

알루미늄 프로파일의 체결방법이 응력과 변위에 미치는 영향

허장욱^{*,#}, 신백천^{*}

*금오공과대학교 기계시스템공학과

Effect on the Stress and Displacement of Aluminum Profiles Fastening Method

Jang-Wook Hur^{*,#}, Back-Cheon Shin^{*}

*Under Graduate School of Mechanical System Engineering, Kumoh National Institute of Technology
(Received 18 January 2015; received in revised form 24 February 2015; accepted 24 February 2015)

ABSTRACT

This study analyzed the effects on displacement and stress as a result of improving the profile fastening method targeting rectangular-shaped and cube-shaped specimens. For the rectangular-shaped specimens, the improved fastening method reduced maximum displacement to 41.7% and maximum stress to 18.3% compared to the existing fastening method. For the cube-shaped specimens, maximum displacement and maximum stress results were found to be similar to those of the rectangular-shaped specimens. Thus, as a result of comparing the stress and displacement of the existing and improved fastening methods, it was found that the improved fastening method is superior to the existing fastening method in terms of load support.

Key Words : Aluminum Profile(알루미늄 프로파일), Special Connector(특수 연결구), Bracket(브라켓), FEM(유한요소법), Rectangular Shape Specimen(사각형 형상 시험편), Cube Shape Specimen(육면체 형상 시험편)

1. 서 론

프로파일(profile)은 하중을 지지하는 선반이나 기계장치의 프레임으로 많이 사용되고 있으며, 재질은 중량대비 강도가 크고 가벼운 알루미늄이 주로 적용되고 있다.

이와 같은 프로파일의 하중 지지를 위한 체결은 Fig. 1과 같이 볼트와 너트를 이용한 체결방식이 주로 사용되어 왔으나, 여러 종류의 브라켓

사용에 의한 체결시간과 제작비용이 과다하게 요구되는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위한 노력의 일환으로, 알루미늄 프로파일의 조립과 분해를 용이하게 하여 체결시간을 단축하고, 체결부품 제작비용을 절감할 수 있도록 특수 연결구를 개발하였다.

따라서 본 연구에서는 3차원 FEM을 이용하여 기존 프로파일 체결방식과 특수 연결구 체결방식의 응력과 변위를 비교하였으며, 이를 통해 개선된 특수 연결구 체결방식의 우수성을 입증하였다.

Corresponding Author: hhjw88@kumoh.ac.kr
Tel: +82-54-478-7399, Fax: +82-54-478-7399

2. 개선된 특수 연결구 개발

알루미늄 프로파일 형상은 여러 가지가 있지만, 크기와 모양이 규격화가 되어 있어 표준화 및 호환성이 유지되고 있다.

따라서 프로파일 제작 시 강성을 향상시키기 위해 가공된 각종 고유의 홈을 이용하여 체결토록 Fig. 2와 같이 특수 연결구를 개발함으로써, 브라켓을 사용하지 않는 방안을 강구하게 되었다^[1-2].

3. 해석방법

3.1 형상 모델링 및 요소분할

기존 브라켓 체결방식과 개선된 특수 연결구 체결방식을 비교하기 위해, 사각형 형상과 육면체 형상에 대해 Fig. 3, Fig. 4와 같이 너비와 높이가 각각 300mm인 4가지 형상을 모델링하였다.

해석을 위한 요소분할은 프로파일의 경우 균일한



Fig. 1 brackets for aluminum profile fastening

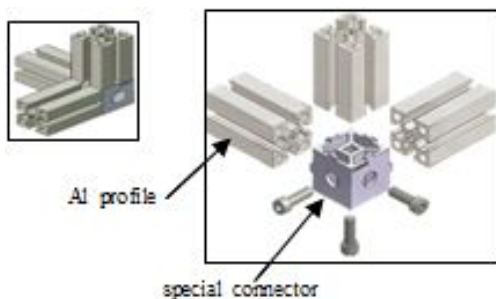
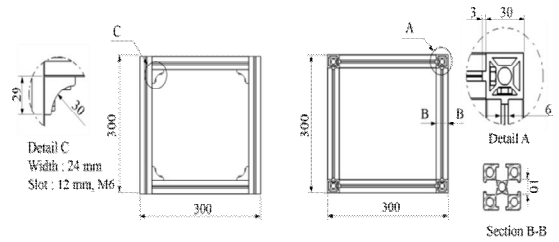
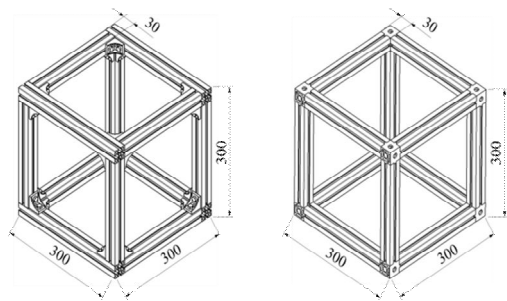


Fig. 2 Aluminum profile fastening using special connector



(a) Existing shape (b) Improved shape

Fig. 3 Rectangular shape specimens



(a) The existing shape (b) Improved shape

Fig. 4 Cube shape specimens

테트라헤드론(tetraheadron)을 사용하였으며, 브라켓 및 특수 연결구는 형상에 독립적인 테트라헤드론을 적용하였다.

사각형 형상의 경우 Fig. 5와 같이 요소분할을 하였으며, 기존 브라켓 체결방식 형상은 요소 수 27,170개, 절점 수 86,227개이고, 개선된 특수 연결구 체결방식 형상은 요소 수 56,870개, 절점 수 105,349개이다.

육면체 형상의 경우 Fig. 6과 같이 요소분할을 하였으며, 기존 브라켓 체결방식 형상은 요소 수 290,449개, 절점 수 813,128개이고, 개선된 특수 연결구 체결방식 형상은 요소 수 234,589개, 절점 수 651,549개이다.

요소분할에 있어 기존 형상과 개선된 형상 간에 가능한 동일한 조건을 유지하도록 하였으며, 사용된 재료는 알루미늄과 탄소강으로 그 물리적 특성은 Table 1과 같다^[3].

Table 1 Material properties of Al and steel

Properties	Al	Steel
Young's modulus (GPa)	71	200
Poisson's ratio	0.33	0.3
Yield strength (MPa)	280	250

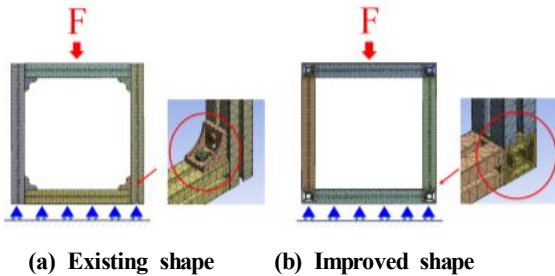


Fig. 5 Element divisions of rectangular shape

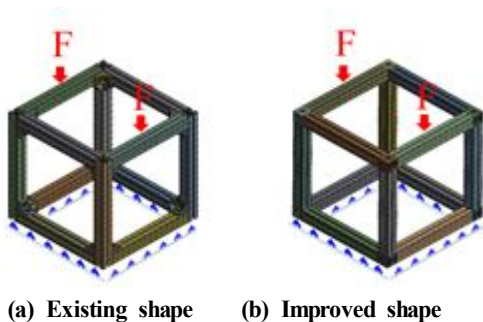


Fig. 6 Element divisions of cube shape

3.2 경계조건

해석을 위한 경계조건은 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었으며, 시험조건과 동일한 방식으로 하중 및 고정조건을 적용하였다.

사각형 형상은 상단부에 100 kgf, 육면체 형상은 200 kgf의 하중을 부가하여, 하중을 받는 각 프레임이 100 kgf의 하중을 받도록 하였으며, 하단은 Fixed로 고정하였다⁴⁾.

프로파일 접촉 부위에는 변위에 따른 분리현상 관측을 위해 no frictional을 적용하였으며, 브라켓과 특수 연결구에는 no separation으로 설정하여 볼트의 영향을 반영하였다.

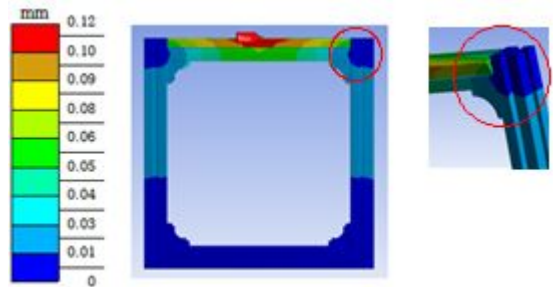
4. 해석결과 및 고찰

4.1 사각형 모델

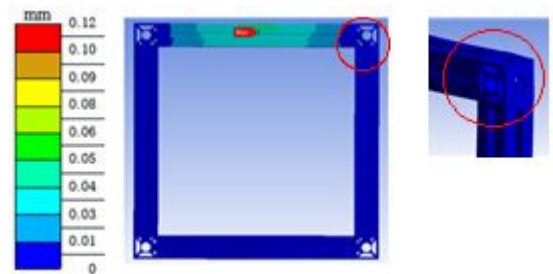
사각형 형상을 대상으로 기존 체결방식과 개선된 체결방식의 변위를 Fig. 7에 표시하였으며, 최대 변위는 기존 체결방식 0.12 mm, 개선된 체결방식 0.05 mm로 나타났다.

최대 변위는 프로파일 중앙부위에서 발생하였고, 그 결과는 개선된 체결방식이 기존 체결방식 보다 약 41.7% 수준으로 감소하였음을 알 수 있다.

기존 체결방식과 개선된 체결방식의 Von Mises에 의한 등가응력 상태를 Fig. 8에 표시하였다. 기존 체결방식은 프로파일 상부 양 끝단에 최대 109 MPa의 응력집중이 발생하였고, 개선된 체결방식은 볼트 체결부에 20 MPa의 응력이 집중되었으며, 이는 개선된 체결방식이 기존 체결방식의 약 18.3%수준으로 응력집중이 감소하였음을 나타낸다.

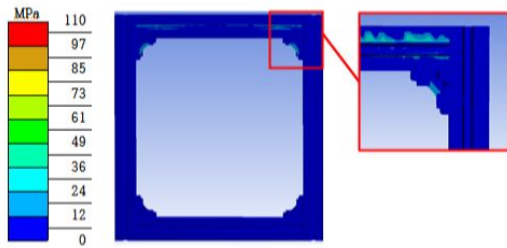


(a) Existing Method

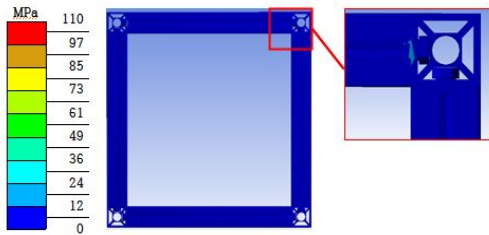


(b) Improved Method

Fig. 7 Comparison of displacement in the rectangular shape

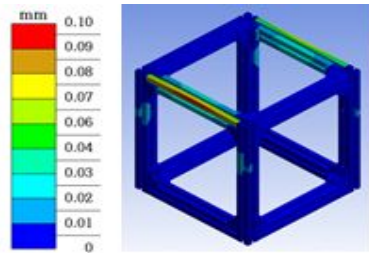


(a) Existing shape

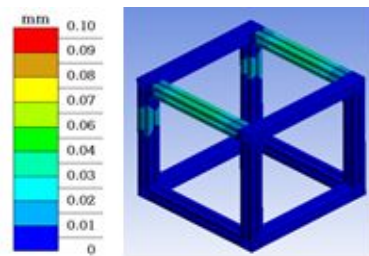


(b) Improved shape

Fig. 8 Comparison of stress in the rectangular shape



(a) Existing shape



(b) Improved shape

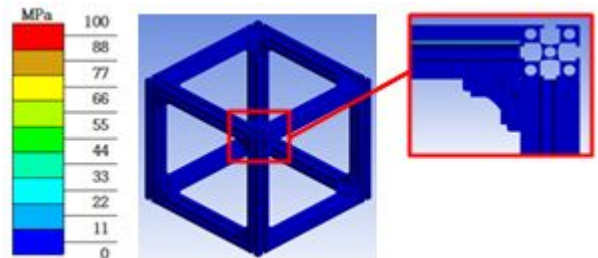
Fig. 9 Comparison of displacement cube shape

4.2 육면체 모델

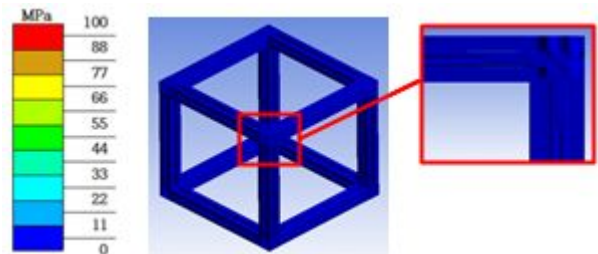
육면체 형상을 대상으로 기존 체결방식과 개선된 체결방식의 변위를 Fig. 9에 표시하였다. 최대 변위는 기존 체결방식 0.09 mm, 개선된 체결방식 0.04 mm로 나타났으며, 사각형 형상 해석결과와 같이 개선된 체결방식이 기존 체결방식보다 최대 변위가 작으며, 기존 체결방식의 약 44.4% 수준을 보이고 있다.

기존 체결방식과 개선된 체결방식의 Von Mises에 의한 등가응력 상태를 Fig. 10에 표시하였다. 기존 체결방식은 프로파일 상부 양 끝단에 최대 96 MPa의 응력집중이 발생하였고, 개선된 체결방식은 볼트 체결부에 18 MPa 응력이 집중되었으며, 이는 사각형 형상 해석결과와 같이 개선된 체결방식이 기존 체결방식보다 18.8%수준으로 응력 집중이 감소하였음을 나타낸다.

아울러, 사각형 형상과 육면체 형상의 최대 변위와 최대 응력이 정성적으로 일치하지만, 육면체 형상이 사각형 형상보다 최대 변위와 최대 응력이 다소 적은 이유는, 육면체 형상의 경우 하중이 부가되지 않는 상부 알루미늄 프로파일의 지지효과가 주요 원인으로 판단된다⁵⁾.



(a) Existing shape



(b) Improved shape

Fig. 10 Comparison of stress in the cube shape

4.3 시험결과와 비교

실제 현상을 확인하기 위해 사각형 형상 시험편을 대상으로 압축시험을 하였으며, 해석결과와 비교한 내용을 Table 2에 나타내었다.

표에 나타낸 바와 같이 해석에 의해 유도된 변형의 양상과 시험에 의한 변형의 양상이 정성적으로 일치함을 볼 수 있다⁶⁾.

특히, 기존 체결방식의 사각형 형상의 시험에서 하중을 받는 프로파일의 미끄러짐이 발생하였으며, 이는 해석에서와 같이[Fig. 7(a)] 하중에 의해 프로파일 연결부위가 분리되는 현상으로, 기존 체결방식의 경우 어댑터에 의한 체결강도가 낮음을 나타내고 있다.

또한 시험결과에서 하중이 부가됨에 따라 시험편의 프로파일이 밖으로 벌어지는 경향을 나타내었다. 이는 프로파일의 체결강도가 프로파일의 굽힘강도 보다 작아서 발생하는 것으로 해석결과에서도 동일한 현상이 관측되었다⁷⁻⁸⁾.

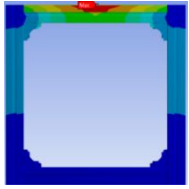



개선효과를 사각형 형상 시험편과 육면체 형상 시험편을 대상으로 해석하였으며, 이를 시험결과와 비교하여 타당성을 검토하였다. 그 결과 개선된 체결방식이 기존 체결방식보다 하중지지 측면에서 우수함을 알 수 있었으며, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 사각형 형상 시험편의 경우, 개선된 체결방식은 기존 체결방식보다 최대 변위는 41.7%, 최대 응력은 18.3%로 감소하였다.
- (2) 육면체 형상 시험편의 경우, 사각형 형상 시험편과 유사한 최대 변위 및 최대 응력이 계산되었다.
- (3) 기존 체결방식과 개선된 체결방식의 응력과 변위를 비교한 결과, 개선된 체결방식이 기존 체결방식보다 하중 지지측면에서 우수함을 알 수 있었다.

후 기

본 논문은 2014년도 금오공과대학교 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구 결과임(2014-104-144).

Table 2 Compare analysis results and test results (rectangular shape)

Type	Existing method	Improved method
Analysis results		
Test results		

5. 결 론

프로파일 체결방식의 개선에 따른 변위와 응력의

References

1. Hur J. W., Jung J. E., Kim J. H. and Choi S. D., "The Manufacturing of the Special Connector for Aluminum Profiles Fastening", The Korean Society Manufacturing Process Engineers, Proceedings of the KSMPE, pp.124, 2013.
2. Kim J. H., Hur J. W. and Jung J. E., "Effect of Strength Improvement of Aluminum Profiles Fastening Method", The Korean Society Manufacturing Process Engineers, Proceedings of the KSMPE, pp.104, 2014.
3. Baek J. G., Baek Y. M., Kim Y. H., Jung C. Y. and Kim S. C., "The Tensile Strength Characteristics of Aluminum Alloys", Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol. 56, pp.297-303, 1999.

4. Yoon S. C., Kim W. K., Hong Y. K. and Pyun J. S., "Structure Analysis and Loading Test of Body Structure having Aluminum", The Korean Society for Railway, pp.59-64, 2003.
5. Lee K. S., Yang Y. J., Park J. W., Hwang W. C. and Kim J. H., "Finite Element Analysis on the Ultimate Behaviors on Single Shear Bolted Joints with Thin-walled Aluminum Alloys", The Architectural Institute of Korea, Vol. 31, No. 2, pp.85-86, 2011.
6. Ryu S. H. and Ahn H. J., "A Study on Flexural Strength of Prominent Section of SC Beams", JKISMI, Vol. 10, No. 1, pp.197-204, 2006.
7. Kelimu T., Lee W. Jun., Hur S. C. and Park W. J., "Tensile Property and Residual Stresses in Dissimilar Aluminiums Friction Stir Welding", KAOSTS, Vol. 2012, No. 5, pp.1622-1625, 2012.
8. Lee K. S., Yang Y. J., Park J. W., Hwang W. C. and Kim J. H., "Energy Absorption Mechanism of Aluminum Composite Compound Structural Member", KSAE, pp.13-18, 2007.
9. <http://www.s-won.kr>, "Aluminium Profile".