

고속버스용 휠체어 탑승 전용 승강구 개조부 연구

이용우*, 하성용
신한대학교 기계자동차융합공학과

A study of express bus entrance system for wheelchair users

Yong-Woo Lee*, Sung-Yong Ha

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Shinhan University

요약 우리나라는 고령화 사회로 급속하게 진입함에 따라 휠체어 사용 교통약자는 지속적으로 증가하고 있다. 그러나, 휠체어를 사용하는 교통약자가 고속버스를 이용하는 것은 거의 불가능하다. 따라서, 휠체어 사용자의 이동권 확보를 위한 고속버스의 개발이 필요하다. 이러한 휠체어 사용자를 위한 버스는 측면부에 휠체어 승객이 자유롭게 이동할 수 있는 전용 출입구, 휠체어 승객을 차실로 안전하게 이동시킬 수 있는 리프트 및 공간 활용성을 고려하여 휠체어 사용자가 탑승하지 않는 경우 일반 좌석으로 사용할 수 있는 가변 좌석의 개발이 필수적이다. 고속버스용 휠체어 전용 출입구의 개발은 기존 고속버스 차량에 대한 설계 변경, 개조 및 프레임 보강을 필요로 한다. 본 연구에서는 휠체어 사용자를 위한 승강구 시스템 개조부 설계와 유한 요소 모델을 이용한 구조 건전성을 평가하였다. 구조 해석을 통해 비틀림 강성 및 고유 모드 해석이 수행되었으며, 개조부 프레임에 대한 민감도 평가를 수행하고 개조부에 대한 최적화를 통해 경량화를 수행하였다. 휠체어 출입구 개조부에 대한 본 연구결과는 차량 개조 및 복지산업에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract In the rapidly aging society, the number of wheelchair users is increasing steadily. On the other hand, it is almost impossible for a disabled person using a wheelchair to use express buses. Therefore, it is necessary to develop an express bus that can secure the rights of wheelchair users. For these special types of express buses, it is required to develop a special entrance and lift system. The development of a wheelchair entrance system for the express buses requires design modification, retrofit, and reinforcement of the bus frame. This study evaluated the structural integrity of an entrance system for wheelchair users using a finite element method. Torsional stiffness and modal analysis were performed through structural analysis. Through sensitivity analysis, optimization was performed to reduce the weight of the frame. These results on the wheelchair entrance system are expected to be utilized in the vehicle modification and welfare industries.

Keywords : Express Bus, Finite Element Analysis, Sensitivity Analysis, Stiffness Analysis, Wheelchair User

1. 서론

우리나라는 급격히 노령화 사회에 진입함에 따라 고령인구의 증가가 지속적으로 늘어나고 있다. 2014년 기준 고령인구비율이 기준 인구의 11%를 넘고 있으며, 지속적인 증가세로 2026년 20.8% 이상으로 증가할 것으로 예상되고 있다. 또한, 장애 인구는 전체 인구의 4.9

%이며, 이들 중 65세 이상의 고령 인구는 41.42%를 차지하고 있다. 이러한 장애 인구 중 휠체어를 사용하는 인구는 62.02%로 매우 높은 비중을 차지하고 있다[1]. 그러나, 이러한 휠체어 이용 장애 인구의 증가에도 불구하고 대중교통의 서비스의 제한으로 인하여 휠체어 사용 장애인은 저상 버스를 제외한 고속버스의 이용한 이동은 거의 불가능한 실정이다. 이러한 이동권의 제한으로 사

본 논문은 본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(19TLRP-B129286-03)에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Yong-Woo Lee(Shinhan Univ.)

Tel: +82-31-870-3693 email: ywlee@shinhan.ac.kr

Received November 6, 2018

Revised February 12, 2019

Accepted April 5, 2019

Published April 30, 2019

회·경제적 활동이 위축되어 장애인들의 삶의 질이 저하되고 있는 실정이다. 이에 따라, 국가인권위원회는 “장애인차별 금지 및 권리구제 등에 관한 법률”, “교통약자의 이동편의 증진법”, “장애인의 권리에 관한 협약”, “장애인 복지법” 등에 규정된 교통약자의 이동권에 대한 의무를 국가가 충실히 이행하지 않은 것으로 판단하고, 휠체어 사용자 등의 장애인이 고속버스를 안전하고 편리하게 이용할 수 있도록 관계 기관에 정책을 수립하여 이행할 것을 권고하였다. 또한, 장애인 단체에서는 교통약자의 시외 이동권에 대한 소송과 시외 접근권을 보장을 요구하는 집회를 지속적으로 개최하는 등 장애인의 복지에 대한 사회문제로 부각되고 있어 휠체어 탑승 가능 고속버스 개조차량의 도입 필요성이 이슈화 되고 있다[2]. 이에 국회는 2018년 1월 “교통약자의 이동편의 증진법” 개정을 통해 휠체어 사용자를 위한 탑승 설비를 갖춘 고속버스의 도입을 위한 제도적 기반을 수립하였으나, 낮은 휠체어 사용자 이용률, 휠체어 탑승을 위한 차량 개조 비용, 운용 비용, 안전 등의 문제로 도입에 대한 어려움이 있다. 또한, 장애인의 이동권을 지원하기 위한 차량은 시장 규모의 한계로 인하여 대규모 제작보다는 소량 다품종 차량을 중소기업에서 개발하여 수급하는 이유로 독자적인 연구개발을 통한 경쟁력 있는 고유 기술을 확보하기 어려운 실정이다. 따라서 “교통약자의 이동편의 증진법” 법령의 준수 및 장애인의 삶의 질 제고를 위한 이동 편의 증진 및 고유 기술의 확보를 통한 신뢰성 향상을 바탕으로 휠체어 탑승 가능 고속 버스에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 휠체어 사용자 탑승 가능 고속/시외 버스 개발을 위한 개조기술 연구 중 국내 고속버스 이용 환경 및 국내 표준 휠체어 승강장치에 적합한 휠체어 탑승 전용 승강구에 대한 개조부 설계 및 해석적 평가를 수행하였다.

2. 본론

2.1 승강구 설계

기존의 고속버스의 전용 승강구는 Fig. 1 (a)와 같은 힌지 여단이 개폐형으로 비교적 구조가 단순하며 제작이 용이한 장점이 있으나, 차량 주행시 기밀성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 도어 개폐시 이를 고정하기 위한 외

부 돌출 장치에 따라 심미성이 떨어지고 도어 개방시 적재함의 동시 사용이 불가능한 단점 또한 가지고 있다. 기존의 개조 차량은 도어 설치를 위한 절단부의 별도의 프레임의 보강 없이 설계되어 구조적으로 성능이 저하될 수 있는 취약점을 가지고 있다. 반면 Fig. 1 (b)와 같은 글라이딩 타입의 도어는 두께의 제약이 적으며, 기밀성이 높은 장점을 가지나 힌지 여단이형 도어에 비해 복잡한 구동 메커니즘을 가지는 단점을 지니고 있다. 본 연구에서는 글라이딩 구동 방식의 도어를 기반으로 설계를 수행하고 이에 따른 개조부 프레임에 대한 보강 설계를 수행하였다.

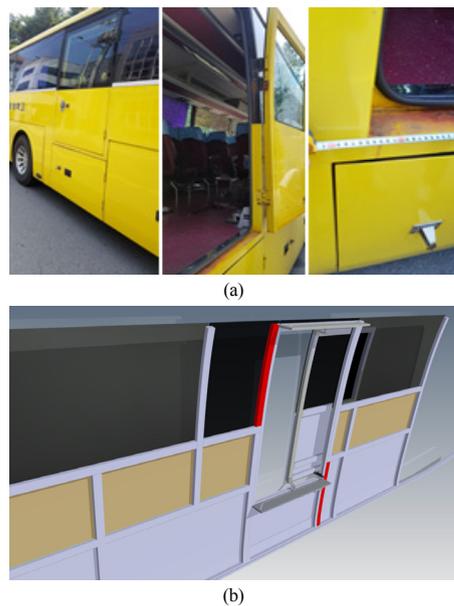


Fig. 1. Door types
(a) Hinge type (b) Gliding type

구조물의 설계를 위하여 기존 차량의 프레임 개조 대상부에 대한 역설계를 수행하여 3D CAD 모델링을 구성하여 구조 검토를 수행하였다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 승강구의 설치 위치는 2번 필라에서 3번 필라 사이 화물칸 1개소와 창유리 1장 이내의 면적 활용하고 개조 이전 버스 프레임의 수정을 최소화하여 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 하였다. 또한 승강구는 국내외 시판중인 수동 및 전동휠체어의 사양 및 휠체어 리프트의 제원 [3] 및 해외 규정인 FMVSS Part 571.403(Platform lift systems for motor vehicle)[4]을 준용하여 설계를 수행하였다. 도어는 차종에 따라 상이한 측면 곡률에 대하여

가변적으로 적용이 가능할 수 있는 구조로 설계를 수행하였으며, 보강 프레임은 도어 및 구조부의 작동성을 고려하여 설계되었다. 차량 보강프레임은 기존 프레임과의 접합성 및 도어 장착을 위한 개조부에 따른 강성 저하를 최소화하기 위하여 기존 프레임과 같은 단면으로 연결구조가 이어질 수 있도록 설계를 수행하였다.

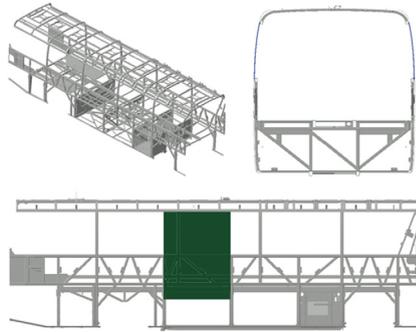


Fig. 2. Structure model of bus for wheelchair users

2.2 유한요소 모델링

설계안에 대하여 검증 및 최적화를 수행하기 위해 유한요소 모델링을 수행하였다. 성능 평가 비교를 위하여 차체 개조 이전 모델, 측면 개구부 제거 모델 및 휠체어 탑승 전용 승강구 설계안에 대한 모델링을 수행한 후 각각에 대한 해석을 비교하였다. 성능 평가 지표로 임승규 등[5]의 차체 비틀림에 대한 강성 조건과 W. Shi 등[6]과 F. Lan 등[7]의 연구에서와 같이 고유 모드별 진동수를 기준으로 평가를 수행하였다. 차량의 모델링은 신재호 등[8]의 연구에서 버스 전복안전성 평가 방법을 통해 Partial BIW(Body in White)는 Full BIW와 상관도가 거의 일치함을 확인하였다. 이에 따라 본 연구에서는 유효성을 확인한 Partial BIW에 대해 수행하였다. Fig. 3의 유한요소 모델에서 볼 수 있듯이 개조 전후 및 보강 여부에 대한 영향도를 평가하기 위하여 개조 이전 모델, 개조를 위해 측면 프레임 및 패널 제거 모델과 보강을 수행한 개조 모델의 3가지 조건에 대한 평가를 수행하였다.

개조 이전 모델은 절점 359,874개, 요소 367,214개, 개조를 위해 측면부 패널을 제거한 모델의 경우 절점 314,172개 323,624개로 구성되었으며, 설계안에 따라 개조된 모델은 절점 379,266개, 요소 385,032개로 모델링하였으며, 해석은 ABAQUS를 이용하여 수행되었다.

해석에 사용된 steel의 물성은 탄성계수 206 GPa, 프와송비 0.3, 밀도 7.8×10^{-6} kg/mm³이다. 비틀림 강성 해석은 Fig. 4에서와 같이 프레임의 후방 하단부의 변위고정 후 전방부에 비틀림 하중 200 kgf·m를 부여하여, 하중에 대한 비틀림 각을 비교하여 평가를 수행하였다. 또한, 고유 모드별 진동수는 버스프레임에 나타나는 비틀림 모드(Torsional Mode)와 브리딩 모드(Breathing Mode)에 대한 비교를 수행하였다.

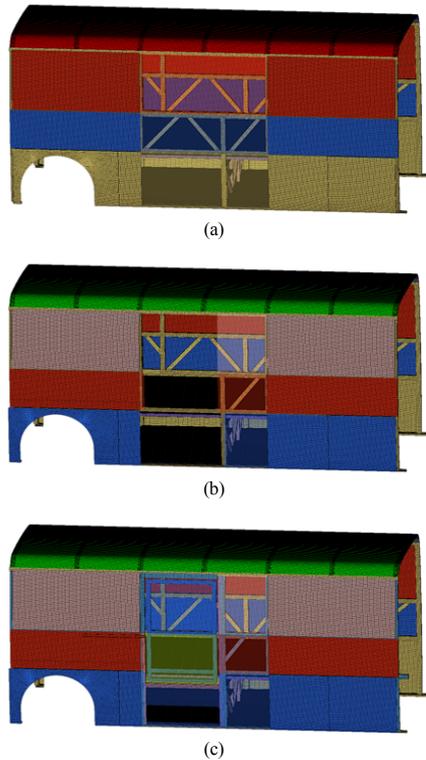


Fig. 3. Finite element models
(a) Base (b) Side Part removal
(c) After modification

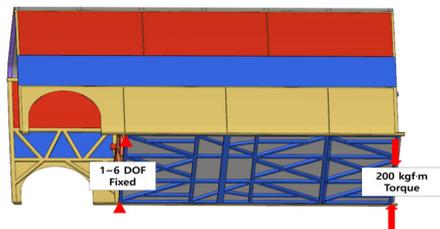


Fig. 4. Boundary condition of torsional stiffness analysis

2.3 유한요소 해석 결과

2.3.1 비틀림 강성

비틀림 강성 해석 결과 각각의 변위 형상은 Fig. 5와 같이 개조 이전 프레임은 z방향 최대 변위가 2.745 mm로 나타났으며, 개조를 위하여 측면 프레임을 제거한 모델은 2.969 mm로 가장 크게 나타났으며, 개조를 위해 보강한 프레임은 2.111 mm로 가장 낮게 나타났다. 개조를 위하여 측면 프레임을 제거한 모델은 국부 강성 저하로 인하여 변위가 상대적으로 크게 나타남을 볼 수 있었다.

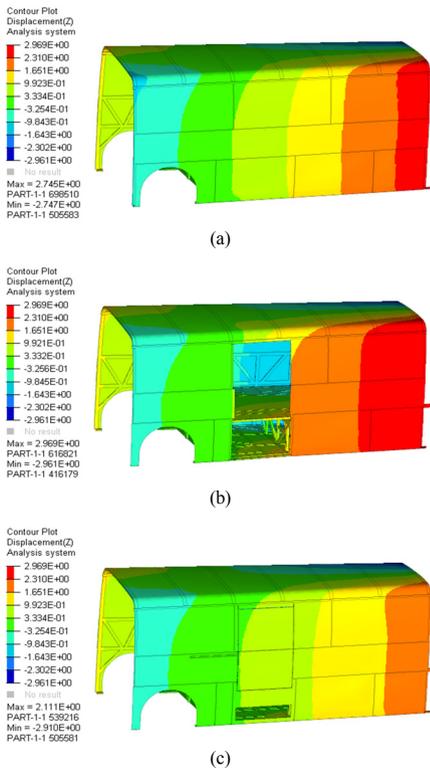


Fig. 5. Displacement contour of torsional stiffness analysis
(a) Base (b) Side Part removal
(c) After modification

Table 1에서와 같이 개조 이전 프레임은 1.97×10^3 kgf-m/rad로 평가되었으며, 개조를 위하여 측면 프레임 및 패널을 제거한 모델의 경우 1.80×10^3 kgf-m/rad로 나타났다. 해석 결과에서 측면 프레임 및 패널을 제거한 경우 개조 이전의 프레임 대비 8.63 %의 비틀림 강성 저하가 나타남을 알 수 있었다. 이는 측면 개구부에 의한 국부강성 저하로 인한 것으로 판단되었다. 휠체어 탑승 전용 도어 및 프레임의 보강을 수행한 모델의 경우

2.15×10^3 kgf-m/rad로 나타나 보강 이전 대비 19.44 %의 개선 효과를 가져 개조 이전의 프레임 이상의 강성을 확보하고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 개조 이후의 프레임의 중량은 개조 이전 대비 61.2 kg이 증가하여 프레임 보강부가 과도하게 설계된 것을 알 수 있었다. 이에 따라 추후 최적설계를 통해 동등 성능 수준을 확보하는 경량 설계를 수행하여야 할 것으로 판단되었다.

Table 1. Torsional stiffness results

Model	Base	Side part removal	After modification
Torsional Stiffness ($\times 10^3$ kgf-m/rad)	1.97	1.80	2.15

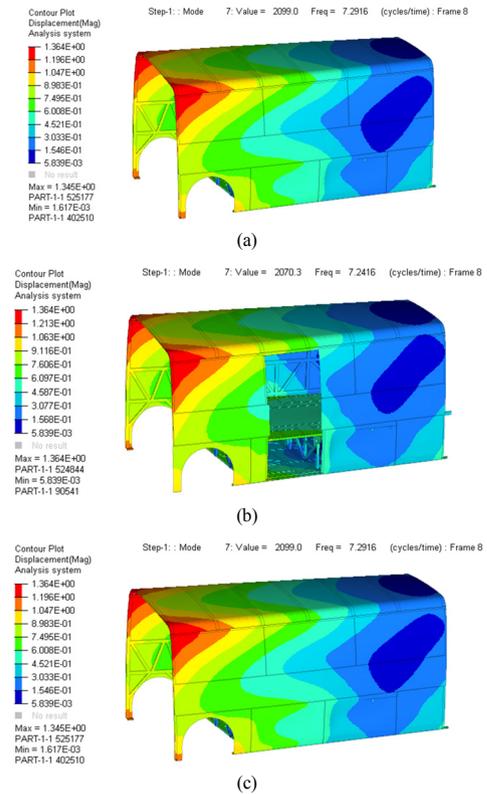


Fig. 6. Displacement contour of torsional mode
(a) Base (b) Side Part removal
(c) After modification

2.3.2 고유 모드

고유 모드 해석에서 모드는 비틀림 및 브리딩 모드의 두 가지에 대한 평가를 수행하였다. Fig. 6은 비틀림 모드에 대한 변위 분포를 보여주고 있다. 해석 결과 개조

이전 프레임은 7.292 Hz에서 비틀림 모드가 나타났으며, 개조를 위하여 측면 프레임 및 패널을 제거한 모델은 7.242 Hz가 나타나 개구부에 의한 동강성 저하가 다소 나타났음을 확인할 수 있었다. 휠체어 탑승 전용 도어 및 프레임의 보강을 수행한 모델은 7.947 Hz로 3개의 모델 중 가장 높은 고유진동수를 나타냄을 알 수 있었다. 또한, 브리딩 모드에 대한 변위 분포는 Fig. 7에 나타나 있으며 개조 이전 프레임은 19.480 Hz, 측면 프레임 및 패널 제거 모델은 19.290 Hz로 나타났으며, 도어 및 프레임 보강모델은 19.322 Hz가 나타났다.

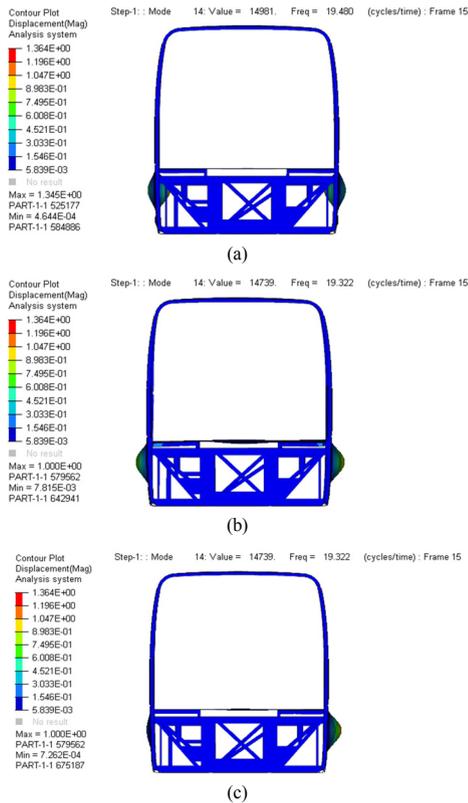


Fig. 7. Displacement contour of breathing mode
(a) Base (b) Side Part removal
(c) After modification

브리딩 모드에서는 측면 프레임 및 패널 제거 모델 가장 낮은 고유 진동수를 나타냈으며, 도어 및 프레임 보강 모델이 개조 이전 프레임 모델에 대비하여 비틀림 강성의 증가에도 불구하고 낮게 나타났다. 이는 프레임 보강 및 도어부의 무게증가로 인한 영향으로 판단된다. 따라서, 비틀림 강성결과에서 언급한 바와 같이 경량화를 위

한 설계를 위한 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

Table 2. Frequency of modes

Model	Base	Side part removal	After modification
Torsional mode	7.292 Hz	7.242 Hz	7.947 Hz
Breathing mode	19.480 Hz	19.290 Hz	19.322 Hz

2.3.3 민감도 해석

승강구 개조부에 대한 기본 설계 모델에 대한 해석 결과 개조 전후에 대한 동등 수준 이상의 강성을 확보하고 있음을 확인하였으나, 과도한 중량 증가로 인한 경량 설계가 수행되어야 할 것으로 판단되었다. 이에 따라, 비틀림 강성 조건에 대한 부재별 두께별 민감도 해석을 통하여 부재별 강성 영향도를 확인할 수 있었다.

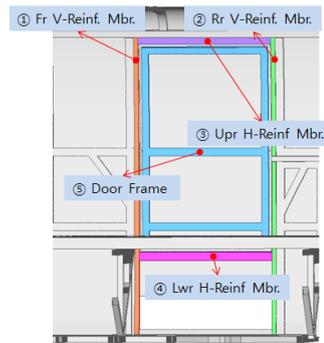


Fig. 8. Sensitivity analysis parameter

Fig. 8은 개조 대상 부위에 대한 프레임의 구조를 보여주고 있으며 Fig. 9와 Table 3은 대상 부재에 대한 비틀림 강성민감도 해석 결과를 보여주고 있다.

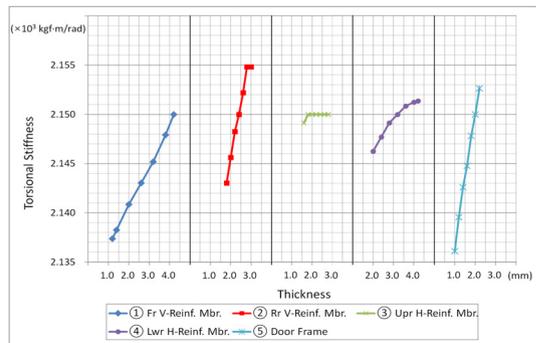


Fig. 9. Sensitivity analysis results of torsional stiffness

Table 3. Stiffness sensitivity per unit mass

Part	Fr. V-Reinf. Mbr.	Rr. V-Reinf. Mbr.	Upr. H-Reinf. Mbr.	Lwr. H-Reinf. Mbr.	Door Frame
Δ Stiffness/ Δ mass (kgf-m/rad/kg)	1.2687	4.0845	0.3954	0.5814	1.1559

2.3.4 경량 최적화 해석

경량 최적화를 위해 Table 4와 같은 설계문제를 정식화하여 TOSCA를 활용하여 최적화 해석을 수행하였다. 설계 변수는 Rr. V-Reinf. Mbr. 두께(t1), Fr. V-Reinf. Mbr. 두께(t2), Upr H-Reinf. Mbr. 두께(t3), Lwr H-Reinf. Mbr. 두께(t4) 및 Door Frame의 두께(t5)이며, 목적함수는 대상부의 중량의 최소화로 정의하였다. 구속 조건은 개조 이전 프레임의 비틀림 강성 및 모드별 고유주파수를 상회할 수 있도록 하였다. 또한 설계 변수는 각 멤버별 두께를 1.0 mm에서 2.2 mm까지 제한하였다.

Table 4. Formulation of optimum design

Find	Thickness of members (t1,t2,t3,t4,t5)
Minimize	total mass
Boundary	1.0 mm < t1,t2,t3,t4,t5 < 2.2 mm
Constraint	Torsional stiffness > 1.97×10 ³ kgf-m/rad Frequency of torsional mode > 7.292 Hz Frequency of breathing mode > 19.480 Hz

두께 최적화 수행결과 각 부재별 최적 두께는 Table 5와 같이 나타났다. 최적화 수행 결과 두께 감소가 크게 나타난 부재는 Upr. H-Reinf. Mbr.과 Lwr. H-Reinf. Mbr.가 각각 1.2 mm, 1.08 mm로 나타나 민감도 평가결과와 유사한 경향을 나타냄을 볼 수 있었다. 또한, 두께 감소가 상대적으로 낮게 나타난 부재는 Fr. V-Reinf. Mbr., Door Frame 및 Rr. V-Reinf. Mbr.로 나타났다. 이는 개조시 개구부가 가로방향에 대비하여 세로방향이 큰 이유로 인하여 세로 부재에 대한 보강 효과가 크게 나타나는 이유로 판단된다.

Table 5. Result of optimization

Part thickness	Fr. V-Reinf. Mbr.	Rr. V-Reinf. Mbr.	Upr. H-Reinf. Mbr.	Lwr. H-Reinf. Mbr.	Door Frame
Base design	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Optimization result	1.73	1.46	1.0	1.12	1.43
Final design	1.8	1.6	1.0	1.2	1.6

최적화 이전 개조 대상부 멤버의 총 중량은 66.76 kg에서 두께 최적화 해석 결과 32.41 kg으로 34.35 kg이 감량되었다. 또한, 두께 최적화 해석을 통한 결과는 비틀림 강성 1.968×10³ kgf-m/rad, 비틀림 모드의 고유진동수 7.298 Hz, 브리딩 모드의 고유진동수는 19.510 Hz가 나타났다.

두께 최적화 수행결과를 바탕으로 각 부재를 제작이 가능한 최종의 두께로 선정하여 최종 모델을 구성하였다. 최종 모델의 무게는 37.72 kg으로 최초 설계 대비 28.98 kg을 감량할 수 있었다. 최종 모델에 대한 해석결과 비틀림강성 2.11×10³ kgf-m/rad, 비틀림 모드의 고유진동수 7.423 Hz, 브리딩 모드의 고유진동수는 19.499 Hz가 나타나 개조 이전 차량의 성능 수준을 상회하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 최적화 모델은 최대 변위 또한 개조 이전 2.741 mm에서 2.147 mm로 감소하여 강성이 개선된 것으로 나타났다. 브리딩 모드의 고유진동수가 최적해에 비해 낮게 나타난 것은 부재의 두께 증가에 따른 중량 증가에 기인한 것으로 판단되었다. Fig. 10은 최종 모델에 대한 해석 결과를 보여주고 있다.

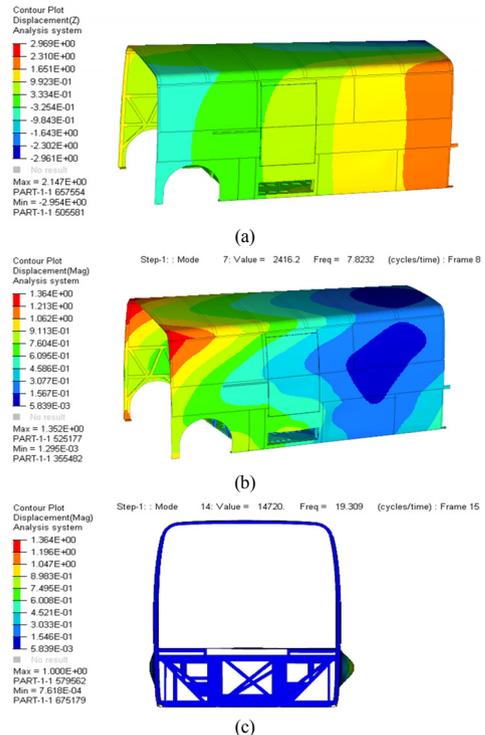


Fig. 10. Displacement contour of final model
(a) Torsional stiffness (b) Torsional mode
(c) Breathing mode

3. 결론

본 연구에서는 휠체어 사용자가 탑승 가능한 고속 버스 승강구의 개발을 위해 차체 구조에 대한 역설계를 수행하고 유한요소 해석을 통해 개조 전후 및 개조부 미보강시에 대한 비틀림 강성 및 모드 특성에 대하여 비교하였으며, 민감도 해석 및 최적화 해석을 통해 설계 경량화를 수행하였다. 주요 분석 결과 및 수행 결과는 다음과 같다.

- 1) 비틀림 강성의 경우 개조부 측면 프레임 및 패널을 제거한 경우 측면 개구부에 의한 국부강성 저하로 개조 이전의 프레임 대비 8.63 %의 비틀림 강성 저하가 나타남을 알 수 있었으며, 개조를 위해 보강된 모델은 비틀림 강성이 보강 이전 대비 19.44 %의 개선 효과가 있으나 중량의 증가량이 많아 경량화가 수행되었다.
- 2) 고유 모드 해석에서 모드는 비틀림 및 브리딩 모드의 두 가지에 대한 평가를 수행하였으며, 비틀림 강성과 마찬가지로 고유 진동수는 개조부 측면 프레임 및 패널을 제거한 경우가 가장 낮게 나타났으며, 개조를 위해 보강된 모델이 가장 높은 고유진동수를 나타내었다.
- 3) 개조부의 부재에 따라 비틀림 강성에 대한 민감도 해석 결과 중량당 강성의 민감도는 가로 부재가 낮게 나타났으며 세로부재가 높게 나타남을 알 수 있었다.
- 4) 최적화 해석을 수행한 결과 최초 설계 대비 28.98 kg의 경량화를 수행할 수 있었으며, 비틀림강성 2.11×10^3 kgf/m/rad, 비틀림 모드의 고유진동수 7.423 Hz, 브리딩 모드의 고유진동수는 19.499 Hz 가 나타나 개조 이전 차량과 동등 이상의 수준을 나타냄을 확인할 수 있었다.

향후, 설계안을 바탕으로 제작된 차량에 대하여 주행 및 강도 시험을 통해 개조 이전 차량과 비교 검토를 수행하는 추가연구를 수행할 것이다.

pp.717-732, 1995.

- [2] K. H. Ryu, Standard model and operation of high-speed intercity bus modified vehicle for wheelchair users, Technical Report, Korea transportation safety authority, Korea, pp.4-6, 2016.
- [3] National Highway Traffic Safety Administration, Federal Motor Vehicle Safety Standards; Platform Lift Systems for Accessible Motor Vehicles, Platform Lift Installation on Motor Vehicles, Rules and Regulations, US, 2002, pp.79416-79451.
- [4] National Highway Traffic Safety Administration, 49 CFR 571.403 - Standard No. 403; Platform lift systems for motor vehicles, U.S. Government Publishing Office, 2004, Available From: <https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2010-title49-vol6/CFR-2010-title49-vol6-sec571-403> (accessed Oct. 22, 2018)
- [5] S. G. Leem, Y. S. Kim, J. K. Mok, S. K. Jang, S. H. Cho, "Torsion Rigidity of Composite Material Carbody for Low Floor Bus", *Proceedings of Korean Society of Mechanical Engineers*, Jeongseon, Korea, pp. 548-553, November 2008.
- [6] W. Shi, Z. Chen, F. Guo, Z. Shen, "Finite element modal analysis for a light bus", *Proceedings of IEEE Conference on Computational Intelligence and Industrial Applications*, IEEE, Wuhan, China, pp.500-503, November 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/PACIIA.2009.5406378>
- [7] F. Lan, J. Chen, J. Lin, "Comparative analysis for bus side structures and lightweight optimization", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Vol.218, No.10, pp.1067-1075, Oct. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1177/095440700421801001>
- [8] J. H. Shin, K. H. Han, K. J. Kim, W. J. Kang, B. D. Kang, "Research of Evaluation Method for Bus Rollover Characteristics", *Korean Auto-Vehicle Safety Association*, Sokcho, Korea, Vol. 11, pp. 52-58, November 2017.

이 용 우(Yong-Woo Lee)

[정회원]



- 2005년 8월 : 연세대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 기계공학과 박사과정
- 2007년 1월 ~ 2017년 8월 : 에스톡 컨설팅 그룹 기술이사
- 2017년 9월 ~ 현재 : 신한대학교 기계자동차융합공학과 조교수

<관심분야>

유한요소법, 최적설계

References

- [1] K. C. An, "Aging and Characteristics of the Korean Population", *Korean Journal of Sociology*, Vol.29,

하 성 용(Sung-Yong Ha)

[정회원]



- 2002년 2월 : 한양대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 한양대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2004년 3월 ~ 2006년 2월 : 신한대학교 기계자동차융합공학과 교수

<관심분야>

자동차공학, 연소공학