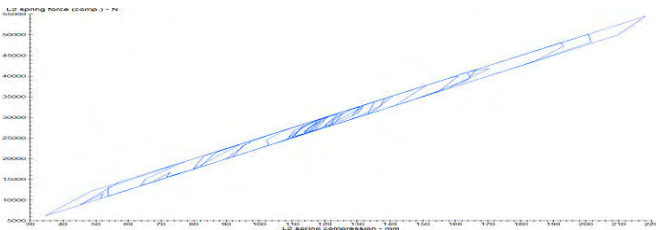


Fig. 4 Rear suspension Fs vs. Jounce

차량 주행에 필요한 서스펜션 계수값을 도출한 결과 Front는 Spring coefficient 340N/mm, Bmp 93500N, Damping coefficient는 50 kN·s/m으로 Rear는 Spring coefficient는 250N/mm, Bmp 68750N, Damping coefficient 50 kN·s/m 일 때 차량이 어떤 주행 조건에서도 안전함을 확인했다.

3.2. 등판 능력 및 사이드 슬립 시뮬레이션

구성된 4WD 차량의 등판 능력을 알기 위해 경사각도를 25~30°까지 1°단위로 시뮬레이션 환경을 구축하여 Simulation 했다. 차량 속도는 30km/h에서 @4kph/s로 가속하도록 설정했다. 결과는 다음 Fig. 5 와 같다.

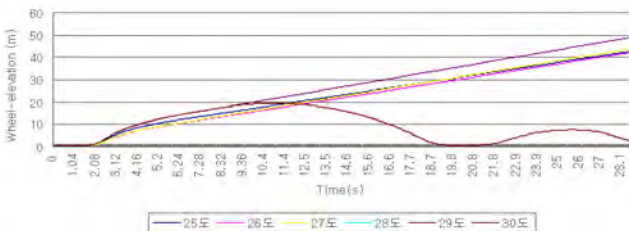


Fig. 5 4WD Vehicle grade ability simulation

Fig. 5에서 등판 능력 시뮬레이션 결과 차량의 등판 가능한 각도는 약 30°에서 이루어지는 것을 시뮬레이션에서 알 수 있다. 차량은 30°에서 9m정도 전진 후 동력 부족으로 등판 불가능해진다. 사이드 슬립 시뮬레이션의 경우 등판 능력과 마찬가지로 30km/h에서 @4kph/s로 가속하도록 설정하고 20%에서 2%단위로 증가시켜 시뮬레이션 한 결과 약 30%에서 차량의 슬립이 주행에 지장을 주는 것을 확인했다.

4. 실차 실험

TruckSim을 이용하여 재구성한 4WD 차량의 파라미터들을 실제 차량에 적용하여 시뮬레이션 결과와 비슷한 성능을 보였다 Table 2는 실험결과이다. Fig. 6은 실험한 사진이다.

항목	2WD Truck	4WD Truck
최대차속	131km/h	100km/h
Grade ability	37%	60%
Side slope	20%	30%

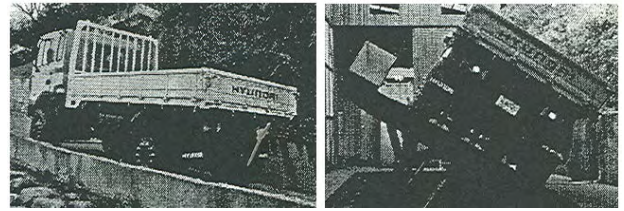


Fig. 6 4WD Vehicle test equipment picture (grade ability & side slip)

4. 결론

TruckSim을 이용하여 중대형 차량을 4WD 차량으로 재구성하여 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. 차량 구성에 필요한 2WD 차량의 물성치를 4WD 차량에 맞게 재구성하여 TruckSim을 이용하여 차량을 5km/h를 시작으로 @4kph/s 로 가속시킨 결과 차량은 48.04초에서 99.62 km/h로 정속으로 주행하는 것으로 Simulation 되었다
 2. 노면조건을 최적의 주행 조건에서 최악의 주행 조건을 구성하여 시뮬레이션 한 결과 Front 서스펜션의 경우 스프링 계수는 340N/mm, Bmp 93500N, 이상 댐핑계수는 50 kN·s/m 이상 Rear 서스펜션의 경우 스프링 계수는 250N/mm, Bmp 68750N 이상 댐핑계수는 50 kN·s/m 이상일 때 안전함을 보였다.
 3. 구성된 차량의 최대 등판 능력의 경우 25~30° 까지 1° 단위로 시뮬레이션했고 차량 속도는 30km/h에서 @4kph/s로 가속했을 시 최대 등판 능력은 29°에서 30° 사이인 것으로 확인했다.
 4. 사이드 슬립의 경우 500ft radius circle에서 20%~30% 까지 2% 단위로 증가시켜 시뮬레이션 했고, 등판 능력과 비슷하게 차속은 30km/h에서 @4kph/s로 가속하도록 설정했다. 시뮬레이션 결과 30% 이상시 차량 주행에 지장을 주는 것을 확인했다.
- 실차 실험 결과 시뮬레이션에서 같이 만족할 만한 차량의 성능을 얻었지만 적용 Tire의 동하중반경이 큰 관계로 급제동시 차량 후미가 들리는 문제를 방지하기 위해 향후 Longtudinal rod braket 설치가 필요하다.

후기

본 연구는 『중소기업기술혁신개발사업 및 BK21 사업』 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 가야바공업주식회사, “자동차 현가장치”, 에드텍
2. Thomas D.Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Society of Automotive Engineers, Inc.
3. 문일동, 권혁조, 오재윤, “대형 트럭의 선회 주행특성 해석을 위한 컴퓨터 모델의 개발” 한국 자동차공학논문집 제8권 제4호, pp.121~129
4. Maarco TIBALDI, Elena ZATTONI, "Robust control of active suspensions for high performance vehicles," Maarco TIBALDI, Elena ZATTONI IEEE pp.242~247, 1996