농용 트랙터의 안전캡에 대한 정하중 시험 시뮬레이션
Simulation of Static Tests on Agricultural Tractor Cab

최원석*	김경욱*	김대철*
정회원	정회원	정회원
W.S.Choe	K.U.Kim	D.C.Kim

1. 서론

현재 선진국에서는 트랙터 캡에 대한 보편적인 안전성 시험시, 시뮬레이션을 설계 단계에 적용하여 안전캡의 최적 설계를 한다. 국내에서는 농업기계화 연구소에서 안전성 시험을 실시하고 있으나, 현재까지는 국내 트랙터의 안전캡에 대한 안전 장치로서의 인식이 낮고, 안전캡의 부착을 의무화하지 않으며, 안전캡 설계 중간 과정에 시뮬레이션등을 통한 설계의 최적화가 미비하다. 또한 최근까지 수출용 국내 트랙터 캡은 전량 수입에 의존했으나 현재 농업기계화연구소에서 OECD로부터 트랙터 안전캡 공인 시험에 대한 인정과 승인을 받음으로 인하여, 국산 트랙터캡의 대량 생산과 이에 따른 각 종류의 캡에 대한 시험이 활발해질 것으로 예상된다. 따라서 OECD 코드에 따르는 안전캡의 검사를 시뮬레이션함으로서, 설계 단계에서 안전캡의 강도와 기능을 평가하여 보다 적정한 안전캡을 설계인자로 선정해서, 우수한 안전캡을 설계할 필요가 있다.

트랙터에 대한 안전성을 점검하기 위해 다양한 방법이 있으나 본 논문에서 적용할 안전 프레임 점검 기준에는 8개 항목으로 나누어져 있는 가장 보편적인 OECD standard code이다.

안전성 시험은 보편적으로 동적 시험인 코드 3과 정적 시험인 코드 4를 주 시험 항목으로 다루나, 코드 3에서 언급되는 동적 테스트는 신뢰성과 효용성이 떨어져 90년대부터 거의 적용되지 않고 있으며, 상대적으로 안정성에 대한 신뢰성이 있는 정적 시험 코드 4가 전적으로 보편화된 시험 항목이 되었다. 따라서 본 논문은 4주식 안전 프레임에 대한 정적 테스트를 다루는 코드 4와 관련된 내용을 주 대상으로 하며, 2주식에 대한 정적 테스트를 다루는 코드 6과 코드 7, 코드 8을 부분적으로 취급한다.

본 연구는 안전성 시험을 시뮬레이션하여, 안전캡의 강도와 기능을 설계 단계에서 확인하고, 트랙터 안전캡의 형태에 따라 구분하여 보다 적합한 트랙터 안전캡을 설정하여, 안전캡 설계의 최적화를 목표로 한다.

* 서울대학교 생물자원공학부 농업기계전공

2. 재료 및 방법

가. 시뮬레이션의 도입

트랙터 안전캡의 시뮬레이션은 정적 시험 OECD 코드 4번을 따르게 된다. 실제 트랙터의 안정성 시험 항목으로는 구조 조사, 강도 시험, 조작 취급 시험, 분해 조사가 있으나, 시뮬레이션은 강도 시험을 대상으로 하였다. 강도 시험의 시뮬레이션은 유한요소법(F.E.M) 이론이 적용된 ANSYS를 사용하게 된다. 강도시험은 안전 영역을 침범하지 않는 조건을 합격 기준으로 하여 다음의 과정으로 실시된다.

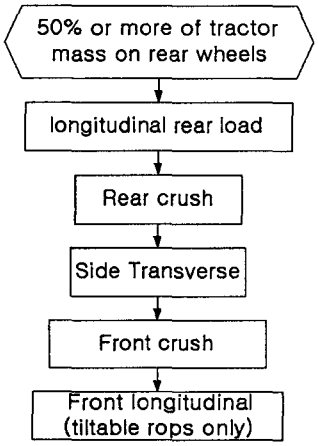

Fig. 1 Static Test Procedures

위의 과정들을 시뮬레이션하게 되며, 시뮬레이션의 결과는 실제와 같은 힘-변형 그래프를 도출한다. 시뮬레이션 프로그램은 내용과 방법상의 단계들을 로그 파일로 저장하게 되며, 트랙터의 종류에 따라 로그 파일의 수치를 바꿈으로서 원하는 결과를 산출할 수 있을 것으로 판단된다.

트랙터 안전캡의 시뮬레이션은 다음의 절차를 거친다. 먼저 안전캡을 모형화 한다. 안전캡의 모형은 실제 모형과 똑같은 수치 및 단위를 입력한다. 모형화가 끝나면, 구조물을 구속시킨다. 트랙터 캡의 마운트 부분은 완전 고정시키고, 나머지 외각부분은 구속조건을 안 준다. 트랙터 밑 부분은 어느 방향으로도 움직이거나 구부려지지 않으므로 완전 구속조건을 주게 된다. 여기서 완전 구속은 3 차원에서 x, y, z방향 및 회전에 대한 구속도 포함한다. 나머지 트랙터의 부분들은 힘의 작용에 따라 움직임에 구속을 받지 않는다. 구속이 된 모델에 대해서 재료의 특성이 입력되며, 여기에는, poisson비, 탄성계수 E, stiffness 등이 달라지므로 서로 다른 값을 입력하게 된다. 트랙터 안전캡의 해석은 실제적인 해석이므로, 비선형성을 나타낸다. 따라서 재료의 물성치도 선형적이 아닌 비선형성을 나타낸다.

물성치의 입력이 끝나면, 하중 및 힘의 적용이 따른다. 다음 그림과 같이 트랙터의 무게로부터 산출된 힘 및 총 에너지를 만족할 수 있도록 힘을 주면서 변위를 측정한다.

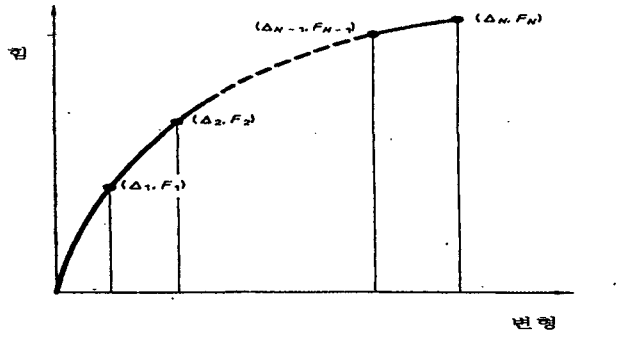

Fig. 2 force-Strain Graph

트랙터 안전캡 시뮬레이션의 구성도는 다음과 같다.

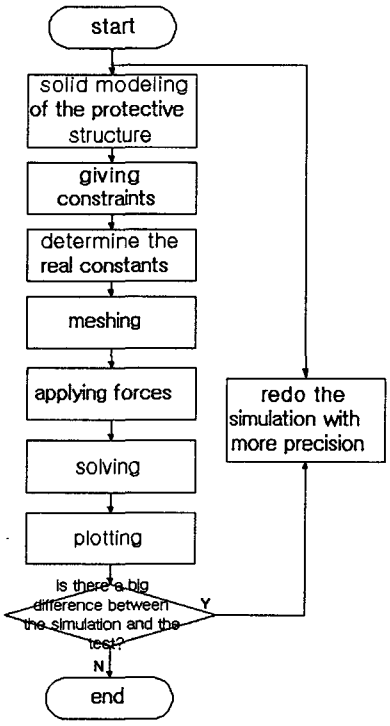

Fig. 3 Simulation Procedures

나. 현재 트랙터 안전캡의 종류 분류 및 적합한 안전캡 선정

현재 국내외에 시판되고 있는 트랙터 캡의 종류를 조사하여 안전캡을 분류하였다. 적합한 안전캡의 종류는 비슷한 치수를 갖고 있는 트랙터 안전캡에 OECD코드 4의 적용 시험을 시뮬레이션하여 안전성이 높은 트랙터 캡과 경제성에 비하여 효율적으로 사용할 수 있는 적정

한 트랙터 안전캡의 형태를 분류한다.

3. 결과 및 고찰

가. 트랙터 형태별 분류

트랙터의 형태별 분류를 보면, 크게 다음과 같다.

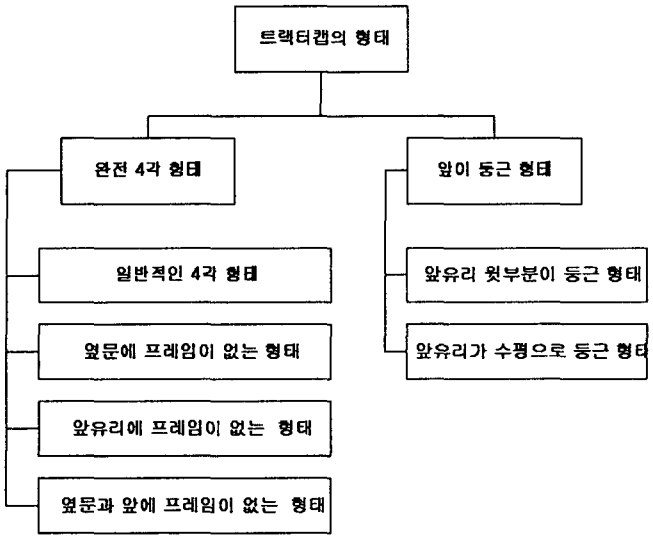

Fig. 4 Types of Tractor Cab

트랙터 안전캡의 형태를 크게 분류하면, 완전 4각형의 형태와 앞이 둥근 형태가 있다.

완전 4각형에는 가장 보편적인 트랙터 안전캡의 형태로서 일반적인 4각 형태가 있다. DEUTZ FAHR등의 회사등 대부분의 회사들이 이 모델을 사용한다. 옆문에 프레임이 없는 형태로는 Carraro사의 AGRI-X유형들이 있다. 앞유리에 프레임이 없는 형태 Landini사의 Mythos유형들이 있다. 옆문과 앞에 프레임이 없는 형태에는 Case iH의 MX-MAGNUM형태가 있다.

앞이 둥근 형태에는 앞유리 윗부분이 둥근 형태와 앞유리가 수평으로 둥근 형태가 있다. 앞유리 윗부분이 둥근 형태에는 동양, 국제, LG등 국내 트랙터 회사에서는 모두 볼 수 있는 기종이고, 주로 과수원용으로 사용하고 있다. 앞유리가 수평으로 둥근 형태에는 JOHN DEERE의 2450K Tractor 74 마력형등의 기종이 있고, 이 형태는 존디어에서 볼 수 있는 독특한 트랙터 기종이다.

나. 트랙터 안전캡 시뮬레이션 결과

현재 안전캡 시뮬레이션의 결과 중 측면 부하 적용 과정을 보면, 다음 그림 5와 같이 선

형적인 그래프가 나왔으며, 변형량은 그림 6의 실제 시험 결과보다 작은, 49mm가 나왔다. 이와 같은 문제점이 생겨, 트랙터 안전캡에 대한 비교 과정은 현재 중단했다.

비선형적으로 분석했는데도 불구하고, 선형적인 결과가 나온 것은 비선형 분석이 진행되지 않은 결과라고 본다. 따라서 Bilinear적인 재료의 탄성계수가 해석에 빠졌을 것으로 판단된다.

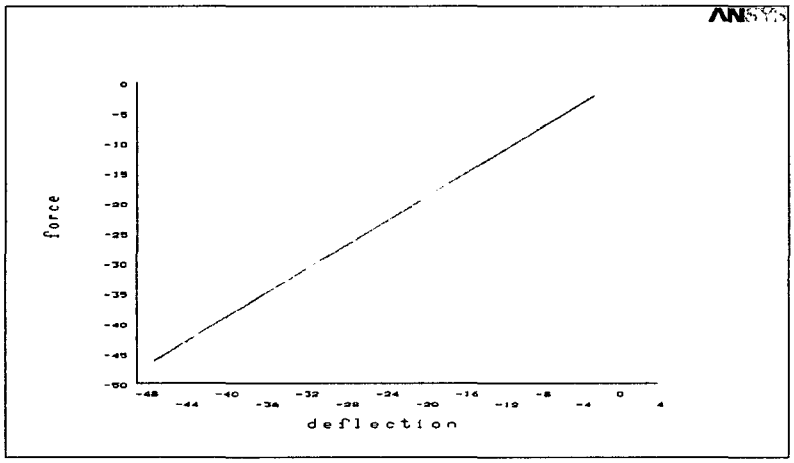

Fig. 5 Simulation Result

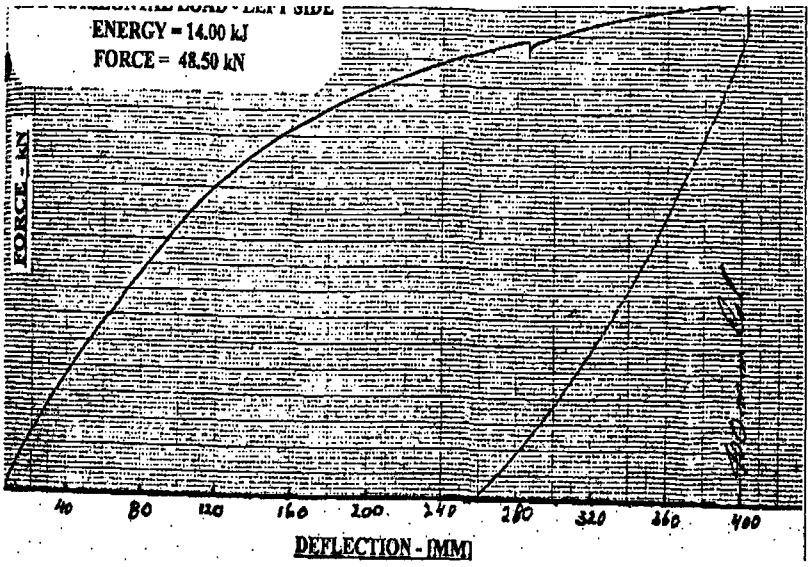

Fig. 6 Stress-Strain Graph of the Load Test Result

비선형 해석이 올바르게 진행된지 않은 이유에 대해서는 현재 소프트웨어의 입력 부분과 본인의 명령 착오를 생각할 수 있다. 시뮬레이션 프로그램이 일반적으로 신뢰성이 높다는

점을 감안 할 때는 시뮬레이션을 위한 중간 트랙터 설계과정이나, 해석과정에 오차를 생성시킬 수 있는 요소를 만든 것으로 추정하고 있다. 시뮬레이션 문제에 대한 해결은 현재 연구를 진행하기 위해서는 급선무이다.

4. 요약 및 결론

국내 트랙터 안전캡을 분류한 결과 총 6개의 기종으로 나눌 수 있었으며, 그 중 4개는 4각형인 형태를 취했으며, 2개는 안전캡 앞 부분이 둥근 형태를 띄었다. 총 6개의 종류로 나누어진 트랙터 안전캡의 종류를 시뮬레이션을 통해 안전 시험을 실시해서, 설계에 적합하고, 또는 비용에 적합한 안전캡의 종류를 알아본다.

그러나 시뮬레이션 과정에서 현재 비선형 해석 적용시의 문제점으로, 연구가 시행착오를 겪고 있는 상태이다. 문제 해결 과정에서 차이가 조금 있더라도 안전 영역을 침범하지 않도록 할 것이다. 트랙터 안전캡 시뮬레이션은 6개의 트랙터 안전캡의 형태에 실시하여, 트랙터 캡들의 성능을 실험 및 비교한다.

5. 참고 문헌

1. 손창현, 1999, 유한요소해석 입문과 선형해석, 태성에스엔이
2. 문기주, 1994, 산업 시뮬레이션, 생능
3. 양성민, 1998, 시뮬레이션 기초, 경성대학교출판부
4. Hongje Park, 1998, Simulation of Dynamic Characteristic of Agricultural Tractors, Degree of Doctor of Philosophy of Seoul National University
5. Klaus-Jürgen Bathe, 1996, Finite Element Procedures, Prentice Hall
6. 1999, OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors, Organisation for Economic Co-operation and Development PARIS-February 1999