

SS차량의 실차 운행 조건을 고려한 동역학 해석

곽남수, 심재록, 김태규
(주)한아 기업부설연구소
e-mail: kns8679@gmail.com

Dynamic analysis for SS-Vehicle considering driving condition

Nam-Su Kwak, Jae-Rok Sim, Tae-Kyu Kim
Dept. of research institute, Hana co.,Ltd.

요약

본 논문에서는 입목형 과수 등에 농약을 살포하는 스피드 스프레이어(SS기)차량의 과수 환경 및 주행 조건을 고려한 동역학 해석을 수행하였다. 노면의 마찰 계수에 따라 빙판길, 건조한 아스팔트 도로, 비포장 도로(과수원 흙길)로 구분하였으며 주행 속도 별로는 차량이 정차 상태, 작업상태, 저속주행, 고속주행 등으로 구분하여 설정하였다. 차량의 구동 조건은 4륜 구동으로, 차량의 조향 조건은 전륜 2륜 조향, 4륜 조향(역 위상)으로 구분하였다. 또한 도로 형상은 직선로, 요철(과속방지턱) 조건으로 구분하여 차량 주행 시 동적 특성을 확인할 수 있도록 해석을 수행하였다.

1. 서론

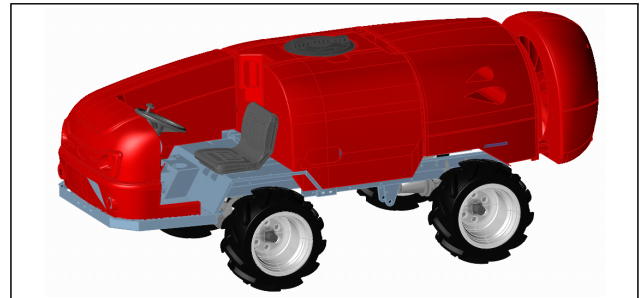
스피드 스프레이어(SS기) 차량은 주로 입목형 과수를 재배하는 사과, 배 밭 등에 사용하는 농업용 방제 차량이다. 차량이 과수원 이랑을 주행하면서 후면에 장착된 송풍팬과 전자분무기를 이용하여 과수 및 과수잎 등에 농약을 직접 살포할 수 있다. 본 논문에서는 스피드 스프레이어 차량의 과수 환경 및 주행 조건을 고려하여 다음과 같은 동역학 해석을 수행하여 신규 차량(전동화 모델) 설계에 요구되는 설계변수를 도출하였다.

2. 동역학 해석조건

2.1 SS기 동역학 해석 모델

SS기의 동역학 해석을 위한 주요 구성품은 차체 프레임, 프론트 및 리어 액슬, 너클암, 디스크 로터, 휠, 타이어, 송풍장치, 분무장치 등으로 그림 1과 같이 구성된다.

각각의 부품 연결은 볼트, 핀, 볼소켓, 슬라이딩 핀 등의 조인트 모델을 사용하였으며 다물체 동역학 해석을 위한 파트 및 파트 연결은 강제로 구성하였다. 차체 프레임의 주요 부재들은 SS41 소재이며 차량의 스킨은 FRP 소재로 이루어져있다.



[그림 1] SS기 동역학 해석 모델

2.2 SS기 동역학 해석 조건 및 설정

SS기의 동역학 해석을 수행하기 위해서 SS기의 운행 환경을 바탕으로 다양한 조건을 설정하였다. 노면의 마찰 계수에 따라서 빙판길(Low mu), 건조한 아스팔트 도로(High mu), 비포장 도로(과수원 흙길)로 구분하였으며 주행 속도 별로는 차량이 정차상태, 작업주행, 저속주행, 고속주행 등으로 구분하여 0kph, 1.5kph, 5kph, 15kph로 설정하였다. 차량의 구동 조건은 4륜 구동으로, 차량의 조향 조건은 전륜 2륜 조향, 4륜 조향(역 위상)으로 구분하였다.

또한 도로 형상은 직선로, 요철(과속방지턱) 조건으로 구분하여 차량 주행 시 동적 특성을 확인할 수 있도록 하였다.

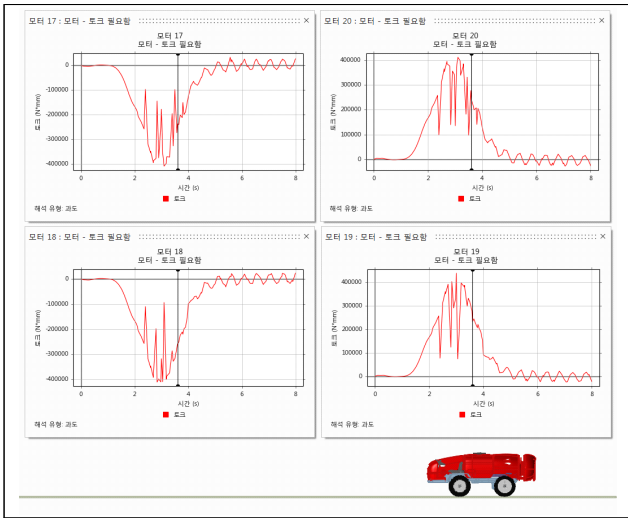
차량의 등판 조건에 대해서는 경사각 0%, 5%, 20%로 구분하였으며 차량 중량은 최대 적재하중(GVW: Gross Vehicle Weight) 상태와 공차 하중(CVW: Curve Vehicle Weight) 상태로 나누어 1.5kph, 7kph, 15kph 속도별로 해석 조건을 설정

하였다.

3. SS기 동역학 해석결과

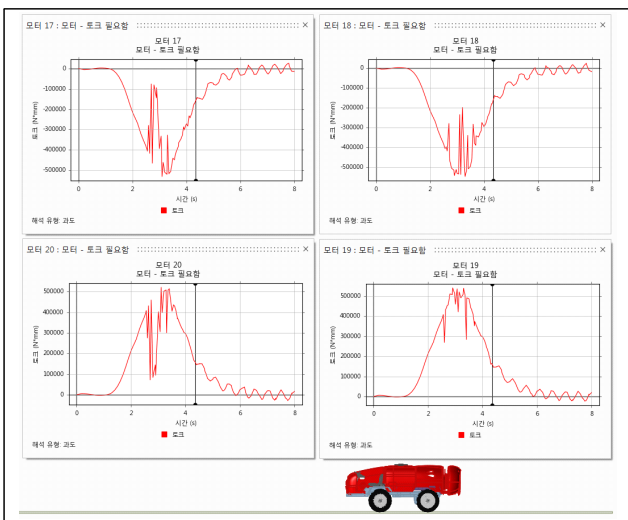
3.1 SS기 등판 성능해석

CVW(1,500kg)상태인 SS기의 최고속도 주행 성능해석을 수행한 결과 각 휠에서 측정되는 토크 및 휠 속도 선도는 그림 2와 같으며 최대 휠 토크는 약 439 Nm이며 휠 전체 최대 토크는 약 1,600 Nm으로 계산되었다.



[그림 2] CVW 상태의 SS기 최고주행 성능해석 결과

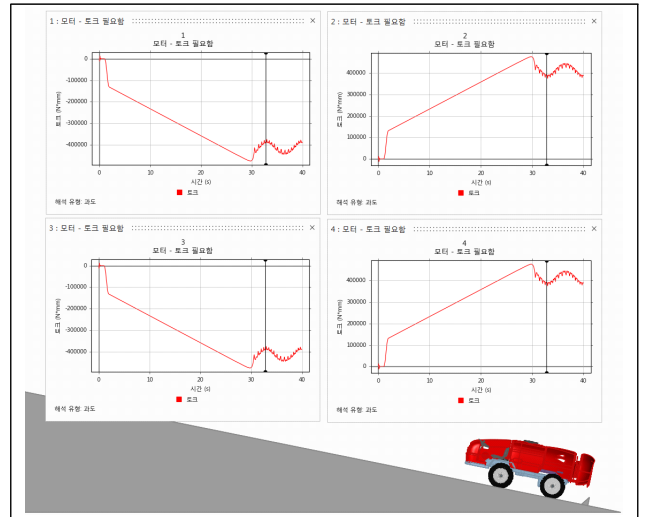
GVW(2,500kg)상태인 SS기의 최고속도 주행 성능해석을 수행한 결과 각 휠에서 측정되는 토크 선도는 그림 3과 같으며 최대 휠 토크는 약 538Nm 이며 휠 전체 최대 토크는 약 2,055 Nm으로 계산되었으며 공차 하중 주행 결과보다 455Nm 높은 것을 알 수 있다.



[그림 3] GVW 상태의 SS기 최고주행 성능 해석 결과

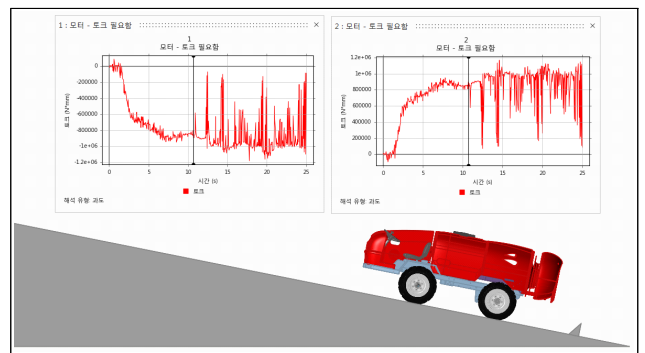
GVW(2,500kg)상태인 SS기의 경사도 20% 등판 성능해석을 수행한 결과 각 휠에서 측정되는 토크 및 휠 속도 선도는

그림 4와 같으며 최대 휠 토크는 약 475 Nm이며 휠 전체 최대 토크는 약 1,903 Nm으로 계산되었다.

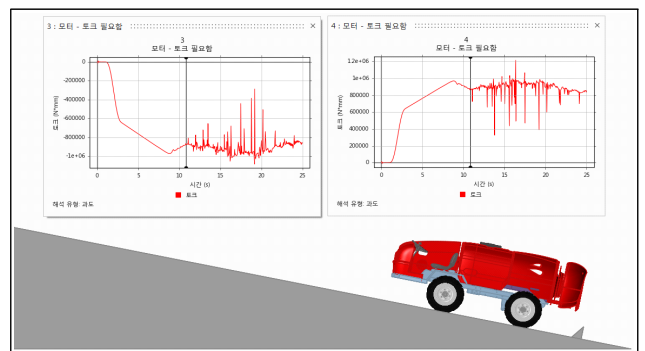


[그림 4] GVW 상태의 경사도 20% 등판 성능해석

GVW(2,500kg) SS기의 경사도 20% 등판 성능해석을 수행한 결과 FWD 및 RWD 조건에서의 각 휠에서 측정되는 토크 선도는 그림 5, 6과 같으며 차량의 기동에 필요한 각각의 휠 토크는 약 970 Nm도 나타났으며 등판 중에는 최대 1,000 Nm 이상의 휠 토크가 측정되는 것을 알 수 있다. 또한 FWD와 RWD 등판 성능해석 결과에서 가장 큰 차이점은 RWD의 안정적 등판 성능과 달리 FWD의 경우 불안정한 주행에 따른 토크의 떨림이 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 FWD 및 RWD 모두 구동에 필요한 최대 토크는 약 2,000 Nm 이상으로 계산되었다.



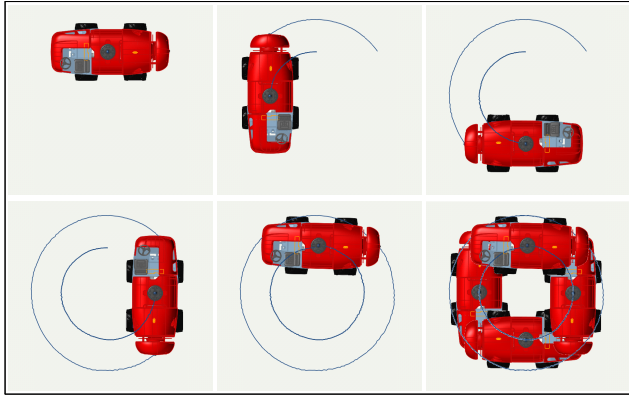
[그림 5] GVW 상태의 경사도 20% 전륜 등판 성능 해석



[그림 6] GVW 상태의 경사도 20% 후륜 등판 성능해석

3.2 좌우 독립 제동 조향 성능해석

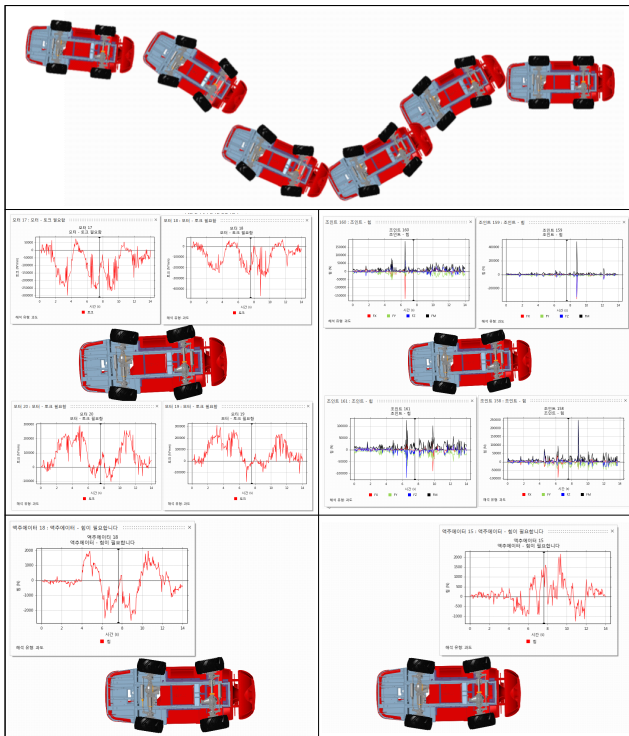
SS기의 좌우 독립 제동 조향 성능해석을 수행하였으며 주행 거동 형상 결과를 그림 7에 나타내었다. 좌우 독립 제동에 의한 조향 형상을 비교해 보면 우측 휠 제동 조건에서 0.4초 정도의 지연 출발을 반영하면 좌우 모두 동일한 주행 거동을 알 수 있다. 또한 그림 7의 원형 궤적을 분석해 보면 회전반경은 약 2.3m 정도로 계산된다.



[그림 7] SS기의 좌우 독립 제동 조향 성능해석

3.3 5kph 주행 시 4륜 조향 해석 결과(역 위상 4WS)

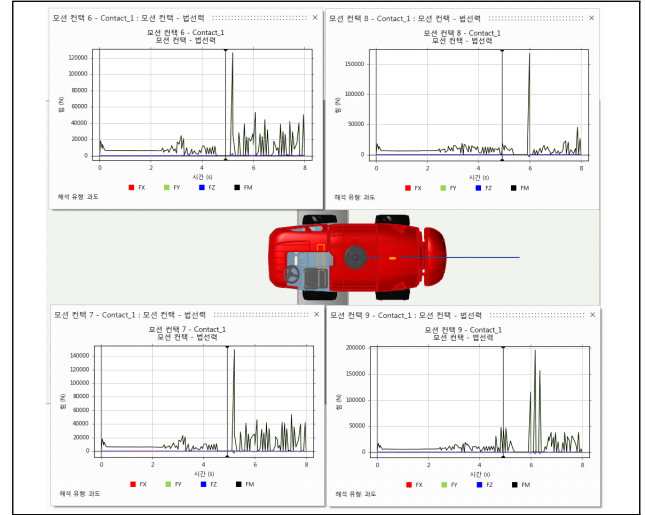
SS기 차량이 5kph 주행 상태에서 노면이 아스팔트(High mu)인 도로 조건에서 조향 성능해석을 수행하기 위해 아래 그림과 같이 해석 모델을 구현하였으며 그림 8의 해석 결과를 보면 전륜의 최대 조향력은 2,671N 이며 후륜은 2,168N로 나타났다. 이때 각각의 휠의 토크는 2,500Nm 정도이며 전체 휠 토크는 약 10,000N 로 확인이 되었다.



[그림 8] SS기의 주행 시 4륜 조향 해석

3.4 전체 휠의 요철 주행 성능해석 결과

그림 9의 해석 결과를 살펴보면 차량의 직진성을 유지하기 위한 전후륜의 최대 조향력은 각각 610N과 1,807N으로 나타났다. 이때 각각의 휠의 토크는 230Nm 정도이며 전체 휠 토크는 약 920N으로 확인이 되었다.



[그림 9] SS기 전체 휠의 요철 주행 성능해석

4. 결론

본 논문에서는 SS기의 최고속도 주행 성능, 등판 성능, 좌우 독립 제동 조향 성능, 요철 주행 성능 동역학 해석을 수행하였고 그 결과를 고찰하였다. 이러한 결과 중에 중요한 하중, 토크, 속도, 변위, 주행 거동 등은 전동화 SS기의 설계에 필요한 데이터이며 향후에는 본 해석에서 고려하지 못한 해석 조건 설정을 위해 SS기의 작업 및 운행 환경을 참고하여 다양한 해석 조건을 추가할 필요가 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 2023년 농림식품기술기획평가원 친환경 동력원 적용 농기계 기술개발 사업(과제번호: 322043-3)의 지원을 받아 수행되었음

참고문헌

[1] D. S. Jeong, "[Issue] Eco-friendly EURO-6 era is coming Implications of Euro 6 environmental standards and diesel vehicles", Korea Petroleum Association Journal, No. 293, pp. 30-33, 2014

[2] S. H. Park, "A study on the introduction of next-generation emission standards for construction and agricultural machinery" Ministry of Environment, 2018.