

임신돼지용 스톨 구조물의 최적형상을 위한 파라미터 해석

손병직¹

건양대학교 해외건설플랜트학과 교수

Parametric Study for Optimum Shape of Gestation Stall Structures

Son, Byung Jik¹

¹Professor, Department of International Civil & Plant Engineering, Konyang University, Nonsan, Chungnam, Korea

Abstract: This study analyzes gestation stall structures with high strength concrete. The ANSYS program described in this paper is effective not only because it shows good accuracy but also it shows the goodness of parameter studies by using APDL(ANSYS Parametric Design Language). We have performed the various parameter studies by thickness change. The results is presented by using contours and tables. The analysis results showed that it was effective to increase the height thickness(tz) rather than longitudinal thickness(tx).

Key Words: gestation stall, optimum shape, ANSYS, finite element, parametric study, high strength concrete

1. 서론

현재 임신돼지용 스톨 구조물의 재료로 철제와 콘크리트가 쓰이고 있다. 철제 돈사 및 기존 콘크리트는 많은 장점이 있지만, 유지관리가 다소 어려운 단점이 있다. 이에 내구성이 우수한 폴리카보네이트로 만들어진 임신돼지용 스톨 구조물을 돈사용으로 사용하여 기존 철제 스톨 대비 타당성을 수행한 적이 있다.

폴리카보네이트(PolyCarbonate, PC)는 열가소성 플라스틱의 일종으로 내후성, 투명성, 내열성 등의 특징이 있고, 고강도 유리의 약 150배 이상의 충격을 흡수할 수 있어 가공성 및 유연성이 우수한 재료이다. 또한, 표면이 부드러워 콘크리트나 철제 스톨에 비해 돼지의 피부 보호에도 좋은 재료이고, 사출성형이 쉬운 장점이 있다. 하지만, 폴리카보네이트는 취성 재료이며, 충격에 다소 약한 단점이 있다. 또한, 강도 발현을 위해서는 카본(carbon)을 10~20% 혼합해야하기 때

문에 가격도 비싸다.

이에 본 연구는 고강도 콘크리트를 사용한 스톨 구조물의 타당성에 대하여 다양한 파라미터 연구를 통하여 최적의 형상을 제시하고자 한다. 기존의 콘크리트 스톨은 두께를 얇게 할 수 없어 돼지를 관리하기가 어려운 단점이 있다. 이에 고강도 콘크리트는 단면 두께를 줄일 수 있어 돼지들의 관리가 용이하고, 반영구적으로 사용하는 등 많은 장점을 가지고 있다. 두께 변화에 따른 파라미터 연구를 통하여, 최적의 형상 치수를 제시하고자 한다.

2. 해석 모델

2.1 개요

Fig. 1은 기본적인 임신 스톨 모델이며, 기본 치수는 2130×1040×600mm이다. 기본 형상은 기존의 강제 구

주요어: 임신스톨, 최적형상, ANSYS, 유한요소, 파라미터 연구, 고강도 콘크리트

Corresponding author: Son, Byung Jik

Department of International Civil & Plant Engineering, Konyang University, 121 daehak-ro, Nonsan-si, Chungnam Korea.
Tel: +82-41-730-5634, E-mail: strustar@konyang.ac.kr

Received March 2, 2016 / Revised March 13, 2016 / Accepted March 15, 2016

조물의 치수와 콘크리트 특성을 고려하여 설정하였다.

Fig. 2는 해석 모델에 사용되는 좌표계를 나타낸다. x방향은 길이방향을, y방향은 폭방향을, z방향은 높이 방향을 의미한다.

임신 스톨 구조물은 임신한 돼지가 들어가는 형태이며, 본 연구에서 사용된 재료의 물성치는 Table 1과 같다. 고강도 콘크리트의 설계기준강도, 탄성계수, 프아송비, 허용응력이 제시되어 있다. 설계기준강도(f_{ck})는 40MPa을 사용하였으며, 탄성계수(E)는 식(1)과 같이 결정되며, 허용응력은 $0.4f_{ck}$ 를 적용하였다.

$$E_c = 0.077 m_c \sqrt[3]{f_{cu}} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

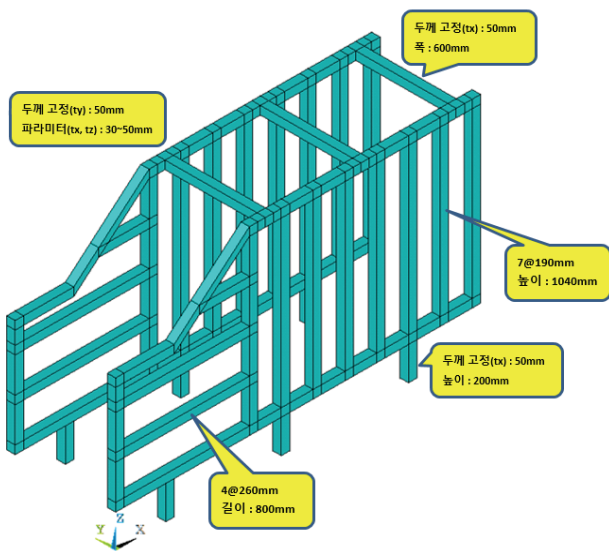


Fig. 1 Basic stall structure model

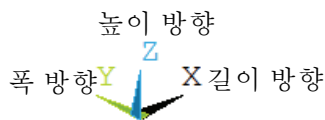


Fig. 2 The coordinate system

Table 1. Mechanical properties of materials

	f_{ck} (MPa)	E_c (MPa)	ν	Allowable stress (MPa)
High strength concrete	40	31,000	0.17	16

2.2 FE 모델링

스톨 구조물의 경계조건 및 하중조건은 Fig. 3과 같다. 하부 밑면 6곳을 고정시켰으며, 하중은 돼지가 미치는 힘 $200\text{kgf} = 2,000\text{N}$ 으로 재하하였다. 2,000N을 Fig. 3과 같이 옆면의 3군데에 2,000N/3씩 등분포하중으로 재하하였다.

구조해석 및 파라미터 연구에 우수한 ANSYS 15.0을 사용하였다. ANSYS 유한요소 프로그램의 APDL을 사용하여 기하모델을 구성하였으며, 파라미터 해석을 수행하였다. APDL(Ansys Parametric Design Language)은 사용자가 프로그램을 직접 코딩할 수 있기 때문에 본 연구에서처럼 파라미터 연구를 수행하기에 탁월한 프로그램이다.

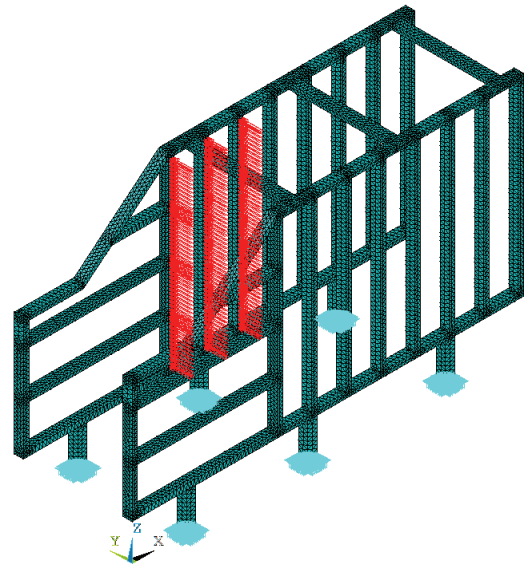


Fig. 3 The load condition and boundary condition of stall structure

2.3 해석 파라미터

최적의 형상을 제시하기 위해서 Fig. 1과 같이 x방향 및 z방향의 두께를 30mm에서 50mm로 2mm씩 변화시키면서 해석을 수행하였다. y방향의 두께는 50mm로 고정하였으며, 하부의 지점부와 상부의 연결부도 50mm로 고정하여, 해석을 수행하였다. 하부의 지점부와 상부의 연결부를 50mm로 설정한 이유는 40mm이하로 설정하면, Fig. 4, 5와 같이 하부의 지점부와 상부의 연결부가 취약해져, 다른 두께를 크게 해도 효과를 발휘하지 못하기 때문이다.

또한, 하부 지점부의 개수를 처음에는 4개로 설정하였으나, 하부 지점부에서 허용응력 범위를 많이 벗어나, 6개로 설정하여 해석을 수행하였다.

3. 해석결과 및 분석

스톨 구조물의 타당성을 검토하기 위해서 두께 변화에 따른 다양한 파라미터 해석을 수행하였다. Table 2는 해석 결과를 나타낸 것이다. 등가응력, 총변위 그리고 사용된 재료의 부피를 나타내었다.

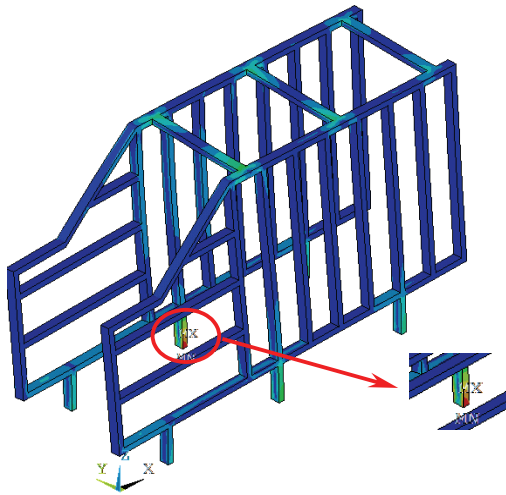


Fig. 4 The weakened parts of bottom support

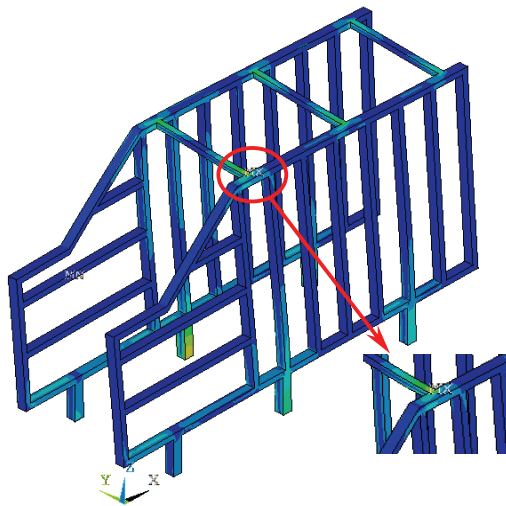


Fig. 5 The weakened parts of top connection

등가응력은 물체의 파괴를 예측하는 기준으로 가장 널리 쓰이는 기준이며, 물체 각 지점에서 응력성분들에 의한 비틀림 에너지를 표현한 것으로, 연성재료 특히, 금속재료의 해석에서 가장 많이 사용되며, Von Mises 응력이라고도 부른다. 총 변위는 $U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}$ 인 벡터 합변위를 의미한다.

Table 2의 등고선(contour)에서 가로축은 x방향의 두께(tx)를, 세로축은 z방향의 두께(tz)를 의미한다. x방향 두께는 길이방향 두께를, z방향 두께는 높이방향 두께를 각각 의미한다. 두께는 30mm에서 50mm로 2mm씩 증가시켜 해석을 수행하였다. 또한, 결과를 잘 요약하기 위해서 등고선 위에 최대값(max), 최소값(min)을 표시하였다. 등가응력 및 총변위의 우측 등고선은 세 번째 행의 사용된 재료(부피)로 나눈 정규화(normalized) 등고선을 의미한다.

등고선에서 알 수 있듯이 두께는 x방향 보다는 z방

향의 두께를 크게 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 이는 정규화된 등고선에서 확실하게 알 수 있다. 예를 들면, 사용된 재료(부피)로 정규화 시킨 등고선에서 x방향의 두께 34mm보다 z방향의 두께 34mm가 등가 응력이 작음을 알 수 있다. 최대 변위는 5mm이하로 변위와 관련한 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

Table 3은 등가응력과 사용된 재료의 양을 표로 나타낸 것이다. 고강도 콘크리트(40MPa)의 허용응력($0.4f_{ck}$)은 16MPa이다. 허용응력 범위내에 들어오는 경우를 음영색으로 표시하였다.

허용응력 범위내에 들어오는 경우에서 가장 적은 재료의 양은 $0.063 m^3$ 으로 2곳에서 나타났다. 이때의 두께는 각각 $t_x = 34mm$, $t_z = 44mm$ 와 $t_x = 36mm$, $t_z = 42mm$ 로 나타났다. 여기서도 알 수 있듯이 t_x 보다는 t_z 를 크게 하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

따라서, 현재 파라미터 해석에서 최적의 두께는 $t_x = 34mm$, $t_z = 44mm$ 로 나타났으며, 임신스톨 설계시 길이방향 두께 보다는 높이방향 두께를 크게 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Fig. 6은 본 연구에서 제시된 최적 두께로 했을 경우의 등가응력과 총변위의 결과를 나타낸 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 고강도 콘크리트로 만들어진 임신스톨 구조물의 파라미터 연구를 통해서 최적의 두께를 제시하였다. 두께 변화에 따른 파라미터 연구를 수행하였으며, 등고선과 표를 이용하여 결과를 제시하였다.

응력 등고선과 사용된 재료(부피)로 나눈 정규화시킨 등고선으로부터 두께는 x방향 보다는 z방향의 두께를 크게 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 최대 변위는 5mm이하로 변위와 관련한 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

따라서, 현재 파라미터 해석에서 최적의 두께는 $t_x = 34mm$, $t_z = 44mm$ 로 나타났으며, 임신스톨 설계시 길이방향 두께 보다는 높이방향 두께를 크게 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0333738)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

Table 2. Analysis results by thickness change

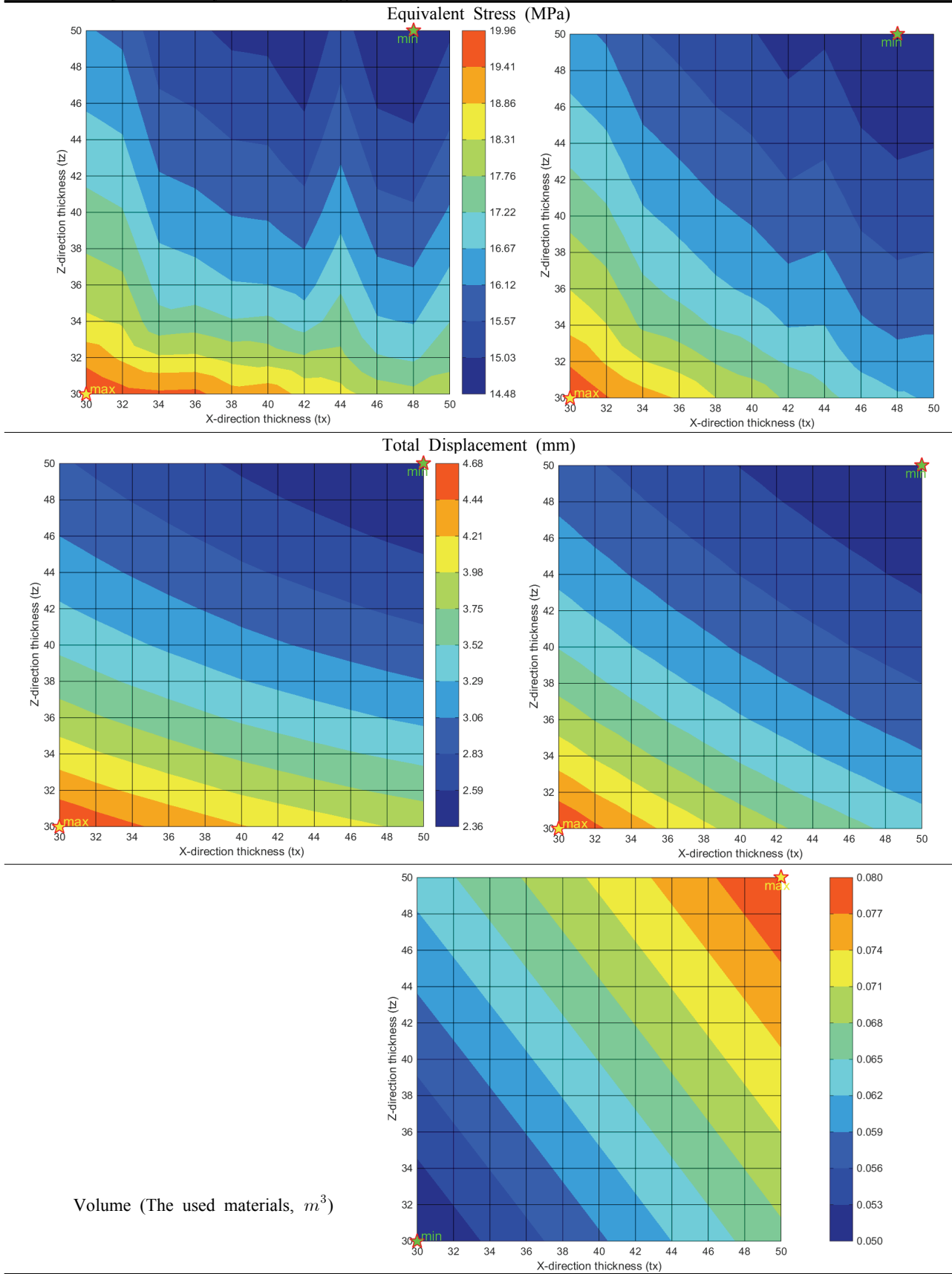


Table 3. Equivalent Stresses (MPa)

tz \ tx	30mm	32mm	34mm	36mm	38mm	40mm	42mm	44mm	46mm	48mm	50mm
30mm	20.0	19.6	19.5	19.6	19.1	19.2	18.7	18.5	18.1	17.9	18.0
32mm	19.2	18.8	18.4	18.4	18.2	18.0	17.8	17.9	17.3	17.1	17.6
34mm	18.4	18.2	17.4	17.5	17.3	17.3	16.9	17.5	16.7	16.6	17.2
36mm	18.0	17.9	17.0	16.9	16.7	16.7	16.5	17.1	16.4	16.3	16.8
38mm	17.7	17.6	16.7	16.6	16.4	16.4	16.1	16.8	16.1	16.0	16.5
40mm	17.4	17.2	16.4	16.3	16.1	16.1	15.8	16.5	15.7	15.6	16.2
42mm	17.1	17.0	16.2	16.0	15.8	15.8	15.5	16.2	15.5	15.4	15.9
44mm	16.9	16.7	15.9	15.8	15.6	15.5	15.2	15.9	15.2	15.1	15.6
46mm	16.6	16.5	15.7	15.5	15.3	15.3	15.0	15.7	15.0	14.9	15.4
48mm	16.4	16.2	15.4	15.3	15.1	15.1	14.7	15.5	14.8	14.7	15.2
50mm	16.2	16.0	15.2	15.1	14.9	14.9	14.5	15.3	14.6	14.5	15.0

Table 4. The used materials (Volume, m^3)

tz \ tx	30mm	32mm	34mm	36mm	38mm	40mm	42mm	44mm	46mm	48mm	50mm
30mm	0.050	0.052	0.054	0.055	0.057	0.059	0.060	0.062	0.064	0.066	0.067
32mm	0.051	0.053	0.055	0.057	0.058	0.060	0.062	0.064	0.065	0.067	0.069
34mm	0.053	0.054	0.056	0.058	0.060	0.061	0.063	0.065	0.067	0.068	0.070
36mm	0.054	0.056	0.058	0.059	0.061	0.063	0.064	0.066	0.068	0.070	0.071
38mm	0.055	0.057	0.059	0.061	0.062	0.064	0.066	0.067	0.069	0.071	0.073
40mm	0.057	0.058	0.060	0.062	0.064	0.065	0.067	0.069	0.070	0.072	0.074
42mm	0.058	0.060	0.061	0.063	0.065	0.067	0.068	0.070	0.072	0.073	0.075
44mm	0.059	0.061	0.063	0.065	0.066	0.068	0.070	0.071	0.073	0.075	0.076
46mm	0.061	0.062	0.064	0.066	0.068	0.069	0.071	0.073	0.074	0.076	0.078
48mm	0.062	0.064	0.065	0.067	0.069	0.071	0.072	0.074	0.076	0.077	0.079
50mm	0.063	0.065	0.067	0.068	0.070	0.072	0.074	0.075	0.077	0.079	0.080

REFERENCES

- Alinia M. M.(2005), "A study into optimization of stiffeners in plates subjected to shear loading", *Thin-Walled Structures* 43, pp. 845-860
- Alinia M. M., Moosavi S. H.(2008), "A parametric study on the longitudinal stiffeners of web panels", *Thin-Walled Structures* 46, pp. 1213-1223
- Anatoly Perelmuter, Vitalina Yurchenko(2013), "Parametric Optimization of Steel Shell Towers of High-Power Wind Turbines", *Procedia Engineering* 57, pp. 895-905
- ANSYS version 15.0(2013), "Structural Analysis Guide"
- B. Gangadhara Prushy, S.K. Satsangi(2001), "Analysis of stiffened shell for ships and ocean structures by finite element method", *Ocean Engineering* 28, pp. 621-638
- Daniel Zwick, Michael Muskulus, Geir, Moe(2012), "Iterative optimization approach for the design of full-height lattice towers for offshore wind turbines", *Energy Procedia* 24, pp. 297-304
- Park, J. M., Lee, S. Y., Ji H. Y., Son, B. J.(2014) , "Optimal Fiber-Angle of Wind Turbine Tower made of Composites under Wind Loads", *J. Korean Soc. Adv. Comp. Struc.* Vol. 5, No. 1, pp. 9-15
- Son, B. J., Uy Lymei (2014), "Study on Validity of Pigen made of Polycarbonate", *J. Korean Soc. Adv. Comp. Struc.* Vol. 5, No. 3, pp. 32-36
- Son, B. J. (2014), "Feasibility Study of Pigen Structures with Polycarbonate through Economic Analysis", *J. Korean Soc. Adv. Comp. Struc.* Vol. 5, No. 4, pp. 58-64

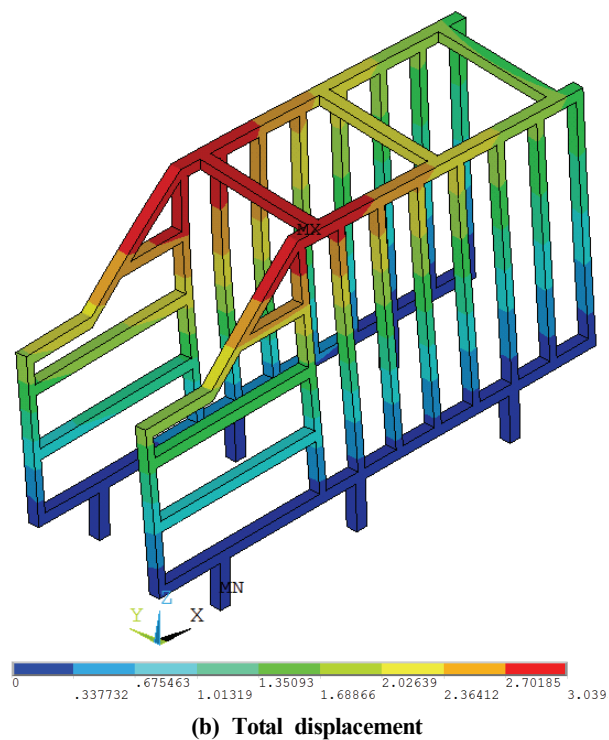
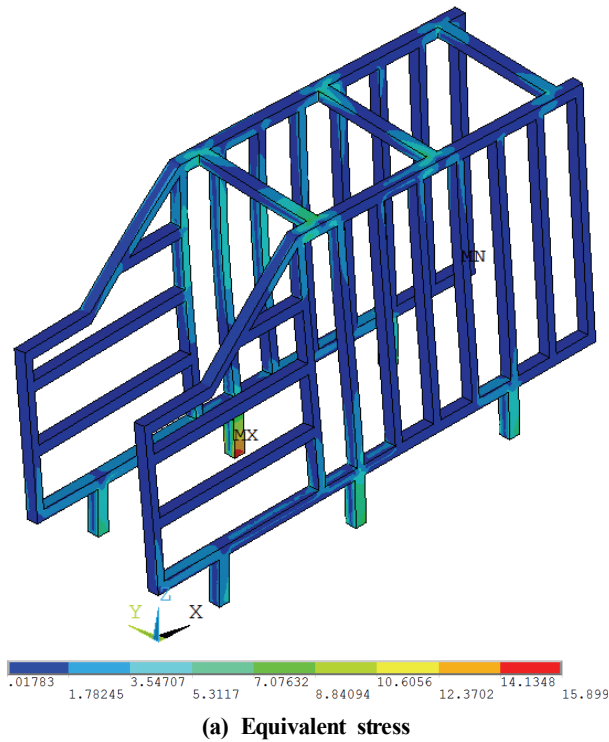


Fig. 6 The results of optimum thickness