

트랙터용 프론트 로더의 충격해석에 관한 연구

임기수¹, 이부윤^{2*}

¹계명대학교 대학원 기계공학과, ²계명대학교 기계자동차공학과

Study on the Impact Analysis of Front Loader for Tractor

Gi-Soo Lim¹, Boo-Youn Lee^{2*}

¹Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Keimyung University

²Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Keimyung University

요약 농업용 트랙터 프론트 로더의 낙하정지시험, 코너당김시험, 코너충돌시험의 세 가지 충격시험 조건에 대하여 강제동 해석, 과도구조해석, 정적구조해석 등을 수행하여 각 부품의 응력분포를 구하고 안전성을 평가하였다. 낙하정지시험은 프론트 로더를 최대높이에서 시작하여 세 단계로 나누어 낙하시킨 후 정지시켜서 충격을 가하는 경우를 해석하였다. 코너당김시험은 체인으로 버킷 밑면의 모서리를 지면에 구속한 상태에서 프론트 로더를 갑자기 상승시키는 경우를 해석하였다. 코너충돌시험은 주행 중에 버킷의 모서리가 충격장애물과 충돌하는 경우를 해석하였다. 세 가지 충격시험 조건에 대한 해석 결과, 모두 마운트의 사각관 모서리와 마운트의 양쪽 꺾임 위치에서 국부적 응력집중이 발생하였다. 이러한 결과를 바탕으로 새로운 프론트 로더의 설계 및 수정 시 파단에 관한 안전성을 개선하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

Abstract Structural behaviour of the front loader for an agricultural tractor was analyzed for three impact test conditions: drop and catch, corner pull, and corner push. Rigid-body dynamic, transient structural, and static structural analyses were conducted using a commercial finite element software. Analysis of the drop and catch test dealt with the case that the bucket located at the maximum elevation was dropped and caught through three steps. Analysis of the corner pull test dealt with the case that the bucket constrained to the ground by a chain at its corner was raised suddenly. Analysis of the corner push test dealt with the case that the corner of the bucket collided with an obstacle. Results of analyses of the three test conditions showed that maximum stress occurs at the geometrically discontinuous location in the mount and is caused from local stress concentration. Results of the present research can be utilized as a guideline to achieve more reliable and safe structural design of the front loaders.

Keywords : Front loader of tractor, Drop and catch test, Corner pull test, Corner push test, Finite element analysis

1. 서론

프론트 로더는 농업용 트랙터의 전면에 부착되어 유압시스템을 이용하여 동작하면서 부하물의 적재 및 운반 작업에 사용되는 장비이다[1]. 프론트 로더의 링크(link) 구조는 크게 지-바형(z-bar type)과 병렬형(parallel type) 링크로 분류된다[2]. 지-바형 링크는 두 개의 붐 실린더(boom cylinder)와 하나의 버킷 실린더(bucket cylinder)

로 구성되며, 병렬형 링크는 두 개의 붐 실린더와 두 개의 버킷 실린더로 구성된다. 본 연구에서는 병렬형 링크 구조를 갖는 프론트 로더를 다루고자 한다.

프론트 로더는 작업환경의 특성상 적재물을 하역하거나 주행 중에 충격이 발생 시 부품들이 파손될 가능성이 있으므로, 신제품 개발 단계에서 안전한 구조로 설계되어야 한다. 이러한 배경 하에서 프론트 로더 제조업체에서는 개발 시제품에 대하여 낙하정지시험(drop and

*Corresponding Author : Boo-Youn Lee(Keimyung University)

Tel: +82-53-580-5922 email: bylee@kmu.ac.kr

Received July 29, 2015

Revised August 5, 2015

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

catch test), 코너당김시험(corner pull test), 코너충돌시험(corner push test)의 세 가지 충격시험을 수행하여 파손에 대한 안전성을 평가하게 된다. 따라서 프론트 로더 개발 과정에서 여러 차례 시제품을 제작하여 충격시험을 실시하는 과정을 단축하기 위하여, 유한요소해석을 통하여 충격시험 조건 하에서 발생하는 각 부품의 응력 수준과 구조적 안전성을 미리 분석 및 평가하여 설계에 반영할 필요성이 대두되고 있다.

프론트 로더에 관한 선행 연구는 대부분이 충격 저감, 동적 특성, 내구성 평가에 관한 것들이다. 지-바형 프론트 로더와 관련된 연구로서, Go 등[3]은 ADAMS를 이용하여 프론트 로더의 작업 장치부를 대상으로 실차계측을 통한 운동데이터를 이용하여 동역학 해석 모델을 구축하고 역학 해석을 수행하였으며, Pak 등[4]은 ADAMS를 이용하여 주행시물레이션을 수행하고 조인트에 발생하는 반력을 이용하여 각 부품의 설계와 내구수명 계산 연구를 제시하였다. 병렬형 프론트 로더와 관련된 연구로서, Ahn 등[5]은 적재 중 이동시 프론트 로더에 의한 충격 특성을 실험적으로 규명하여 진동 및 충격압력을 감소시키는 어큐뮬레이터(accumulator)의 최적설계를 위한 기초 데이터를 수집하고 주행 진동을 저감하기 위한 연구를 제시하였다.

본 연구에서는 병렬형 링크의 프론트 로더가 장착된 90 KW급 트랙터를 대상으로 하여, 유한요소해석 프로그램을 사용하여 세 가지의 충격시험, 즉 낙하정지시험, 코너당김시험, 코너충돌시험의 각 조건에 대하여 강체동역학(rigid body dynamics), 과도구조해석(transient structural analysis), 정적구조해석(static structural analysis)을 수행하고자 한다. 해석 결과를 검토하여 충격시험 조건에서 프론트 로더 각 부재의 안전성을 평가하고자 한다. 또한 국부적으로 응력집중이 발생하는 위치를 확인함으로써, 새로운 모델 개발 시에 구조 보강 및 개선의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 충격시험 방법

이 장에서는 프론트 로더의 충격에 관한 안전성을 검증하기 위하여 실시되는 세 가지 충격시험인 낙하정지시험, 코너당김시험, 코너충돌시험의 조건과 방법을 요약하여 기술하였다.

낙하정지시험은 Fig. 1과 같이 프론트 로더의 버킷을 수평상태로 유지하면서 최대높이에서 시작하여 위치 ①, ②, ③까지 세 단계로 나누어 최대 유압으로 낙하시킨 후 정지시켜서 충격을 가하는 시험이다. 본 연구에서 다루는 90 KW급 트랙터의 프론트 로더는 1단계 낙하정지에서는 붐 끝단의 스크류(screw)를 기준으로 최대높이 3608 mm에서 낙하시켜 높이 3108 mm(위치 ①)에서 정지, 2단계 낙하정지에서는 위치 ①에서 낙하시켜 높이 1720 mm(위치 ②)에서 정지, 3단계 낙하정지에서는 위치 ②에서 낙하시켜 높이 800 mm(위치 ③)에서 정지시키게 된다.

코너당김시험은 Fig. 2와 같이 지면으로부터 높이 300 mm에 위치한 버킷 밑면의 좌측(위치 ①) 또는 우측(위치 ②) 모서리에서 50 mm 떨어진 위치를 각각 지면에 체인으로 고정시킨 상태에서 프론트 로더를 상승시킬 때의 충격을 평가하게 된다.

코너충돌시험은 Fig. 3과 같이 버킷 밑면을 지면에서 1203 mm 높이에 수평으로 유지한 상태에서 트랙터를 8 km/h의 속도로 주행하여 버킷 좌측과 우측 모서리에 위치한 기둥 형태의 충격장애물을 각각 타격할 때 발생하는 충격을 평가하게 된다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 충격장애물과 버킷 사이의 충격 각도는 30°이다.

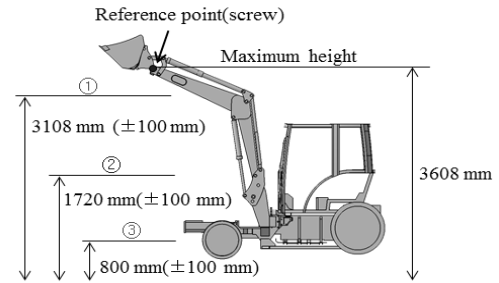


Fig. 1. Heights for drop and catch test

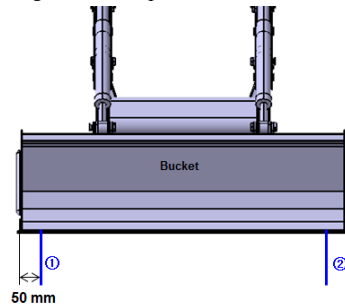


Fig. 2. Position of the chain connecting the bucket to ground for corner pull test

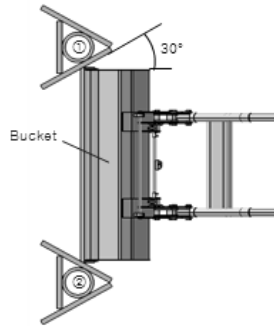
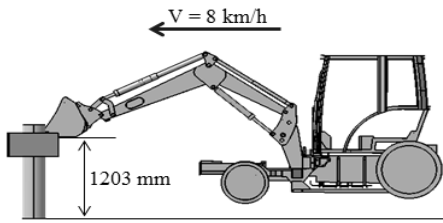


Fig. 3. Condition of corner push test

3. 트랙터의 유한요소모델

90 kW급 트랙터에 대하여 CATIA[6]를 이용하여 3차원 모델을 생성하였으며, 범용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS[7]를 이용하여 세 가지 충격시험 조건을 반영한 해석을 수행하였다. 이 장에서는 유한요소모델링 방법을 기술하였다.

본 연구에서는 프론트 로더에 가해지는 충격을 평가하는데 관심이 있으므로, 프론트 로더를 제외한 트랙터 본기는 Fig. 4와 같이 복잡한 형상을 단순화하고 강체로 모델링하였으며, 3457 kg인 트랙터 본기의 질량을 해당 무게중심좌표에 집중질량으로 적용하였다.

Fig. 5는 프론트 로더의 유한요소모델로서 버킷, 붐, 실린더, 마운트(mount) 등으로 구성되며, 마운트는 Fig. 6과 같이 SS400 재질의 철판과 STKR 재질의 사각관, SPPS의 원형관으로 구성된다. 프론트 로더의 유한요소 모델에 사용된 요소 종류는 10절점 사면체 요소 (10-nodes tetrahedron)로서 전체 형상과 크기를 고려하여 유한요소 크기를 충분히 작게 분할하였으며, 총 요소 수는 149844개이고 총 절점 수는 305774개이다. Table 1에 각 재질에 대한 물성치를 나타내었다.

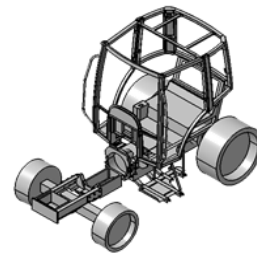


Fig. 4. Simplified model of the main body

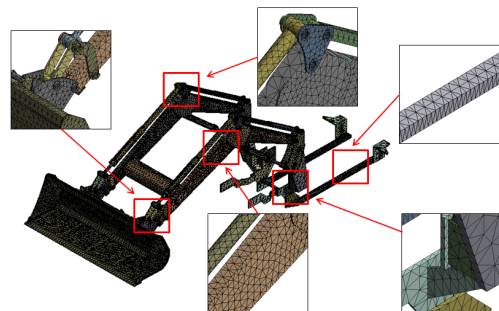
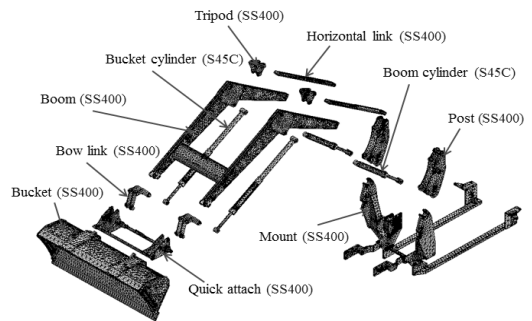


Fig. 5. Finite element model of the front loader

Table 1. Material properties

Material type	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio	Density (kg/m ³)	Yield strength (MPa)
SS400	200	0.28	7860	250
S45C	208	0.30	7840	350
STKR	201.6	0.26	7850	345
SPPS	201.6	0.26	7850	345

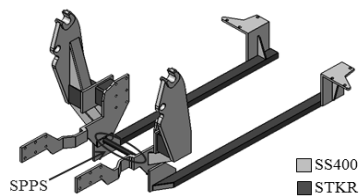


Fig. 6. Material types of the mount

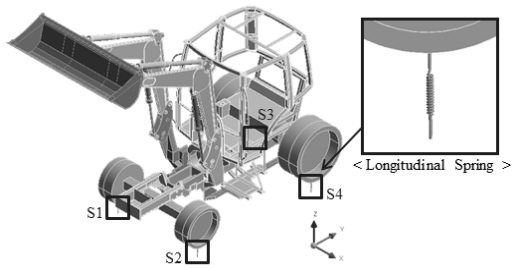


Fig. 7. Spring element for the tires

Table 2. Stiffness coefficient of spring elements for tires

Tire location	Stiffness coefficient (N/mm)
S1	314
S2	314
S3	2940
S4	2940

트랙터에 장착되는 타이어는 탄성이 크므로 충격시힘 시 타이어의 강성이 트랙터의 전체적 거동에 큰 영향을 미치게 된다. 타이어의 탄성을 고려하기 위하여 Fig. 7과 같이 지면과 타이어의 휠 사이에 총 네 개의 스프링요소를 생성하였으며, S1과 S2는 전륜타이어, S3과 S4는 후륜타이어 위치의 스프링요소를 나타낸다. 트랙터가 정지한 상태에서 각 타이어에 걸리는 반력 및 타이어 반경의 압축량을 측정하였으며, 이 반력을 압축량으로 나누어 타이어의 강성계수를 계산하였다. Table 2는 이와 같이 결정된 타이어 스프링요소의 강성계수를 나타낸다.

4. 충격해석 방법 및 해석결과

4.1 낙하정지시험 조건

낙하정지시험은 버킷 내부에 부하물을 최대로 탑재한 상태에서 실시하게 되므로 트랙터의 전면에 과도한 질량이 편중되어 트랙터의 전복이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 트랙터 후방에 밸리스트(ballast)를 장착한 상태로 낙하정지시험을 진행하게 된다. 이러한 사항들을 고려하여 Fig. 8과 같이 버킷에 1370 kg의 부하물 질량을 강제로 부여하고 밸리스트의 무게중심 위치에 2205 kg의 집중질량을 부여하였다. 또한 시험 시 버킷은 수평 상태를 유지하게 되므로 버킷 실린더의 자유도를 구속시키고, 붐 실린더 내부에는 낙하정지 조건을 고려하여 낙

하 후 해당 위치에서 정지시키는데 필요한 압력을 부여하였다.

1~3의 각 낙하정지 단계에서 프론트 로더가 낙하 후 정지하기까지의 전체 시간에 걸쳐서 과도구조해석을 수행하려면 매우 많은 해석 시간이 소요된다. 그러므로 본 연구에서는 해석 시간을 단축하기 위하여 각 단계에 대하여 먼저 강제동해석을 수행하여 낙하조건을 해석하고 이어서 과도구조해석을 수행하여 정지조건을 해석하고자 한다.

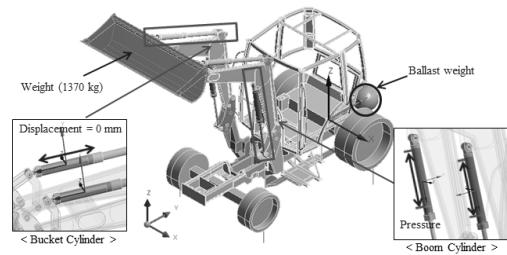


Fig. 8. Boundary condition of the front loader

Table 3. Results of velocity of the parts (before first catch) (unit: mm/s)

Parts	Vx	Vy	Vz
Bucket	-5	-238	-389
Quick attach	-5	-238	-389
Bow link	-4	-227	-336
Bucket cylinder	-5	-226	-231
Boom	-4	-186	-221
Tripod	-4	-212	-164
Boom cylinder	-2	-79	-138
Horizontal link	-3	-137	-129
Mount	0	6	-75

Table 4. Results of velocity of the parts (before second catch) (unit: mm/s)

Parts	Vx	Vy	Vz
Bucket	-2	-111	-548
Quick attach	-2	-111	-548
Bow link	-2	-107	-487
Bucket cylinder	-2	-178	-379
Boom	-2	-140	-350
Tripod	-3	-204	-306
Boom cylinder	-1	-89	-218
Horizontal link	-2	-148	-220
Mount	0	-19	-134

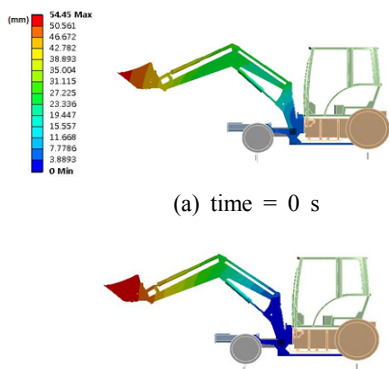
Table 5. Results of velocity of the parts (before third catch) (unit: mm/s)

Parts	Vx	Vy	Vz
Bucket	0	29	-231
Quick attach	0	29	-231
Bow link	0	20	-215
Bucket cylinder	0	-34	-171
Boom	0	-22	-153
Tripod	0	-60	-142
Boom cylinder	0	-30	-83
Horizontal link	0	-46	-90
Mount	0	-6	-42

Table 6. Spring force of tires (before second catch)

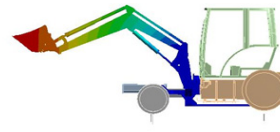
Tire location	Spring force (N)
S1	-22269
S2	-22564
S3	-11157
S4	-11376

낙하조건의 강제동해석에서는 타이어 스프링요소를 제외한 나머지 전체, 즉 트랙터 본기와 프론트 로더의 물성치를 강체로 정의하고 붐 실린더 내부에 낙하 시의 압력을 부여하여 해석을 수행하며, 해석의 결과로서 정지 직전 시간에서의 각 부품의 속도와 스프링 하중을 도출하게 된다. 정지조건의 과도구조해석에서는 본 연구의 관심 대상인 프론트 로더를 변형체(deformable body)로 설정하고, 낙하조건의 강제동해석에서 추출된 정지 직전 시간에서의 각 부품의 속도와 스프링 하중 데이터를 초기조건으로 설정하여 정지 시의 충격에 의한 과도해석을 수행하게 된다.



(a) time = 0 s

(b) time = 0.18 s



(c) time = 0.25 s

Fig. 9. Displacement distribution of the tractor (after second catch)

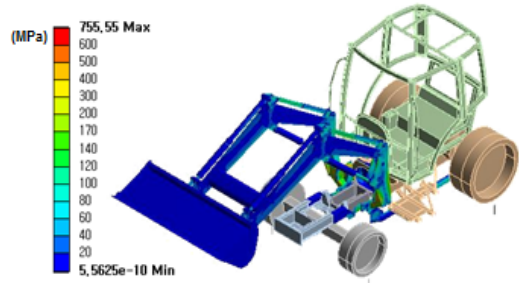


Fig. 10. Stress distribution of the tractor (after second catch)

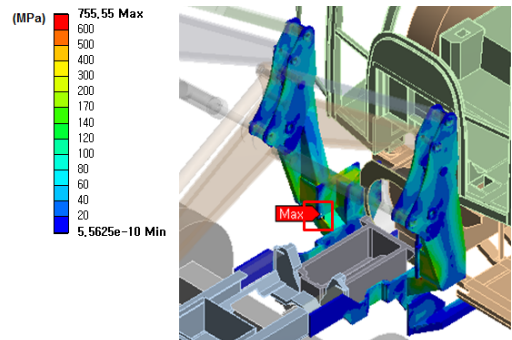


Fig. 11. Stress distribution of the mount (after second catch)

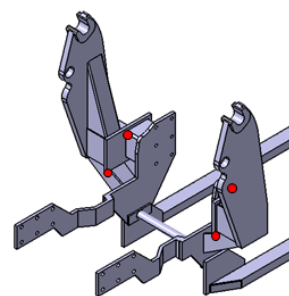


Fig. 12. Location of local stress concentration in the mount

Table 3~Table 5는 각각 1~3단계의 낙하조건의 강체 동해석 결과로서 정지 직전 시간에서의 각 부품의 속도를 나타내는데, 2단계에서의 각 부품의 속도(Table 4)가 1단계(Table 3)와 3단계(Table 5)에 비해서 가장 큰 것을 알 수 있다. 따라서 2단계의 낙하 후 정지 시의 충격이 1, 3단계에 비해서 가장 클 것이며, 따라서 응력과 변형도 2단계 낙하정지에서 가장 클 것으로 판단된다. 이를 고려하여 정지조건의 충격을 해석하는 과도구조해석은 2단계를 대상으로 실시하였다. Table 6은 2단계 낙하조건의 강체동해석 결과로서 정지 직전 시간에 타이어 스프링요소에 작용하는 압축력을 나타낸다.

2단계의 정지조건을 해석한 과도구조해석을 수행 할 때에 초기조건으로는 Table 4에 수록된 각 부품의 속도와 Table 6에 수록된 타이어의 스프링력을 사용하였다. 과도구조해석을 통하여 계산된 트랙터 전체의 변위분포를 Fig. 9에 나타내었다. 정지 시작 시간에 Fig. 9(a)와 같이 타이어의 탄성에 의하여 버킷이 하강했다가 시간이 경과하면서 Fig. 9(b), (c)와 같이 상승하는 양상을 확인할 수 있다.

과도구조해석에서 최대응력이 발생한 시간에서의 트랙터의 von Mises 응력분포를 Fig. 10에 나타내었다. 충격 시에 발생하는 최대응력은 756 MPa이며, 프론트 로더를 본기에 체결하는 부품인 마운트의 기하학적 불연속 위치에서 발생하였다. 그 외의 나머지 부위의 응력은 항복강도보다 충분히 작게 나타났다. Fig. 11은 마운트의 응력분포를 나타내는데, 사각관의 모서리와 마운트의 양쪽 꺾임 등 네 위치(Fig. 12 참조)에서만 국부적으로 항복강도를 초과하는 응력집중이 나타남을 확인할 수 있다. 이 응력집중 부위의 재질은 SS400과 STKR인 연성 재료(ductile material)로서 국부적 응력집중으로 인한 불연속 위치의 최대응력이 항복강도보다 크더라도 변형률 경화(strain hardening) 현상으로 인하여 반복적 충격이 가해지지 않는 한 파단이 발생하지는 않는 것으로 판단되며[8], 실제의 충격시험 시에도 마운트에서 파단이 발생하지 않는 것으로 확인되었다. 그러나 프론트 로더에 가해지는 충격량을 본기로 전달하는 부품인 마운트의 응력이 프론트 로더의 응력보다 큰 것은 분명하므로 신제품 개발 시에는 마운트의 강도를 강화하는 방향으로 설계하는 것이 필요하다고 판단된다.

4.2 코너당김시험 조건

코너당김시험 조건에서는 체인을 사용하여 버킷의 한 쪽 모서리를 지면과 연결한 상태에서 붐 실린더 내부의 압력을 0에서 18 MPa까지 증가시켜 버킷을 상승시키게 된다. 따라서 프론트 로더의 변형과 응력은 붐 실린더 내부에 최대압력(18 MPa)이 작용하는 순간에 가장 클 것이므로 굳이 과도구조해석이 필요하지는 않은 것으로 판단된다. 이를 고려하여 코너당김시험 조건은 정적구조해석으로 평가하였다.

체인의 특성을 고려하기 위해 Fig. 13과 같이 체인 위치에 스프링요소를 적용하였는데, 체인에 길이방향으로 인장력을 가할 때 발생하는 체인의 변형량을 이용하여 체인의 강성계수를 구하였다. 체인 스프링요소의 강성계수는 14798 N/mm이다. 체인 위치가 좌측 또는 우측 모서리인 점을 고려하여 운전석 기준으로 버킷의 우측에 체인이 연결된 상태(Fig. 2의 체인 위치: ①)의 코너당김 시험 조건에 대하여만 해석을 수행하였다.

코너당김시험 조건에 대한 트랙터 변위분포를 Fig. 14에 나타내었다. 버킷의 우측이 체인과 연결된 상태이므로 버킷의 좌측이 182 mm만큼 올라가면서 버킷에 비틀림이 발생하는 양상을 확인할 수 있다.

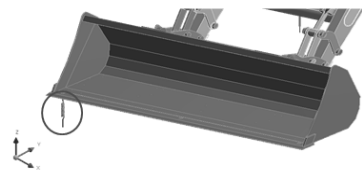


Fig. 13. Spring element for the chain

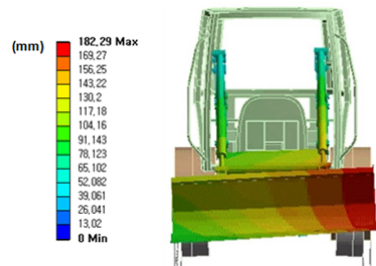


Fig. 14. Displacement distribution of the tractor (corner pull test)

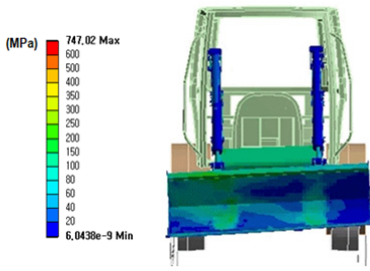


Fig. 15. Stress distribution of the tractor (corner pull test)

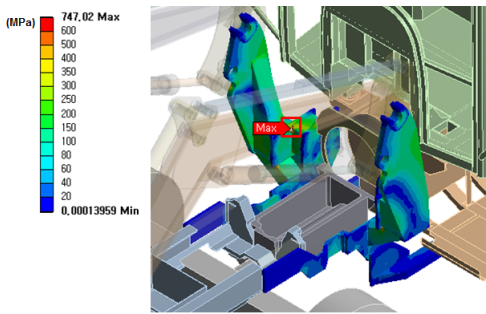


Fig. 16. Stress distribution of the mount (corner pull test)

코너당김시험 조건에 대한 해석 결과의 트랙터 von Mises 응력분포를 Fig. 15에 나타내었다. 최대응력은 747 MPa이며, 낙하정지 시와 동일하게 프론트 로더를 본기에 체결되는 부품인 마운트의 기하학적 불연속 위치 (Fig. 16 참조)에서 발생하였으며 국부적 응력집중 위치는 Fig. 12와 동일하다. 그 외의 나머지 부위에서의 응력은 항복강도보다 작으며, 특히 체인과 연결된 버켓에서의 응력도 항복강도보다 작게 나타났다.

4.3 코너충돌시험 조건

코너충돌시험 조건의 해석을 위하여 Fig. 17과 같이 충격장애물의 유한요소모델을 추가로 생성하였다. 충격장애물은 S45C 재질의 판과 SPPS 재질의 원통관으로 이루어져 있다.

충격장애물 위치의 대칭성을 고려하여 운전석 기준으로 우측에 충격장애물이 위치한 상태의 코너충돌시험 조건을 해석하였다. 충격장애물을 버켓의 우측 모서리 전방에 위치시키고 트랙터에 8 km/h의 속도를 초기조건으로 적용하여 과도구조해석을 수행하였다. 충격장애물의 충돌면과 버켓의 모서리 사이에는 무마찰(frictionless)

접촉조건을 부여하였으며, 버켓 실린더와 붐 실린더의 자유도를 구속하였다.

코너충돌시험 조건에 대한 과도구조해석 결과의 변위 분포를 Fig. 18에 나타내었다. 충돌 시작 시간에 Fig. 18(a)와 같이 버켓이 충격장애물과 접촉한 후에 시간이 경과하면서 Fig. 18(b), (c)와 같이 버켓이 충격장애물의 반대방향으로 509 mm만큼 밀리면서 프론트 로더가 비틀리는 양상을 확인할 수 있다.

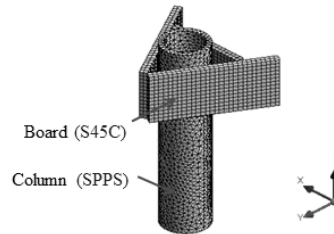


Fig. 17. FE model of the obstacle

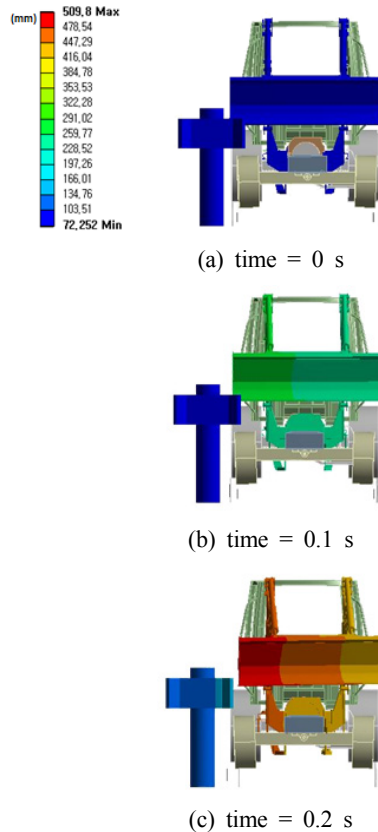


Fig. 18. Displacement distribution of the tractor (corner push test)

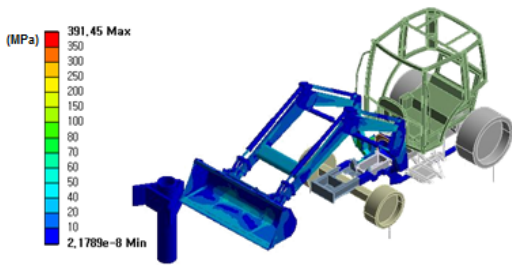


Fig. 19. Stress distribution of the tractor (corner push test)

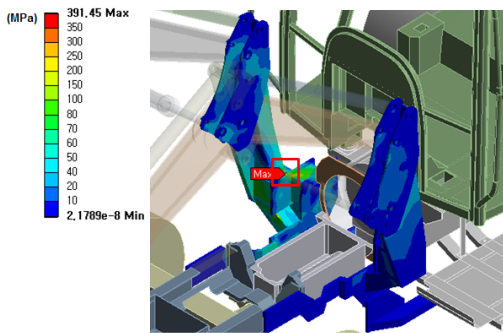


Fig. 20. Stress distribution of the mount (corner push test)

과도구조해석에서 최대응력이 발생한 시간에서의 트랙터와 충격장애물의 von Mises 응력분포를 Fig. 19에 나타내었다. 최대응력은 391 MPa이며, 낙하정지 시와 동일하게 프론트 로더를 분기에 체결되는 부품인 마운트의 기하학적 불연속 위치(Fig. 20 참조)에서 발생하였으며 국부적 응력집중 위치는 Fig. 12와 동일하다. 그 외의 나머지 부위에서의 응력은 항복강도보다 작으며, 특히 충격장애물과 직접 충돌하는 버킷에서의 응력도 항복강도보다 작게 나타났다.

5. 결론

농업용 트랙터 프론트 로더의 낙하정지시험, 코너당김시험, 코너충돌시험의 세 가지 충격시험 조건에 대하여 강체동해석, 과도구조해석, 정적구조해석 등의 유한요소해석을 수행하여 변위와 응력분포를 구하고 안전성을 평가하였다. 본 연구를 통하여 얻은 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 낙하정지시험 조건의 해석에서는 2단계 정지 직전

시간에서의 각 부품의 속도가 1단계와 3단계에 비해서 가장 큰 것으로 나타났다. 2단계의 정지조건을 해석한 과도구조해석 수행 결과, 정지 시작 시간에 타이어의 탄성에 의하여 버킷이 하강했다가 시간이 경과하면서 상승하는 양상을 확인하였으며 마운트에서 최대응력이 발생하였다.

- 2) 코너당김시험 조건의 해석에서는 체인으로 구속된 버킷 모서리의 반대측이 위로 올라가면서 버킷에 비틀림이 발생하는 변형 양상을 확인하였으며 마운트에서 최대응력이 발생하였다.
- 3) 코너충돌시험 조건의 해석에서는 버킷이 충격장애물과 접촉한 후에 시간이 경과하면서 버킷이 충격장애물의 반대방향으로 밀리면서 프론트 로더가 비틀리는 양상을 확인하였으며 마운트에서 최대응력이 발생하였다.
- 4) 세 가지 충격시험 조건에 대한 해석 결과, 모두 마운트의 사각관 모서리와 마운트의 양쪽 꺾임 위치에서 항복강도를 초과하는 응력이 국부적으로 발생하였다. 이 응력집중 부위의 재질은 연성재료이므로 선형 해석에서 구한 기하학적 불연속 위치의 국부적 응력집중은 항복강도보다 크게 나타나더라도 변형률경화 현상으로 인하여 과단이 발생하지 않는 것으로 판단된다. 그러나 프론트 로더에 가해지는 충격량을 분기로 전달하는 부품인 마운트의 응력이 프론트 로더의 응력보다 큰 것은 분명하므로 프론트 로더의 신제품 개발 시에 마운트의 강도를 강화하는 방향으로 설계하는 것이 필요하다고 판단된다. 특히 기하학적 불연속 위치에서의 국부적 응력집중이 최대한 완화되도록 마운트의 구조를 보강 및 개선하면 충격에 대한 안전성을 강화하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- [1] G. B. Kwon, D. Y. Shin, "Optimum Design of Mini Loader Using the Design of Experiment", Trans. of the KSME(A), Vol. 35, No. 6, pp. 693~699, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2011.35.6.693>
- [2] Y. H. Han, Development of the Wheel Loader Front Linkage Retaining High Breakout Force and Small Angle Change of an Attachment, MS Thesis, Seoul

National University, 2012.

- [3] K. E. Go, H. W. Kim, J. G. Bae, W. S. Yoo, "Dynamic Analysis of an Wheel Loader Manipulator by Experimental Data," Proceedings of the KSME 2004 Spring Annual Meeting, pp. 881~886, 2004.
- [4] J. Y. Pak, W. S. Yoo, H. W. Kim, J. M. Hong, K. E. Ko, "Three Dimensional Modeling and Simulation of a Wheel Loader," Proceedings of the KSME 2004 Spring Annual Meeting, pp. 870~874, 2004.
- [5] S. W. Ahn, H. J. Kim, S. S. Lee, D. S. Choi, "Study on Driving Shock Reduction of a Front End Loader by Accumulator," Trans. of the KSAM(A), Vol. 19, No. 1, pp. 91~92, 2012.
- [6] CATIA V5 R18 User's Manual, Dassault System, 2002.
- [7] ANSYS User's Manual, Revision 11.0, ANSYS Inc. 2007.
- [8] E. S. Joseph, Mechanical Engineering Design, 3rd Ed., International student edition, pp. 193~194, 1977.

임 기 수(Gi-Soo Lim)

[준회원]



- 2013년 2월 : 계명대학교 기계자동
차공학과 (공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 계명대학교
대학원 기계공학과

<관심분야>

전산응력해석, 구조설계 등

이 부 윤(Boo-Youn Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한국과학기술원 기계
공학과(공학석사)
- 1991년 8월 : 한국과학기술원 기계
공학과(공학박사)
- 1984년 3월 ~ 1998년 2월 : 두산
중공업 기술연구원 팀장
- 1998년 3월 ~ 현재 : 계명대학교
기계자동차공학과 교수

<관심분야>

최적설계, 구조설계, 전산응력해석 등