

플랜지가 없는 선체 브라켓의 설계에 관한 연구

이주성^{†*}, 이동부^{**}, 한두환^{**}

울산대학교 조선해양공학부*
(주)현대미포조선 기본설계부^{**}

On the Design of the Brackets without Flange in Ships' Structure

Joo-Sung Lee^{†*}, Dong-Bu Lee^{**} and Doo-Hwan Han^{**}

Initial Design Department, Hyundai Mipo Dockyard Co., Ltd.*
School of Naval Architecture & Ocean Engineering, University of Ulsan^{**}

Abstract

In general, brackets found at tank boundary are design according to the Classification Society Rule. Since much man power is needed in manufacturing the brackets stiffened by flange, it is necessary to suggest alternative designs, of which flanges are removed, through the rigorous structural analysis. In this paper non-linear structural analysis for brackets with and/or without flange have been carried out to examine their structural behavior and ultimate strengths. Alternative designs for brackets are suggested based on the results of ultimate strength analysis so that the alternative brackets have the similar level of strength and stiffness to the original brackets. It has been seen that the structural safety of alternative brackets proposed in this paper are beyond the appropriate level. The primary benefit of replacing the original brackets by the alternatives is the reduction of man power in manufacturing brackets and 10 to 15% weight saving can be expected in additional. This paper ends with some comments about the extension of the present study.

※Keywords: Alternative bracket (대체 브라켓), Bracket (브라켓), Initial distortion (초기변형), Non-linear structural analysis (비선형 구조해석), Ultimate inplane moment (연내 최종 모멘트)

접수일: 2005년 8월 1일, 승인일: 2006년 1월 22일

† 주저자, E-Mail: jslee2@ulsan.ac.kr

Tel: 052-259-2162

1. 서 론

선체의 탱크 경계 등에서 두 부재가 연결되는부위에서는 연결부의 강도를 유지하기 위해 일반적으로 브라켓으로 보강된다. 이들 브라켓은 선체 부재들의 연결부에 작용하는 모멘트에 대해 저항하는 역할을 하게 된다. 브라켓의 치수는 보강재의 크기에 따라 선급규정에 의하여 결정되는데 (Lloyd's Register, 2004), 설계하중이 어느 수준 이상인 경우에는 플랜지가 부착된 브라켓을 사용할 것을 요구하고 있다. 한편 브라켓의 가공 측면을 보면, 플랜지가 없는 브라켓은 단순히 사각형 판을 대각선을 따라 절단해서 만들어지므로 가공이 용이하나, 플랜지가 있는 브라켓은 그 전개 모양에 따라 절단한 후 플랜지 부분은 냉간가공(cold bending)으로 성형하는 과정을 거쳐서 가공되며 절단과정에서부터 주의를 요하는 등 부수적인 공수가 요구된다. 따라서 생산성 제고 측면에서 플랜지가 있는 브라켓을 플랜지가 없는 브라켓으로 대체할 수 있는지 그 강도에 대한 검토가 필요하다.

본 논문은 선체의 탱크경계에 설치되는 브라켓의 구조적 안정성을 검토한 것으로서, 플랜지가 있는 브라켓을 플랜지가 없는 브라켓으로 대체할 수 있는 가능성이 있는지 그리고 대체할 경우의 치수변경은 결국 브라켓 두께의 증가인데 그 두께의 증가량을 브라켓의 구조적 안전성을 보장하면서 합리적으로 결정할 수 있도록 여러 가지 경우에 대한 최종강도 해석을 수행하였다. 여기에서의 해석 대상 구조는 브라켓 자체인데, 강도의 비교는 구조부재로서 브라켓의 최종강도(ultimate strength)를 기준으로 하였으며, 이때 브라켓에 작용하는 하중이 브라켓이 놓인 면내에서의 모멘트(inplane moment)이므로 여기에서 의미하는 최종강도는 이 모멘트의 최종상태에서의 값으로서 최종 면내 모멘트(ultimate inplane moment)라 하였다.

구조해석은 용접이나 절단 등으로 발생하는 초기 변형(initial distortion)을 고려한 비선형 구조해석을 수행할 수 있도록 개발된 유한요소 해석 프로그램을 사용하여 수행하였는데, 이에는 판 두

께 방향으로의 소성(plastification)이 전파되는 것을 반영할 수 있도록 층요소 접근법(layered approach)을 적용하였다(이주성과 구중도 1983, 이주성 1985).

여기에서는 우선, 본 연구의 선행적 성격의 연구결과로서 플랜지가 없는 브라켓과 있는 브라켓을 대상으로 초기 변형이 최종강도에 주는 영향을 살펴보았다. 그리고 플랜지가 있는 브라켓의 대체 브라켓을 제시하기 위해 플랜지가 없는 브라켓의 두께를 증가시켜서 비선형 구조해석을 수행하였으며, 이로부터 플랜지가 있는 브라켓과 비교해서 유사한 경향의 비선형 구조적 거동을 보이면서 동시에 거의 같은 수준의 최종강도를 갖는 대체 브라켓의 치수를 제안하였다.

본 연구의 해석결과에 의하면 플랜지가 있는 브라켓에서 플랜지를 제거하고, 그 대신 브라켓의 두께를 2.0 ~ 3.0mm 증가시키면 플랜지가 없는 브라켓을 대체할 수 있는 것으로 보인다. 이렇게 할 경우 약 10% 이상의 중량 감소 효과를 기대할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 생산성 관점에서 볼 때 브라켓 자체의 중량감소 보다는 플랜지가 있는 브라켓을 플랜지가 없는 브라켓으로 대체함으로써 시공과정에서 부수적인 공수가 투입되지 않음에 따른 공수 절감의 효과가 더 클 것이다. 결론 부분에서는 본 연구 결과를 요약하였고 본 연구에서 적용한 방법의 확대 적용에 대해 간단히 기술하였다.

2. 해석 대상 브라켓 모델

선체 Tank Boundary에서 주로 사용되는 브라켓은 Fig.1에 보인 바와 같이 종부재와 수직부재에 부착되는 브라켓의 두 변의 길이가 같은 등변형과 두 변의 길이가 다른 부등변형으로 구분된다. 여기에서 등변형을 A 형(A type) 그리고 부등변형을 B 형(B type)이라 하였다.

신상훈 등(2001)은 브라켓과 종 보강재 및 수직부재를 포함한 구조를 대상으로 브라켓 제거방안에 대한 연구를 수행한 바 있다. 브라켓의 역할은 종보강재 및 수직보강재나 판 부재에 부착되어 Fig. 2에 보인바와 같이 이들 연결부에 작용하는

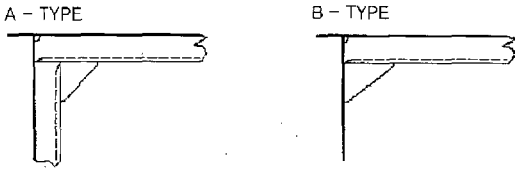


Fig. 1 Types of brackets

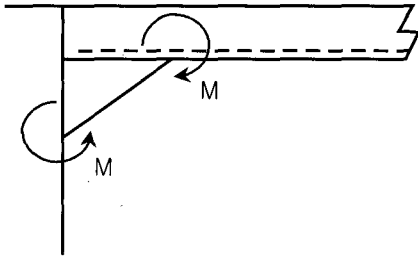


Fig. 2 Loading state at bracket

Table 1 Bracket models

model	scantling
A1	400×400×12.0 with 75FL
A2	450×450×13.0 with 75FL
B1	450×350×11.5 with 75FL
B2	500×400×12.0 with 75FL
B3	550×450×13.0 with 75FL

모멘트에 대해 저항하여 연결성을 유지하는 것이므로, 종보강재 및 수직부재 등 브라켓이 부착되는 구조부재를 포함하는 구조에 대한 해석 보다는 브라켓 자체를 대상으로 연결부에 작용하는 모멘트에 대한 저항능력을 평가하는 것이 바람직하다. 따라서 본 과제에서는 브라켓이 부착되는 부재들을 배제하고 브라켓만을 해석 대상 구조로 선택하였다.

현재 조선소에서 사용하는 브라켓은 종보강재의 치수에 따라 적용되는 규격이 다른데 이는 설계하중에 따른 것이다. 여기에서는 플랜지가 있는 브라켓의 플랜지가 없는 브라켓으로의 대체 가능성을 검토하는 것이 목적이므로, 표준 브라켓 중 플랜지가 있는 브라켓만을 선정하여 Table 1에 그 치수들을 정리하였다. Table 1에서, 예를 들어서,

400×400×13.0 with 75FL은 가로×세로×두께가 각각 400, 400과 13mm이고 플랜지의 높이가 75mm인 브라켓을 표시한다. 모델 A1과 A2는 등변형 (A-type)이고, B1, B2와 B3는 부등변형 (B-type)이다.

3. 최종강도 해석법

해석 대상 브라켓의 좌표축에 대한 정의를 Fig. 3에 보였는데, 이는 Fig. 2를 반시계 방향으로 90° 회전시켜서 브라켓 만을 취한 것으로 종 보강재에 부착되는 변을 y 좌표로 하고 수직 부재에 부착되는 변을 x 좌표로 설정하였다. 브라켓에 작용하는 하중은 면내 모멘트이나, 브라켓은 보강재나 수직부재에 부착된 변이 브라켓이 놓인 면내에서 서로 반대방향으로 회전하는 형태로 거동하는 것으로 볼 수 있는데(Fig. 2 참고), 두 변 중 한 변은 고정되어 있고 다른 변이 회전하는 것으로 모델링 할 수 있으므로 Fig. 3에 보인 바와 같이 변 OA를 따라 면내회전변위(inplane rotational displacement)인 θ 를 단계적으로 증분 시켜 가면서 구조적 거동을 파악할 수 있도록 변위 경계조건을 부여하였으며, 변 OB를 따라서는 단순지지 조건을 부여하였다. 따라서 본 연구에서는 Fig.3에서 변 OA에서 면내 회전 변위를 경계조건으로 부여하는 변위 증분법(displacement incremental method)을 적용하였다(Robert et al. 2002).

구조해석은 탄소성 대변형을 고려한 비선형 해석을 수행할 수 있도록 개발된 유한요소 프로그램인 'MAGLINS(structure analysis program for material and/or geometric linear and non-linear system)'를 본 연구의 목적에 맞도록 변형하여 사용하였으며, 전술한 바와 같이 판 두께 방향으로의 소성이 전파되는 것을 고려하기 위해 Fig. 4와 같이 판 두께를 다수의 층(layer)으로 나누어서 요소가 탄소성 상태에 있을 때 그 면내강성과 굽힘강성을 구하는 층요소 접근법을 적용하였다. 사용한 유한요소는 3절점 삼각형 판 요소이고, 대상 브라켓에 대한 유한요소 모델링의 예를 Fig. 5에 보였다.

용접이나 절단으로 인한 초기변형의 형태는 다

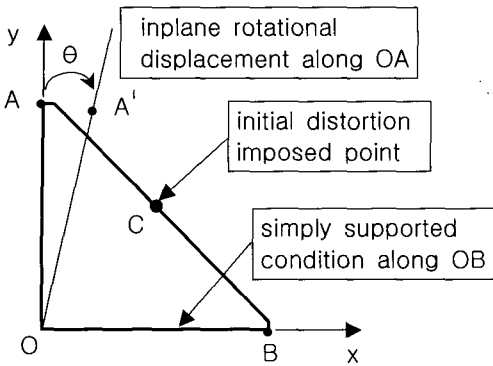


Fig. 3 Coordinate system and boundary conditions

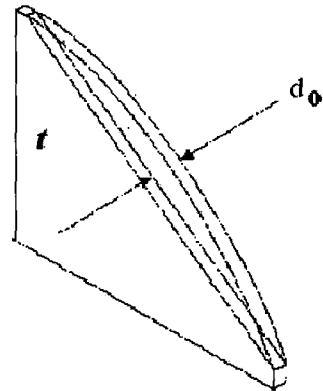


Fig. 6 Shape of initial distortion

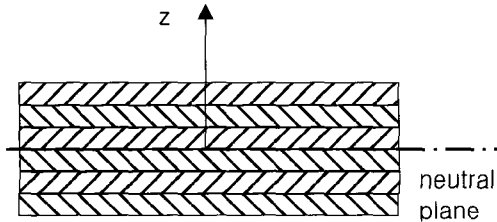


Fig. 4 Layered discretization in thickness direction

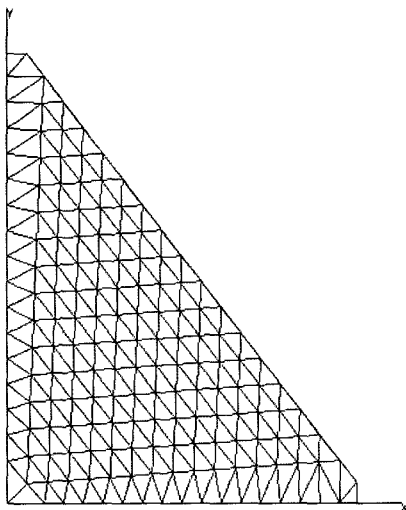


Fig. 5 Finite element modeling for bracket

양할 수 있으나 Fig. 6에 보인 형상을 갖는 것으로 가정하였다. 즉, 초기변형, d_0 는 브라켓 경사 변의 중앙 (Fig. 3에서 C점)에서 브라켓이 놓인 면에 법선방향으로의 변위이다.

앞서 기술한 바와 같이 대상 브라켓의 강도는 면내 모멘트가 되는데, Fig. 3에서 변 OA를 따라 면내회전변위, θ 를 단계적으로 증가시키고 각 증분단계에서 구조해석을 수행한 후 변 OA에 놓인 절점에서 두께 방향으로 각 층에서의 응력을 적분한 단위 길이 당 힘을 구하고, 이 힘의 원점 O에 관한 모멘트를 면내 모멘트, M으로 취하였다. 최종강도로서 최종 면내 모멘트(ultimate inplane moment)는 이렇게 구한 면내 모멘트, M과 처짐 변위가 최대가 되는 브라켓 경사면 중앙 점(Fig. 2에서 C점 위치)에서의 변위 w 사이의 관계 곡선(deflection - inplane moment curve)의 정점 즉, 기울기가 영이 되는 상태에서의 면내 모멘트를 최종 면내 모멘트로 취하였다.

4. 최종강도 해석결과 및 분석

본 절에서는 Table 1에 열거한 5개의 브라켓 모델에 대한 비선형 구조해석을 수행하여 최종강도로서 최종 면내 모멘트를 도출하여 플랜지 유무에 따라 최종강도를 비교 검토하였다. 플랜지가 있는 브라켓은 냉간가공과정을 거쳐서 플랜지 부분을 직각으로 성형하므로 브라켓의 주된 부분과 플랜지 부분의 경계선 근처에서 이미 소성역

(plastic range)에 다다른 잔류 응력이나 절단과정에서 발생하는 변형이 최종강도에 영향을 줄 수 있으나, 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다.

4.1 초기 변형의 최종강도에의 영향

브라켓 구조는 경사진 변이 자유롭기 때문에 플랜지 유무와 관계없이 다른 인자들 보다 초기 변형이 그 최종강도에 영향을 줄 것으로 예상된다. 여기에서는 Model A2를 대상으로 초기 변형이 최종강도인 최종 면내 모멘트에 주는 영향을 파악하였다. 플랜지가 있는 경우는 Table 1에 보인 Model A2의 치수를 그대로 사용하였고, 플랜지가 없는 경우에는 브라켓의 두께를 $t=12.0, 14.0$ 와 16.0 mm인 세 경우에 대해 초기 변형 $d_o = 1.0, 2.0, 3.0$ 과 5.0 mm인 경우에 대해 구조해석을 수행하여 그 결과를 Fig. 7에 표시하였다.

횡축은 초기 변형량을 브라켓의 두께로 무차원화 한 것이고, 종축은 최종 면내 모멘트, M_u 를 설계 면내 모멘트 (design inplane moment), M_d 로 무차원화 하여 표시한 것이다. 여기에서 설계 면내 모멘트는 브라켓이 부착되는 수평 또는 수직부재들의 설계하중을 작용시켰을 때 브라켓 연결부에 작용하는 모멘트인데, 이는 브라켓이 부착되는 부재들과 브라켓이 부담하므로 브라켓이 전적으로 부담하는 것은 아니므로, M_u/M_d 가 1.0 보다 작을 수도 있다. Fig. 7에서 보듯이 플랜지가 있는 브라켓은 초기변형의 크기에 큰 영향을 받지 않는데, 이는 플랜지가 브라켓의 주된 부분에 대해 보강재 역할을 하기 때문이다. 한편, 플랜지가 없는 브라켓은 판 두께와 관계없이 민감한 것을 알 수 있어서, 플랜지가 있는 브라켓을 플랜지가 없는 브라켓으로 대체할 경우 제작과 시공과정에서 초기변형이 허용수준 이하로 유지되도록 관리해야 한다는 점을 주지할 필요가 있다.

4.2 플랜지가 있는 브라켓과 대체 브라켓의 강도 비교

본 절에서는 플랜지가 있는 브라켓에서 플랜지를 제거하여 이를 대체할 브라켓의 두께의 증가량을 산출하기위해 브라켓의 두께를 증가시켜서 구조적 거동과 최종강도의 변화를 파악하는 Case

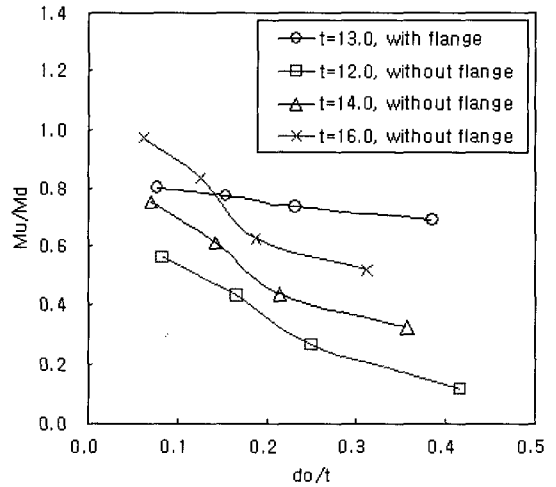


Fig. 7 Ultimate inplane moment to initial distortion for brackets with or without flange (Model A2)

Study를 수행하였다. 브라켓 경사 변 중앙 점에서의 초기 변형, d_o 는 현재 조선소에서 시공시 2.0mm 이내로 유지한다는 점을 감안하여 이후의 모든 해석에서 $d_o=2.0$ mm로서 동일한 값을 부여하였고, 플랜지가 있는 브라켓의 경우 플랜지의 초기변형은 무시하였다.

플랜지가 없는 브라켓의 두께 증가에 따른 최종강도의 증가 추이를 보기위해 A와 B type 중 Model A1과 B1에 대한 해석결과를 Fig. 8에 표시하였다. 횡축은 각 모델의 두께이고 종축은 플랜지가 있는 브라켓의 최종강도(M_u-FL)에 대한 플랜지가 없는 브라켓의 최종강도(M_u-NoFL)의 비이다. Fig. 8에서 보듯이 단순히 플랜지만 제거했을 경우에는 플랜지가 있는 브라켓의 60~70% 수준의 최종강도를 갖지만 두께를 증가시키면 최종강도가 상당량 증가하여, Model A1의 경우 브라켓의 두께를 12.0mm에서 14.0mm로 2.0mm 만큼 증가시키면 그리고 등변형인 Model B1의 경우에는 11.5mm에서 14.5mm로 3.0mm 만큼 증가시키면 플랜지가 있는 브라켓과 거의 동등한 수준의 최종강도를 가질 수 있다는 것을 볼 수 있다. 다른 세 모델에 대해서도 동일한 해석과정을 거쳐서 플랜지가 있는 브라켓과 거의 동등한 수준

Table 2 Results of ultimate strength analysis

bracket with flange			bracket without flange			
model	scantling	M_u/M_d ①	thickness of bracket	M_u/M_d ③	weight ratio	Mu ratio ③/①
A1	400×400×12.0 with 75FL	0.710	14.0	0.697	0.846	0.982
A2	450×450×13.0 with 75FL	0.773	15.5	0.750	0.883	0.970
B1	450×350×11.5 with 75FL	1.112	14.5	1.119	0.908	1.006
B2	500×400×12.0 with 75FL	0.809	14.5	0.782	0.890	0.966
B3	550×450×13.0 with 75FL	0.825	15.0	0.814	0.867	0.986

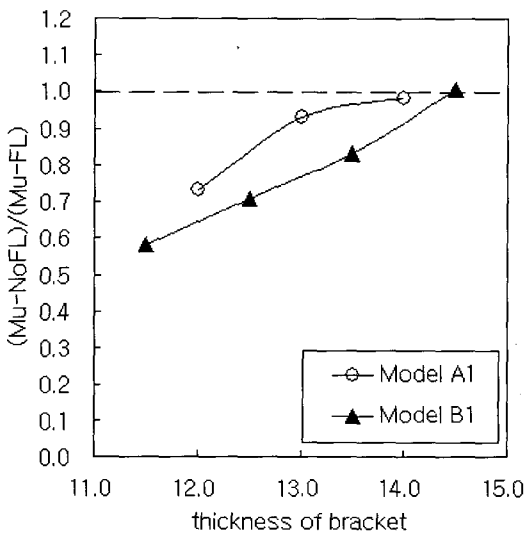


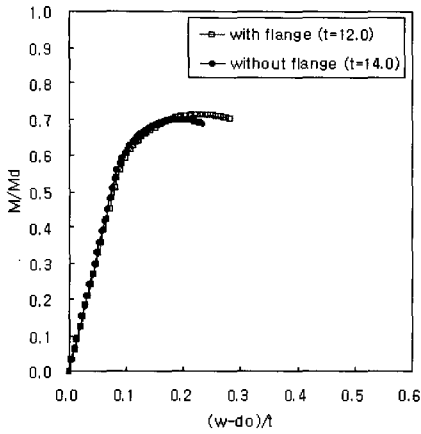
Fig. 8 Ultimate inplane moment ratio to the bracket to thickness

의 최종강도를 가지도록 브라켓의 두께를 결정하여 Table 2에 그 결과를 정리하였다. Table 2에서 최종강도는 설계 면내 모멘트인 M_d 로 무차원화하여 표현하였으며, 플랜지가 없는 브라켓 (bracket without flange)의 'weight ratio'와 'Mu ratio'는 플랜지가 있는 브라켓 (bracket with flange)을 기준으로 플랜지가 없는 브라켓의 중량 비와 최종강도의 비이다.

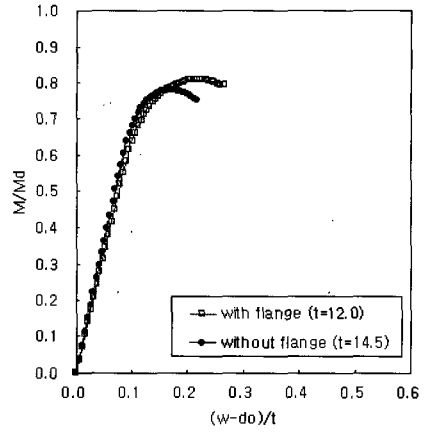
4.3 플랜지가 있는 브라켓과 대체 브라켓의 거동 비교

일반적으로 구조 부재는 적정 수준이상의 강도 뿐만 아니라 강성도 가져야 한다. 전 절에서 제시

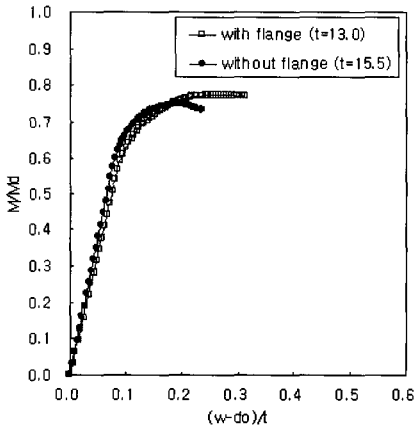
한 플랜지가 있는 브라켓의 대체 브라켓은 플랜지가 있는 경우와 비교해서 강도 측면에서는 거의 동등한 수준의 최종강도를 갖는 것을 확인하였다. 강성은 변위-하중 사이의 관계곡선을 기준으로 평가할 수 있으므로, 플랜지가 있는 원래의 브라켓과 이의 대체 브라켓의 구조적 거동을 비교하기 위해 처짐변위가 최대가 되는 브라켓의 경사선 변의 중앙점(Fig. 3의 C점)에서의 변위와 면내 모멘트 사이의 관계 곡선(deflection - inplane moment curve)을 Table 1의 5개 모델에 대해 Fig. 9에 표시하였다. 예로서 'with flange (t=12.0)'은 플랜지가 있는 브라켓으로서 원래의 두께가 t=12.0mm를 나타내고, 'without flange (t=14.0)'은 플랜지를 제거하고 브라켓의 두께를 14.0mm로 증가시켰음을 나타낸다. 본 연구에서 선정한 5개 모델 모두에 대해 대체 브라켓의 초기 상태에서 최종상태에 이르기까지 구조적 거동은 플랜지가 있는 원래의 브라켓과 유사한 경향을 보이고 있어서 강성 측면에서도 충분하다고 말할 수 있겠다. 그러나 전반적으로 플랜지가 있는 브라켓의 경우에는 플랜지가 보강재 역할을 하기 때문에 최종상태 이후 하중의 제하현상(unloading)이 두드러지지 않으나, 플랜지가 없는 대체 브라켓에서는 하중의 제하현상이 보다 두드러짐을 볼 수 있다. 하중제하 현상은 플랜지 유무와 관계없이 두께가 상대적으로 작은 경우에 더 두드러지게 나타나고 있는데, 후판보다는 박판의 경우 최종강도가 초기 변형에 더 민감하다는 구조역학적인 관점을 고려한다면 박판인 브라켓을 시공할 때 용접으로 인한 변형이 가능한 낮은 수준이 되도록 관리해야 함을 의미한다. 이는 박판 블록의 제작시 용접 등



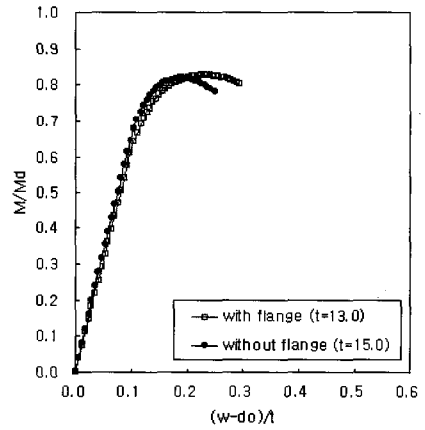
(a) model A1



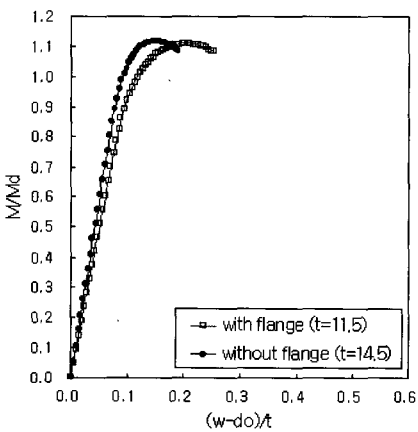
(d) model B2



(b) model A2



(e) model B3



(c) model B1

Fig. 9 Comparison of deflection-inplane moment curves for brackets with and/or without flange

으로 인한 초기 변형을 가능한 낮은 수준으로 유지되도록 주의해야 한다는 점과 맥락을 같이한다.

4.4 대체 가능 브라켓에 대한 검토

4.2절과 4.3절에서의 최종강도 해석결과에 따르면 본 연구에서의 검토 브라켓 모델들에 대해 플랜지를 제거하고 그 대신에 두께를 2.0~3.0mm 증가시키면 원래의 브라켓과 동등한 수준의 최종강도를 가질 뿐만 아니라 강성 측면에서도 충분하여 플랜지가 있는 브라켓을 대체 할 수 있을 것으

로 보인다. Table 2에서 보듯이 대체 브라켓의 최종강도는 원래 브라켓의 최종강도보다 다소 낮다. 그러나 플랜지가 없는 브라켓은 단순히 직사각형 판재를 대각선 방향으로 절단해서 제작되지만, 플랜지가 있는 경우는 플랜지를 포함한 전개면에 따른 절단에 이어 플랜지를 성형하기 위한 냉간가공을 거치므로 이러한 과정에서 발생하는 추가적인 초기변형이나 브라켓의 주된 부분과 플랜지 경계에서의 항복잔류응력 등을 고려하지 않았기 때문에 실제의 최종강도는 본 Table 2에서의 값보다 낮다는 점을 감안한다면 원래 브라켓과 비교해서 대체 브라켓의 실제의 최종강도비는 Table 2의 값보다 클 것이므로 구조적으로 안전한 수준이라고 말할 수 있겠다.

한편, 설계 면내 모멘트에 대한 상대적인 비로 표현된 최종 면내 모멘트, M_u/M_d 가 Model B1을 제외하고 M_d 의 70~80% 수준으로 브라켓의 최종강도가 설계 면내 모멘트 보다 낮은 것으로 보이지만, 실제로 이 설계 면내 모멘트, M_d 는 브라켓이 부착되는 종보강재 및 수직부재(Fig. 2참고)가 부담해야 하고 브라켓의 역할은 두 부재 사이의 연결성을 유지하는 것이므로 설계 면내 모멘트를 브라켓이 전적으로 부담하는 것이 아니라는 점을 고려한다면 원래의 브라켓이나 대체 브라켓 모두 안전성 측면에서도 문제가 없는 것으로 판단된다. Model B1의 경우 모멘트 비인 M_u/M_d 가 1.0을 상회하고 있는데, 본 연구의 비선형 구조해석에서는 초기변형을 일괄적으로 $d_o=2.0\text{mm}$ 로 주었지만, 다른 모델들에 비해 판 두께가 상대적으로 작고 박판 용접시 변형이 더 많이 발생한다는 점을 감안한다면 과도한 설계는 아닐 것으로 생각된다.

이상의 해석 및 그 분석결과로부터 플랜지가 있는 브라켓에서 플랜지를 제거하는 대신에 두께를 2.0~3.0 mm 증가시키면 플랜지가 없는 브라켓으로 대체할 수 있는 것으로 보인다. 이렇게 할 경우 본 연구의 결과에 따르면 약 10~15% 정도의 중량감소 효과가 있고 또한 플랜지를 성형하기 위해 부가적인 절단과 성형과정이 배제됨에 따른 공수 절감의 효과가 있는데, 전자보다는 후자의 효과가 더 클 것이다. 단, 몇 차례 기술하였듯이 플

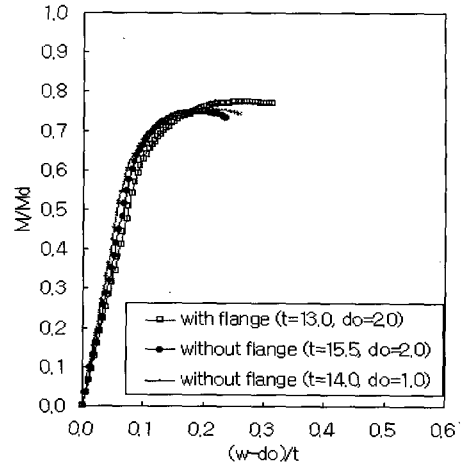


Fig. 10 Comparison of deflection-inplane moment curves for model A2

랜지가 없는 경우 최종강도가 초기 변형에 대단히 민감하기 때문에, 이러한 대체 전제조건은 절단이나 용접으로 인한 초기 변형이 허용수준 이상이 되지 않도록 관리해야 한다는 점이다.

한편, 브라켓의 초기 변형을 허용 수준 이하로 더 낮출 수 있다면, 추가적인 중량 감소의 효과를 볼 수 있다. 예로서, Model A2에 대한 대체 브라켓의 두께는 Table 2에서 보듯이 $t=15.5\text{mm}$ 로 플랜지를 제거하면서 브라켓의 두께를 2.5 mm 증가시켜야 한다. Fig. 10은 Fig. 9(b)에 초기 변형이 $d_o=1.0\text{mm}$ 이고 브라켓의 두께가 14.0 mm인 경우에 대한 변위-면내 모멘트 곡선을 포함시킨 것인데, 보는 바와 같이 원래의 브라켓과 동등한 구조적 거동과 최종강도를 갖는다. 따라서 Model A2에 대해 모델에 대해 초기 변형을 $d_o=2.0\text{mm}$ 에서 1.0 mm로 감소되도록 시공과정에서 관리가 된다면 플랜지가 없는 브라켓의 두께를 15.5 mm 대신 14.0 mm로 제작하여 시공할 수 있어서 더 많은 중량 감소 효과를 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 플랜지가 있는 브라켓을 플랜지가 없는 브라켓으로 대체하는 것에 관한 연구로

서, 비선형 구조해석을 수행하여 강도와 강성을 검토함으로써 플랜지를 제거하는 대신 브라켓의 두께를 증가시켜서 원래의 브라켓과 동등한 수준의 최종강도와 구조적 거동을 갖는 대체 브라켓을 제시하였다. 브라켓의 강도는 브라켓이 놓인 면내에 작용하는 모멘트에 저항하는 능력으로서 최종 면내 모멘트를 기준으로 평가하였다. 본 연구의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 이끌어 낼 수 있겠다.

- 1) 플랜지가 있는 브라켓은 초기 변형의 크기에 큰 영향을 받지 않으나, 플랜지가 없는 경우의 최종강도는 초기 변형에 민감하므로 적정 수준의 강도를 유지하기 위해서는 시공 과정에서 변형에 대한 관리에 주의가 필요하다.
- 2) 본 연구의 검토 대상으로 선정한 브라켓 모델들에 대해 플랜지를 제거하고 그 대신 브라켓의 두께를 2.0~3.0mm 증가시키면 플랜지가 없는 브라켓을 대체할 수 있다. 여기에서 제시하는 대체 브라켓의 최종강도가 원래 브라켓의 최종강도보다 다소 낮다. 그러나 강도저하에 영향을 줄 수 있는데 본 연구에서 고려하지 않은 인자들이 플랜지가 있는 브라켓의 제작과정에서 추가로 발생할 수 있지만, 이의 효과를 구조해석과정에서 반영하지 않았다는 점을 감안한다면, 대체 브라켓은 구조적으로 안전하다고 말할 수 있겠다.

본 연구의 접근방법은 구조 역학적으로 유사한 경우의 적용을 통하여 구조설계의 최적화와 생산성 향상을 동시에 꾀할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 (주)현대미포조선과 울산대학교의 연구비지원으로 이루어진 것임을 밝히며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 신상훈, 최익홍, 이상균, 2001, "선체 Bracket Flange의 제거 방안 연구," 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp. 299-302.
- 이주성, 구종도, 1983, "선체구조물에 관한 비선형 해석연구 - 압축하중 하의 평판과 보강판의 극한 강도해석," 대한조선학회지, 제 20권, 제 1호, pp. 11-20.
- 이주성, 1985, "초기결함을 갖는 평판의 압축최종 강도해석," 대한조선학회지, 제 22권, 제 1호, pp. 31-37.
- Lloyd's Register, 2004, "Welding and Structural Details," Lloyd Rules and Regulations for Classification of Ships, Part 3, Chap. 10
- Robert D.C., David S.M., Michael E.P. and Robert J.W., 2002, "Concepts and Applications of Finite Element Analysis", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc..



< 이 주 성 >



< 이 동 부 >



< 한 두 환 >