



자동 잠금 기구를 가진 컨테이너 트레일러용 트위스트락의 설계 및 해석

Design and Analysis of Twist-lock with Automatic Locking Mechanism for Container Trailer

김동현*†
 Dong-Hyun Kim*†

(Received 11 November 2019, Revision received 22 November 2019, Accepted 25 November 2019)

Abstract: Trailers carry large containers from port container terminals to various destinations. They are manually locked with twist locks on trailers as they move through short or long distances. Confirmation on the locking and unlocking of twist-locks before transportation of containers entirely depends on the trailer driver. There are instances where the container falls off trailer due to inappropriate locking or intentional unlocking. This paper suggests a new design that automatic locking mechanism is available in order to develop a better lock system for reduce the risks. In addition, the finite element analysis was conducted to identify the structural stress on each component. The improved model showed a minimum safety factor of 1.35-2.79 under the maximum load condition of usage environment. This new design can really assist in curbing such accidents like containers falling.

Key Words : Container trailer, Twist-lock, Automatic locking mechanism, Stress analysis, Finite element analysis

1. 서 론

국내 화물 총 물동량은 2015년 기준으로 연간 약 19.2억 만톤으로 조사되었으며, 그중 철도에 의한 물동량은 1.9%인데 반해 도로는 국내화물 총 물동량의 91.9%를 분담하였다. 2001년부터 2015년까지 철도를 이용한 화물수송량은 감소추세를 보인 반면 도로화물의 수송량은 2.0%의 연평균증가율로 지속적으로 증가추세를 나타내고 있다.¹⁾

화물은 그 종류뿐 아니라 크기, 무게, 모양이 매우 다양하여 이를 효율적으로 운송하려면 컨테이너를 이용하는 것이 효과적이어서 현대의 대량 화물 운송은 컨테이너 운송을 기반으로 하고 있다. 우리나라 컨테이너 물동량 역시 2011년부터 전년대비 평균 약 5.21%씩 증가하여 2018년 2,897만 TEU로 증대되었다.²⁾ 한편 우리나라 수출입화물의 99% 이상이 해상운송인 항만을 통해 처리되고 있고, 항만과 내륙간의 물류이동 대부분은 트레일러(Trailer)에 의한 도로운송으로 처리되고 있

*† 김동현(ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8461-5912>) :
 조교수, 영산대학교 자동차공학부
 E-mail : dhkim@ysu.ac.kr, Tel : 055-380-9325

*† Dong-Hyun Kim(ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8461-5912>) :
 Assistant Professor, School of Automotive Engineering,
 Youngsan University.
 E-mail : dhkim@ysu.ac.kr, Tel : 051-380-9325

어 컨테이너를 운송하는 컨테이너 트레일러의 수요는 지속적으로 증대될 것으로 예상된다.

컨테이너를 적재한 트레일러의 무게중심은 컨테이너 측으로 이동하기 때문에 컨테이너 전복에 의한 추락사고 위험이 높다. 20 ft와 40 ft 컨테이너를 적재할 수 있는 트레일러에는 컨테이너 추락을 방지하기 위한 잠금장치인 트위스트락(Twist lock)이 총 8곳에 설치되어 있다. 상용화 되어 있는 트위스트락은 운전자가 직접 잠금/해제 조작을 행하는 수동방식이다. 2012년 교통안전공단에서 실시한 컨테이너 차량 잠금장치 체결도 실태조사에서 적재물 추락방지조치 위반 트레일러의 비중이 전체차량의 약 70.4%로 조사되었다. 위반사유로는 잠금장치 고장, 수동조작방식에 기인한 운전자의 실수 또는 조작 불편에 의한 미체결이었다. 그리고 컨테이너 추락시 트레일러로부터 컨테이너가 분리될 것을 기대하고 트랙터(Tractor)와 트레일러의 전복을 피하고자 고의적으로 미체결 하는 사례가 주요문제로 지적되었다.³⁾

화물 차량에 의한 교통사고의 경우 타 차종에 비하여 치사율이 높고, 2차사고 등 교통상황에 크나큰 영향을 준다. 사고수습에 있어서도 큰 사회적 경제적 복구비용이 소모되는 것이 특징이다. 이 같은 이유로 컨테이너 추락사고 예방대책 마련의 필요성이 대두되고는 있지만, 운전자의 안전관리 인식개선 교육 프로그램 운영 강화에만 의존하고 있는 실정이다.⁴⁾

컨테이너 추락 사고를 예방하기 위해서는 운전자의 주의와 조작에 의존하지 않는 자동 체결방식의 트위스트락을 적용하는 것이 효과적인 사고방지 대책이 될 수 있다. 그러나 트위스트락에 관한 연구로는 항만 크레인 스프레드(Spreader)에 사용된 트위스트락의 파손원인 규명에 국한하고 있고, 대부분 스프레드 자체를 제어하기 위한 연구가 주류를 이루고 있다.⁵⁻⁸⁾ 또한 트레일러에 관해서는 트레일러 자체의 구조적 특성 및 경량화를 목적으로 하는 연구가 수행된 바는 있지만,^{9,10)} 트레일러용 트위스트락에 대한 연구는 수행된 적이 없다.

따라서 전량 수입에 의존하고 있는 수동조작방식의 기존 트위스트락을 국산화하고, 컨테이너 추락 사고를 방지할 수 있는 자동 체결방식의 트위스트락 개발이 요구된다.

본 논문에서는 자동 잠금뿐만 아니라 원격해제가 가능한 트위스트락 기구를 설계하고, 유한요소해석을 통해 사용 환경조건에서의 구조 강도에 대한 설계 안전성을 검토하였다.

2. 제품설계

2.1 기존제품의 구조 및 문제점

Fig. 1에 현재 사용되고 있는 대표적인 상용 트위스트락의 구조를 나타내었다. 지지 콘(Support cone)과 칼라(Collar)의 장축 직경이 일치되는 상태를 나타내고 있는 (a)는 잠금 해제 상태이며, 지지 콘이 90°회전된 (b)는 잠금 상태를 보여주고 있다. 컨테이너의 각 모서리에 위치하여 트위스트락과 체결되는 모서리쇠(Corner fitting)의 형상과 치수는 Fig. 2와 같다. 모서리쇠의 체결구가 트위스트락에

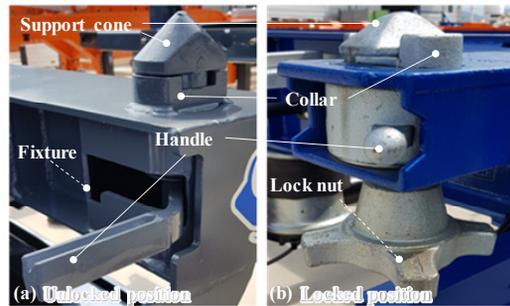


Fig. 1 Photograph of twist-lock on a rear corner of a container chassis

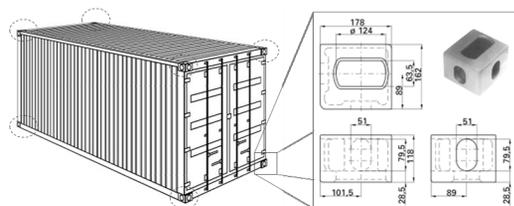


Fig. 2 A corner fitting (or casting) of a container compliant with ISO 1161

삽입되면 운전자가 지지 콘과 연결된 핸들을 90° 회전시켜 컨테이너를 트레일러에 고정하는 수동 조작방식으로 운용된다. 잠금 상태를 유지하기 위하여 Fig. 1에서 보인 잠금 너트(Lock nut) 또는 고정구(Fixture)가 사용되고 있지만, 주행시 발생하는 진동과 반복적인 사용에 의한 마모로 인하여 구속되어 있던 핸들이 회전하면서 잠금이 해제되는 구조적 문제를 가지고 있다. 이와는 반대로 잠금 해제 과정에서 지지 콘과 칼라가 정확하게 정렬하지 못하여 지지 콘의 일부분이 컨테이너 모서리쇠에 걸려 차량이 컨테이너와 함께 인양되는 사고가 발생하기도 한다.

이와 같이 잠금장치 미체결 사례인 구조적 문제로 인한 운행 중 폴립과 고의적인 잠금장치 해제 행위 및 수동조작의 불편함을 해결하고자, 컨테이너 상차시 기구적으로 자동 잠금이 가능하고 트레일러 운전자가 관심을 가지고 있는 확실한 잠금 해제가 가능한 새로운 체결방식의 트위스트 락 개발을 진행하였다.

2.2 개발제품의 구조 및 구성

Fig. 3은 본 연구에 앞서 진행한 개발연구¹¹⁾에서 도출한 디자인 개념으로 모든 구성 요소가 조립되고 트레일러에 용접 접합되는 하우징(Housing), 컨테이너 상차시에 체결 위치를 안내하는 가이드 콘(Guide cone), 컨테이너의 전복을 방지하는 2개의 후크(Hook)와 후크의 동작을 제한하는 래치

(Latch) 및 스프링으로 구성된다. 후크는 스프링에 의해 Fig. 3 (a)와 같이 항시 잠금 해제 상태를 유지한다. 컨테이너가 상차되면 모서리쇠와 접촉하는 암(Arm)은 후크를 회전시키고, 스프링력에 의해 후크에 밀어 붙여지고 있던 래치는 Fig. 3 (b)에서와 같이 후크의 고정 홈에 삽입되면서 자동 잠금되는 구조이다.

후크는 컨테이너가 트레일러에서 이탈되는 것을 구속하는 중요한 기계요소로 자동 잠금 상태에서 충분한 구조강도를 가져야 한다. 또한 운전자와 트레일러 제조사에서는 원격조작으로 확실한 잠금 해제가 가능한 구조를 요구하고 있다. 컨테이너 인양과정에서 후크의 회전중심인 Fig. 3 (b)의 'A' 위치가 하중작용선 'B'의 왼쪽에 위치할 경우, 컨테이너가 상측으로 이동할수록 후크에는 반시계 방향의 회전모멘트가 발생하여 더욱 큰 구속력으로 컨테이너를 고정하게 된다. 즉, 후크를 초기 위치로 되돌리는 스프링이 제 역할을 다하지 못하는 경우 래치가 분리되어도 트레일러에서 컨테이너는 분리되지 못하고 차량이 함께 인양되는 사고가 발생할 수 있다. 따라서 초기설계에서 후크는 Fig. 3 (b)와 같이 래치가 분리되면 구속을 해제하는 방향으로 회전모멘트가 발생되도록 회전중심을 하중작용선에서 43 mm 편측시켰다.

적정의 후크-래치 기구를 설계하고자 유한요소 해석으로 후크의 회전중심 'A'와 하중작용선 'B'의 위치에 따라 래치에 작용하는 접촉면압을 검토하였다. 또한 이를 반영한 개선제품 모델을 대상으로 컨테이너의 상·하차 및 이송과 같은 사용환경의 하중조건에서 가이드 콘-하우징 조립체 및 후크가 충분한 강도를 가지는지 설계 검토를 수행하였다.

3. 유한요소해석

3.1 모델링 및 해석조건

유한요소 해석은 솔리드웍스 2016을 사용하여 모델링하고, 솔리드웍스 시뮬레이션 2016상용해석 프로그램을 이용하여 수행하였다.^{12,13)} 해석모델에

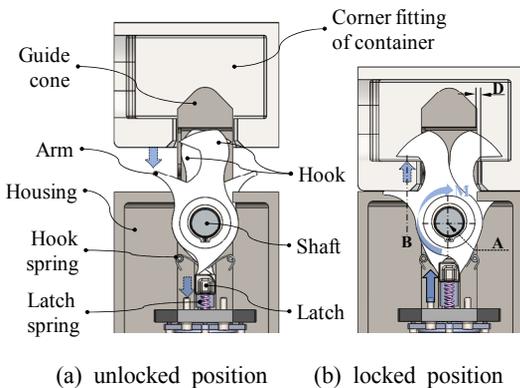


Fig. 3 Operating mechanism of automatic locking system¹¹⁾

적용된 메시(Mesh)는 포물선 사면체 솔리드 요소의 곡률 기반 메시지를 사용하였으며, 모델의 곡률에 적합한 메시 크기를 적용시켜주는 자동조정 메시 생성 기능(Adaptive mesh tool)을 사용하여 해석모델을 생성하였다. 해석결과의 정확도를 높이기 위해 해석결과가 설정된 정확도 범위에 수렴하지 않는 경우 자동으로 보다 작은 요소로 재조정하여 해석을 반복 진행하는 H-adaptive 방법을 적용하였다.¹³⁾

Fig. 4는 초기 설계모델의 후크를 대상으로 자동 메시 생성 파라미터 중에서 최소요소크기에 따른 일반해석과 H-adaptive 해석 결과를 비교한 것이다. H-adaptive 해석의 경우 해석결과가 설정

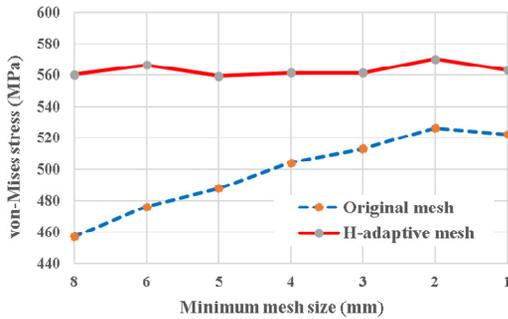


Fig. 4 Stress accuracy with h-adaptive method

Table 1 Mesh control parameters

Parameter	Value	Unit
Maximum size	10	mm
Minimum size	2	mm
Minimum number of elements in a circle	8	-
Element size growth ratio	1.6	-

Table 2 Properties of AISI4340 steel

Parameter	Value	Unit
Yield strength	710	MPa
Tensile strength	1110	MPa
Modulus of elasticity	205	MPa
Shear modulus	80	MPa
Poisson's ratio	0.32	-
Weight density	7850	kg/m ³

된 오차범위에 수렴될 때까지 요소크기를 감소시키며 반복해석이 진행되기에 초기 요소크기의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다. 해석의 반복 횟수를 줄이기 위해 일반해석에서 수렴경향을 보이며 최대응력을 도출한 2 mm의 요소크기를 최소요소크기 기준으로 하였다. 모델생성에 적용한 메시 파라미터는 Table 1과 같으며, 적용 재질은 모두 ANSI4340강으로 하였으며 해석에 적용한 재료 물성치는 Table 2에 나타내었다.

조립모델의 좌표축은 트레일러의 길이에서 후미방향을 X 축, 트레일러의 중심에서 측면방향을 Z 축, 컨테이너가 상차되는 상부 방향을 Y 축으로 하였다.

국가별로 예외 규정은 있지만 국내의 도로교통법에서 일반적으로 적용되고 있는 운행제한 총중량 기준은 적재된 컨테이너와 트랙터 및 트레일러의 총중량을 40톤 미만으로 제한하고 있다.¹⁴⁾ 국제표준화기구의 표준에 의하면 40 ft 컨테이너의 경우 적재화물을 포함한 컨테이너의 최대중량을 30톤으로 규정하고 있다. 이러한 제한조건을 고려하여 트레일러는 3~6톤, 대형트랙터는 8~10톤 중량으로 제작되고 있다.

컨테이너는 트레일러에 안착되어 운송되기에 운송 중에는 트윈스트락의 상하방향으로 작용하는 대규모의 하중은 없을 것으로 사료되며, 충돌사고와 같은 급정지와 원심력에 의한 컨테이너 쏠림으로 발생하는 X 축과 Z 축 방향의 횡하중은 가이드 콘이 지지하게 된다. ‘국제일반화물컨테이너’에 관한 한국산업표준¹⁵⁾에서는 컨테이너 수송 중의 동적부하조건을 길이방향에 대해서는 2 g, 컨테이너의 측벽 방향으로는 선박수송을 고려한 0.6 g에 대한 시험조건을 제시하고 있어, 컨테이너 최대중량인 30 톤에 대한 개별 가이드 콘의 X 축 방향 하중은 147.10 kN을 적용하였고, Z 축 방향으로는 44.13 kN을 적용하였다. 또한 컨테이너의 하방향 부하시험은 컨테이너 최대중량의 2배가 되도록 적재한 후, 4 개의 모서리쇠를 이용하여 달아 올리는 시험을 제시하고 있다. 이 경우 각각의 트윈스트락은 15톤의 하중이 작용하게 된다. Y 축 하방향(이하 -Y 방향) 하중의 작용은 컨

테이너가 트위스트락에 안착하지 못하고 걸처지는 경우로 가이드 콘의 상부중심에 147.1 kN이 작용하는 것으로 적용하였다. Y축 상방향(이하 Y 방향) 하중에 대해서는 자동차 부하 계산 기준에 따라 0.5 g의 시험조건을 제시하고 있어 15톤의 하중이 적용된다. 그러나 컨테이너 인양과정에서 컨테이너와 분리되지 못한 차량이 함께 인양되는 경우, 트레일러를 포함한 트랙터의 총 차량중량인 16톤이 후크에 작용할 것이다. 따라서 4개의 트위스트락에 쌍으로 구성되는 각각의 후크에는 Y 방향으로 19.62 kN의 하중조건을 적용하였다.

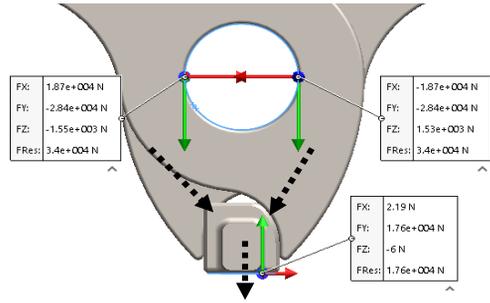


Fig. 5 Distribution of reaction force at latch

3.2 후크의 강도와 래치 접촉력 해석결과

컨테이너 인양 시 트레일러가 함께 인양되는 경우를 고려한 후크-래치 조립체 모델의 해석을 위한 경계조건으로 축의 양단은 고정핀지로 연결하고 래치와의 접촉면은 '관통 없음' 접촉세트를 구성하였다. 래치의 바닥면은 고정구속조건을 적용하였고 컨테이너 모서리쇠와 접촉하는 면적만큼 후크의 접촉면에 19.62 kN을 적용하였다.

유한요소해석 결과로부터 후크의 보스와 래치의 바닥면에서 발생하는 반력은 Fig. 5와 같이 확인되었다. 축은 34 kN의 굽힘 하중이 작용하고, 후크와 접촉하는 래치 면은 원호로 되어 있어 후크의 회전을 구속하는 래치는 아래방향으로 17.6 kN이 작용한다. 이로부터 자동해제 동작을 수행할 수 있음이 확인된 반면 소형 액추에이터로 래치가 후크에서 밀려나가는 힘을 제어하기에는 한계가 있음을 알 수 있었다.

실제 적용이 가능한 소형 래치 제어 기구설계를 위해 Fig. 6과 같이 후크-래치 조립체 모델을 대상으로 축 중심과 하중작용선 간의 거리 'C'를 0~43 mm 범위로 조정하여 후크와 래치 접촉부의 접촉면압을 검토하였다. 회전중심 위치에 따른 후크-래치 조립체의 von-Mises 응력과 축 및 래치에서의 접촉압력에 대한 해석결과를 Fig. 7에 나타내었다. 조립체의 최대 von-Mises 응력은 축 위치와는 상관없이 모서리쇠와 체결되는 후크에서 발생하였으며, 최대 570 MPa에서 최소값은 5.53% 수준으로 유사한 경향을 보였고 최소안전계수는

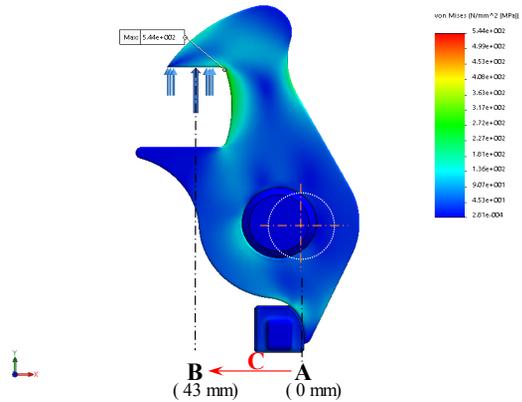


Fig. 6 Analysis result of the hook with C=7 mm

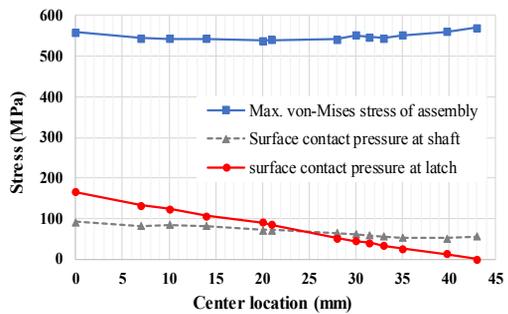


Fig. 7 Contact pressure and von-Mises stress for each center location

약 1.25로 나타났다. 축 중심이 하중작용선과 일치 되는 'C=43 mm' 근처로 가까워질수록 축-후크의 접촉압력 및 래치-후크의 접촉압력은 감소하는 경향을 보였다. 특히 'C=43 mm' 에서는 래치에 발생하는 접촉압력이 소실되는 것을 확인할

수 있었다. 이는 하중 작용선과 회전중심 간의 거리인 모멘트 팔에 비례하여 생성되던 회전 모멘트가 하중 작용선에 가까워질수록 감소하고, 결국 하중작용선에 회전중심이 위치하면 회전 모멘트는 없어지고 후크에는 인장하중만이 작용하기 때문에 래치 접촉면은 분리되어 접촉력이 소실된 것으로 판단된다. 따라서 후크의 축 중심을 하중 작용선 근처로 이동시키는 것이 래치제어기구 소형화에 이점이 있음이 확인되어 설계제한 조건을 반영한 후크-래치기구의 설계변경을 진행하였다.

4. 설계 개선 및 구조안전성 분석

4.1 설계 변경

설계 변경된 개선제품의 구성도는 Fig. 8과 같다. 설계 변경과정에서 기존의 후크 형상을 유지하면서 회전중심을 하중작용선에 일치시킬 경우 하우징과 간섭이 발생하였다. 부품 간 간섭을 해소하면서 후크의 축 체결부위에 충분한 강도를 확보하기 위해 암(Arm) 하단부는 직선으로 변경하였다. 또한 축 직경은 Fig. 7에서 도출된 최소 축 접촉면압 수준을 유지하면서 변경 가능한 최대치수인 5 mm를 감소시켰다. Fig. 6에서 보인 것과 같이 최대응력이 발생하는 모서리는 응력집중을 분산하기 위해 필렛(Fillet) 반경을 3 mm에서 모서리최와의 간섭을 피하면서 적용 가능한 최대치수인 5 mm로 증대하였다.

하중작용선에 회전중심이 일치할 경우 후크는 회전 모멘트가 제거되어 축과 래치에 작용하는 부하가 감소되는 이점이 있었다. 그러나 비정상적인 체결로 인해 모서리쇠가 후크를 Y방향으로 밀어 붙이는 끼임이 발생할 경우 스프링력만으로 후크를 잠금 해제 상태로 되돌리는 것이 곤란하게 된다. 비정상적인 체결은 변형된 컨테이너를 적재한 경우, 또는 요철이 있는 지형에 트레일러가 정차할 경우 트레일러 프레임이 비틀림 변형되어 발생된다. 이와 같은 후크 끼임 등의 상황에 대응할 수 있게 직선운동으로 구상된 래치의 초기 설계를 Fig. 8에서와 같이 회전 방식으로 구조를 변경하였다.

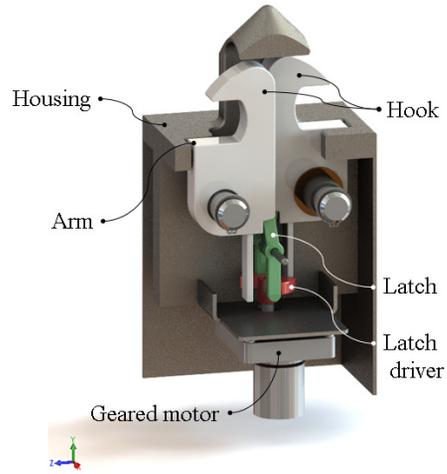


Fig. 8 Overall configuration of design concept

가이드 콘과 하우징에서도 응력 집중을 보이는 모서리는 2~6.5 mm의 필렛 처리를 하였으며, 급격하게 단면이 변하는 부분은 곡면으로 수정하였다.

4.2 개선 후크와 래치의 해석결과

모서리쇠는 트윈스트락과의 원활한 체결을 위해 Fig. 3 (b)의 'D'와 같은 6.5 mm의 최대 틈새가 존재한다. 이로 인해 하중작용선과 후크의 회전중심을 일치시켜도 컨테이너가 한 축으로 치우치는 경우, 후크의 회전중심과 하중작용면의 도심 간에는 3.25 mm의 간격이 생겨 회전 모멘트가 발생하게 된다. 최대틈새 6.5 mm로 컨테이너가 체결된 상태에서 차량이 함께 인양되는 경우를 가정한 해석결과를 Fig. 9에 나타내었다. 초기 모델에서 응력이 집중되었던 모서리는 필렛 반경 증대로 최대응력이 18.75% 감소한 455 MPa로 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 이때의 최소안전계수는 1.56을 나타내었다.

컨테이너 모서리쇠 체결구와 가이드 콘의 틈새로 인한 하중작용 영역의 변화에 따른 해석결과를 Fig. 10에 도시하였다. 컨테이너 인양시 후크가 분리되지 못할 경우 405~455 MPa 범위의 von-Mises 응력이 발생될 수 있으며, 래치와 후크의 접촉면에는 최대 80.6 MPa의 접촉면압이 발생함을 알 수 있다. 이때 래치 접촉면에 수직한 방향

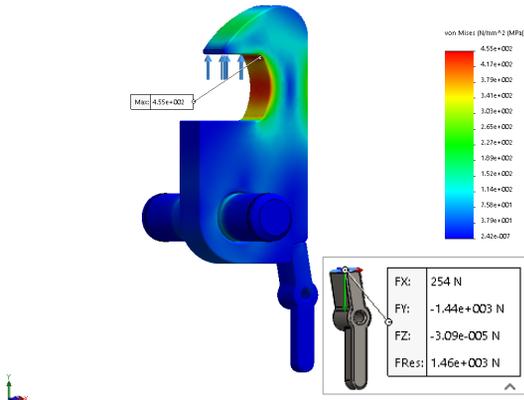


Fig. 9 Analysis result of the hook and latch assembly with maximum allowance

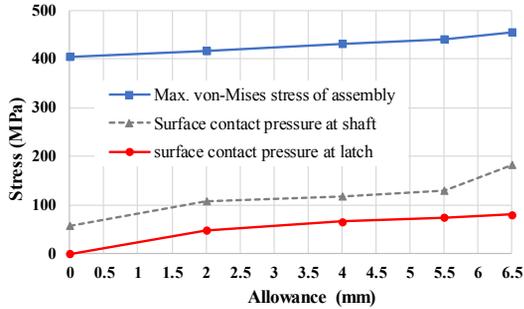


Fig. 10 Contact pressure and von-Mises stress for each allowance

으로 작용하는 최대 압축력은 Fig. 9에서 보인 것과 같이 1.46 kN으로 초기 모델의 래치에서 생성되는 -Y방향 반력의 약 8.30% 수준으로 현격하게 감소된 하중이 작용되도록 개선되었다. DC 24V, 11.15 Nm 용량의 기어드 모터를 적용하여 래치 제어 기구를 소형화 하는 것이 가능함을 확인하였다.

4.3 가이드 콘과 하우징 조립체의 해석결과

운송중 급정지 또는 충돌사고로 컨테이너가 트레일러 앞으로 쏠리는 경우를 가정한 -X방향 하중이 작용하는 경우의 해석결과를 Fig. 11에 보였다. 최대 응력은 가이드 콘과 하우징의 접합모서리에서 526 MPa이 발생하였으며, 용접 필렛부 이외에는 1.35 이상의 안전율을 보였다.

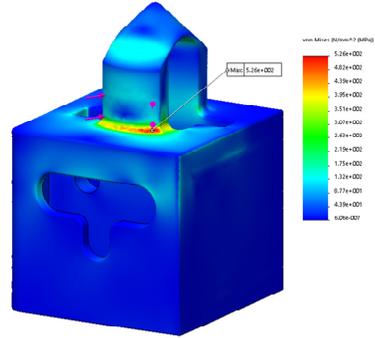


Fig. 11 Analysis result of the guide cone and housing assembly with the load in -X direction

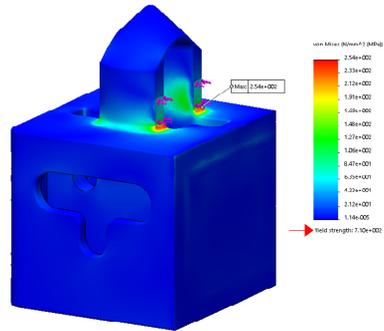


Fig. 12 Analysis result of the guide cone and housing assembly with the load in Z direction

트레일러의 횡방향인 Z축 방향에 대한 해석결과는 Fig. 12와 같으며, 최대응력은 254 MPa로 -X방향 하중작용의 경우와 같이 가이드 콘과 하우징의 접합부에서 최대응력이 발생하였다. 컨테이너가 가이드 콘에 걸치는 상황을 고려한 -Y방향 하중에 대한 해석결과는 Fig. 13과 같으며, 최대응력은 3.63 GPa로 항복응력 대비 약 5배 이상으로 높게 도출되었다. Fig. 13의 좌측상부에 항복강도 이상의 응력을 나타내는 요소만을 선별하여 도시하였다. 재료의 항복강도 이상의 응력을 도출한 요소는 가이드 콘 선단에 국한되고 있으며, 반경 5.3 mm의 구 형상 경계면에서 국지적인 피크 응력

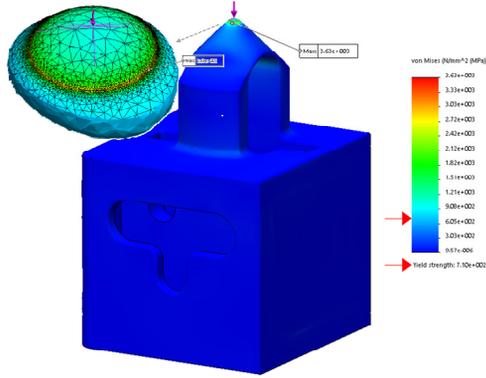


Fig. 13 Stress distribution at the guide cone and housing assembly with the load in -Y direction

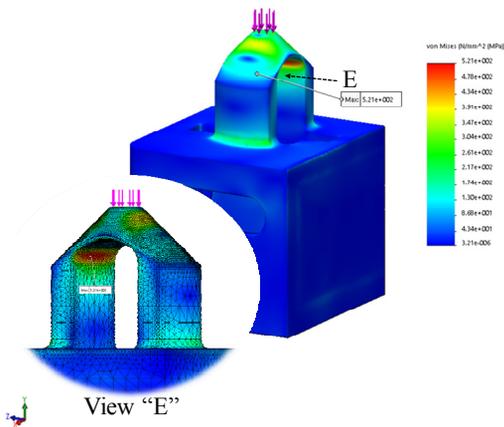


Fig. 14 Analysis result of the guide cone and housing assembly with removed stress singularities for -Y direction load

값을 보여주고 있다. 이는 모든 하중이 가이드 콘 선단의 한 점에 작용하면서 요소 크기가 작아질 수록 유한요소해석 결과는 수렴하지 않고 무한대로 발산하는 응력 특이점(Stress singularity)에 의한 결과로 판단된다. 실제로 가이드 콘 선단은 외부 충격을 받게 되면 일정 수준이하로 변형이 될 것이며 변형 후에는 외력이 면압으로 작용할 것이다. 변형후의 -Y방향 하중에 대한 응력 분포 경향을 확인하고자 가이드 콘 선단에서 응력 특이

점 현상을 보이는 반경보다 큰 7.5 mm까지를 제거하여 면압이 작용할 수 있게 한 모델에서의 해석결과를 Fig. 14에 나타내었다. 국지적인 피크 응력은 없어지고 전반적으로 가이드 콘에 균일한 응력이 발생하고 있으며, 가이드 콘 내부 필렛에 521 MPa의 최대응력이 발생하여 안전율은 1.36으로 확인되었다. 이상의 결과로부터 설계 개선된 모델은 사용 환경별 최대 작용하중에 대해 항복강도 이하에서 사용이 가능함을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

컨테이너가 트레일러에서 추락하는 사고를 방지하기 위한 목적으로 자동체결 방식의 트위스트랙을 개발하였다.

초기설계 모델에 대한 유한요소해석 결과로부터 후크의 회전을 구속하는 래치에는 최대 17.6 kN의 하중이 잠금을 해제하는 방향으로 작용함을 확인할 수 있었다. 또한 후크의 회전중심이 하중 작용선과 일치할 때 축과 래치에서 발생하는 응력이 최소화되는 것을 확인하였다.

후크의 회전중심을 하중작용선에 위치시키고, 초기모델에서 응력이 집중되었던 모서리의 필렛 치수를 증대시키는 설계변경을 수행하였다. 개선된 설계모델의 개별부품들은 사용 환경의 하중조건에서 최소 안전계수 1.35~2.79를 나타내어 항복강도 이하에서 사용할 수 있는 구조적 안전성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 컨테이너 모서리쇠와 트위스트랙의 체결 틈새로 인하여 설계 변경된 후크에는 405~455 MPa 범위의 최대 von-Mises 응력이 발생될 수 있음을 알 수 있었다. 래치 접촉면은 초기모델의 약 8.3% 수준으로 현격하게 감소된 접촉하중이 발생되도록 설계가 개선된 것을 확인하였다.

후 기

본 연구는 중소벤처기업부에서 지원하는 2018년도 산학연협력 기술개발사업(S2685438)의 연구 수행 결과물입니다.

References

1. J. Y. Lee, 2017, "A research on the present status of rail logistics industry - Final report", MOLIT, pp. 9-12.
2. K-indicator, 2019, "The Status of container cargo throughput", <http://www.index.go.kr/main.do> (accessed Oct.03,2019)
3. N. H. Seob, 2012, "Uncoupled container of trailers can be very dangerous weapons", The asia business daily, <https://www.asiae.co.kr/article/2012122713504055663> (accessed Oct.03,2019)
4. J. S. Lee, S. J. Jeong, C. S. Lee, J and S. Heo, 2015, "A study on plans for preventive measures in reducing commercial truck crashes", Basic research report of the korea transport institute, RR-15-03, pp. 21-34
5. D. W. Lee, J. K. Kim and K. H. Lee, 2009, "Failure Analysis of Twist Lock Pin", Proceedings of the KSMPE autumn conference, pp. 117-118.
6. D. S. Han and G. J. Han, 2009, "Shape Design of the U-Type Wedge of the Rail Clamp for a Container Crane", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 13, No. 6, pp. 117-122.
7. J. K. Son, S. J. Kwon and H. S. Park, 2003, "A Design of Anti-sway Controller for Container Crane", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 51-59.
8. Y. B. Kim, H. Kawai, Y. W. choi, K. S. Lee and G. H. Chae, 2007, "Measurement and Control of Swing Motion Using Image Sensor", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 11, No. 4, pp. 103-108.
9. J. Y. Kim, H. S. Kim and J. G. Kim, 2009, "Multi-flexible Body Dynamic Analysis of a Heavy Trailer Vehicle Passing a Bump", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 13, No. 5, pp. 40-45.
10. J. G. Kim, J. Y. Kim and H. H. Yoon, 2011, "Durability Evaluation of a Lightweight 40-foot Container Trailer", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 15, No. 4, pp. 31-36.
(<http://dx.doi.org/10.9726/kspse.2011.15.4.031>)
11. D. H. Kim, 2019, "Structural Design of an automatic container fixing device for container chassis", Journal Of Auto-Vehicle Safety Association, "Under review".
12. Dassault systemes se, Solidworks, 2016, <https://www.solidworks.com/product/solidworks-3d-cad>.
13. Dassault systemes se, Solidworks simulation, 2016, <https://www.solidworks.com/product/solidworks-simulation>.
14. H. S. Park, 2014, "A study on development of calculation method system of operation permit weight for bridges", MOLIT, Final report for policy research, pp. 53-138.
15. Korea agency for technology and standards, 2018, "General cargo containers for international purpose", Korean Industrial Standards, KSTISO 1496-1.