

맞대기 용접부의 유한요소해석

A Study on the FE Analysis of Butt Welding

최 병일* , 구 병준*
* 한국철도기술연구원

ABSTRACT The purpose of this paper is to investigate the influence of weld bead profiles on stress concentration factors (K_t). We evaluated K_t by varying three parameters such as toe radii, flank angles and bead heights. The three parameters have similar effects on K_t .

1. 서 론

맞대기 용접에서 용접구조물은 두개의 구조물의 접합을 위해 용접 비드를 가지게 되는데 비드와 구조물의 접합부의 응력집중을 피하기 위하여 일반적으로 그라인딩등의 작업으로 응력 집중을 완화하게 된다. 본 연구에서는 맞대기 용접에 있어서 용접시편과 용접비드가 만나는 접촉부의 형상을 접선각 θ , 용접비드의 높이 H , 용접 지단부의 필렛 반경 r 의 조건을 일정하게 변화시켜 가면서 그 때마다의 응력을 계산하고 경향을 분석하여 각 요소들이 용접부의 응력에 미치는 영향을 정량화 하고자 하였다.

2. 유한요소 모델링

길이 : 210 mm (EDF × 2)
 높이 : 10 mm (CF × 2)
 폭 : 25 mm
 비드높이 : Weld bead height = h
 해석대상인 시편은 길이× 높이× 폭 = 100×10×25 인 두개의 판을 X형 맞대기 용접한 것으로 Fig. 1 은 2차원 해석에 필요한 시편의 $\frac{1}{8}$ 을 보여준다.

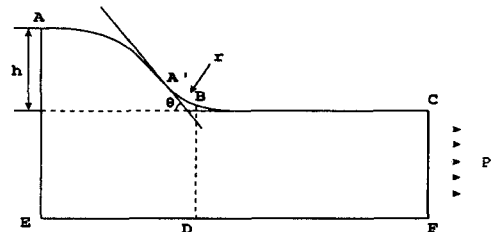


Fig. 1

모델링의 과정을 상세히 설명하면 다음과 같다.

- ① 시편의 모재부분의 측면형상을 모델링하고, 용접비드가 만나는 부분과 관심부위 지점까지 선을 생성하여 구분한다. (Fig. 2)



Fig. 2

- ② 실물형상과 최대한 유사하게 모델링 하기위해 용접비드는 3개의 점을 연결하는 곡선으로

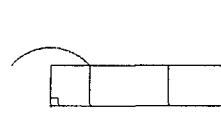


Fig. 3

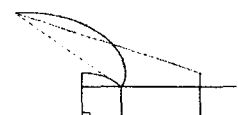


Fig. 4

구성하도록 한다. 두 번째 지점은 각 시편의 H

에 따라서 알맞게 지정하도록 한다(Fig. 3)

- ③ 용접비드와 모재가 만나는 부분에서 약간 떨어진 부분에 접선각에 따라 선을 그리고 이 선을 이용하여 4각형 표면을 생성한다.(Fig. 4)
- ④ 표면을 수정하여 r에 따라 모따기를 한다.(Fig. 5)

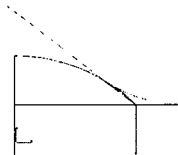


Fig. 5

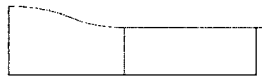


Fig. 6

- ⑤ 따낸 모서리 부분의 나머지를 잘라내어 버리고 호 부분을 용접비드와 모재가 만나는 부분에 접할 때까지 평행이동시킨다.
- ⑥ 비드부분과 접하게 된 호를 합쳐서 한 개의 선으로 구성하도록 한다.
- ⑦ 모델 윗면의 비드와 호를 합쳐, 관심부분까지의 선, 나머지 선, 이 세 선분을 기준으로 표면을 생성한다.
- ⑧ 표면에 Mesh seed를 부여하고 그림과 같이 Mesh를 생성한다.(Mesh 크기는 aspect ratio에 맞추어 $l/t=1/15$ 에 부합하도록 구성한다.

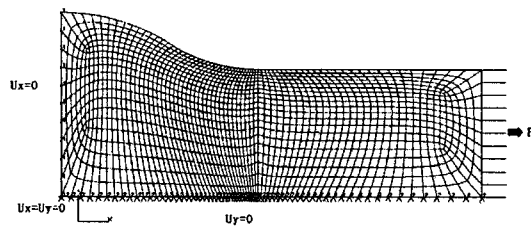


Fig. 7

- ⑨ 경계조건을 설정하고(선AE에 $U_x=0$, 선EDF에 $U_y=0$ / 점E에 $U_x=U_y=0$) 외부 하중을 입력(선CF에 $P=100$ MPa의 압력), 재료의 성질을 설정한 후 해석을 수행한다.
- ⑩ 실제 시편의 형상과 FE model과의 형상을 비교하여 보았다.

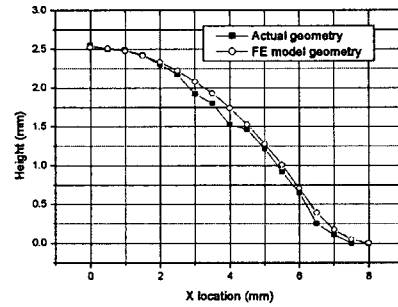


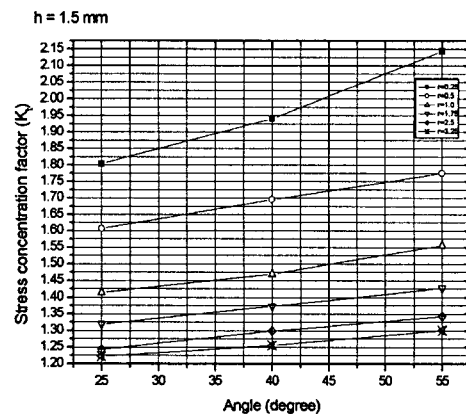
Fig. 8 실제시편형상과 모델의 비교

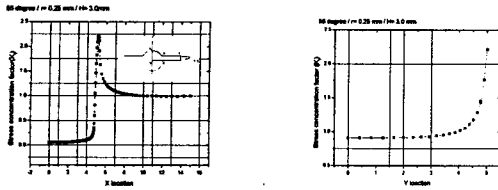
$E = 21,000 \text{ kg/mm}^2$, 그리고 Poisson ratio = 0.3을 사용하였다. 요소는 기본적으로 4 node를 사용하는 사각형 평면 변형률 요소(quad4)를 사용하여 모델링 하였고 aspect ratio에 기준하여 관심부(용접부와 시편이 만나는 부분)에는 세밀하게 요소를 작성하였고 기타 부분은 거친 형상을 이루고 있다.

- 요소 개수 : 1760 개
- Node 수 : 1869 개

3. 해석 절차

r은 용접 지단부의 반지름이고, θ 는 접선각, h는 비드의 높이이며 신뢰성을 확보하기 위하여 r값은 0.25 / 1.0 / 1.75 / 2.5 / 3.25 mm의 다섯가지로 나누었고 θ 는 25° / 40° / 55° 의 세가지 그리고, 비드의 높이 h는 1.5, 2.25, 3.0 mm의 세가지로 하여 총 54개의 형상을 모델링하여 출력된 값에서 von-Mises stress, $\sigma_{xx}(S_{11})$, Principal Stress에 관련한 Stress concentration factor(K_t)를 산출하였다.





(a) on line ABC (b) on line DB

Fig. 9 Stress concentration factors

Fig. 10 Stress concentration factor vs angle variation (h=1.5mm)

Fig. 9는 시험편에서 일반적으로 확인할 수 있는 응력 및 응력집중계수의 분포도로서 시편과 용접 bead가 만나는 지점인 B지점에서의 수평방향과 수직방향의 응력집중계수의 분포도이다 Fig. 9의 peak point가 B 지점을 가리킨다.

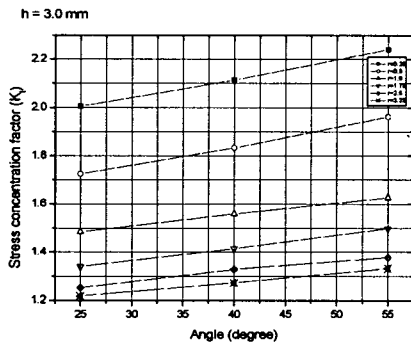


Fig.11 Stress concentration factor vs angle variation (h=3.0mm)

Fig. 10, Fig. 11 은 각각 bead의 높이를 1.5/3.0 일때 용접부의 접선각에 따르는 응력집중계수의 추이를 필렛 반경으로 구분하여 도시하였다.

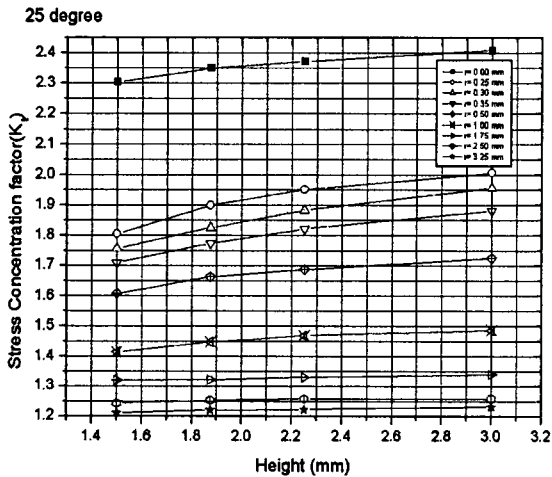


Fig. 12 Stress concentration factor vs height variation (25 degree)

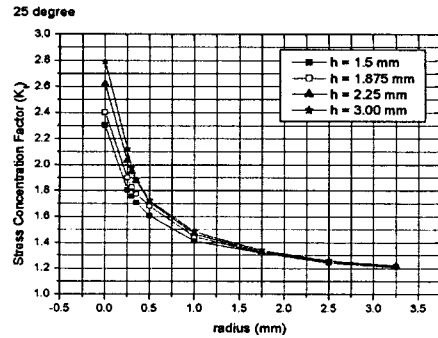


Fig. 13 Stress concentration factor vs radius variation (25 degree)

Fig. 12, Fig. 13에서는 von-Mises 응력분포를 기준으로 25°의 경우, Fig. 14, 15에서는 von-Mises, S_{xx} , 주응력을 사용하여 K_t 를 비교하였다. 주응력의 경우 K_t 가 가장 크고 von-Mises의 경우 K_t 가 가장 작다. bead height와 필렛 반경의 변화에 따르는 응력집중계수의 추이를 세분화하여 도시하였다.

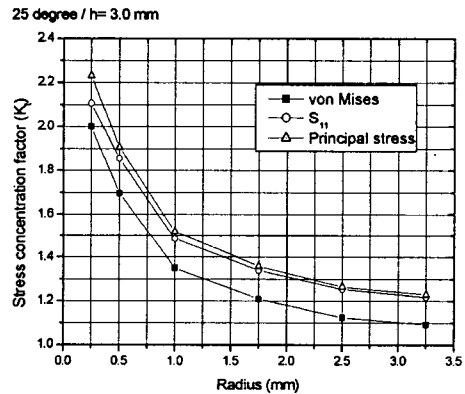


Fig. 14 Stress concentration factor vs radius variation (25 degree/h=3.0)

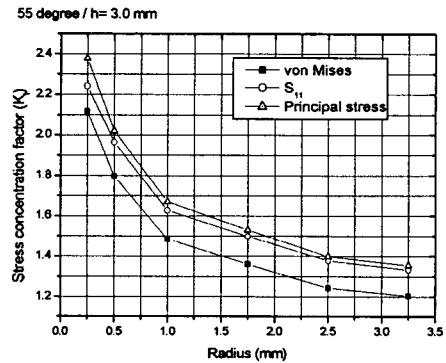


Fig. 15 Stress concentration factor vs radius variation (55 degree/h=3.0)

4. 결 론

Table. 1 Stress concentration factor(von-Mises)

Height	theta	r = 0.0mm	0.25mm	0.35mm	0.5mm	1.0mm	1.75mm	2.5mm	3.25mm
1.5mm	25°	2.195	1.652	1.564	1.461	1.275	1.184	1.115	1.092
	40°		1.792		1.547	1.328	1.238	1.167	1.127
	55°		2.046		1.625	1.413	1.29	1.209	1.169
2.25mm	25°	2.224	1.734	1.682	1.550	1.332	1.197	1.129	1.087
	40°		1.833		1.649	1.392	1.265	1.184	1.141
	55°		2.056		1.747	1.465	1.347	1.241	1.197
3.0mm	25°	2.280	2.000	1.938	1.696	1.351	1.209	1.125	1.093
	40°		2.017		1.694	1.419	1.280	1.199	1.144
	55°		2.118		1.797	1.485	1.360	1.243	1.204

위의 도표는 bead의 높이 필렛 반경 접선각의 세가지 항목으로 응력집중계수를 간략히 기록해 놓은 도표로서 형상에 관한 일반적인 응력 변화의 경향을 나타내고 있다. bead의 높이가 높을수록 접선각이 클수록 필렛반경이 작을수록 응력집중이 커지는 경향을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업(NRL)의 일환으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. J. H. Kim, B. C. Koo, and J. W. Seo : Statistical study on the effect of butt weld bead profiles on fatigue behavior, Journal of KWS, 03S-Pusan (2003), 272-277
2. W. I. Ryu : A study on the effect of annealing in the mechanical properties of butt welded joint, In-ha Univ., 1981.
3. S. H. Ma : A numerical study on fatigue life in butt-welded joints with surface crack under spectrum loading, In-ha Univ., 2000.