

7장 용접

7장 용접

7-1

◆ 용접법의 종류

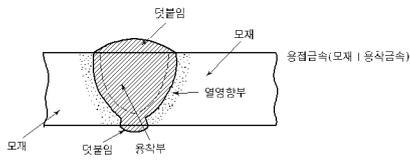
- (1) 용접(fusion welding)
모재를 가열하여 모재와 용가재가 융합하도록 용접
- (2) 압접(pressure welding)
기계적으로 압력을 가하여 접합
- (3) 납땀(soldering)
용점이 낮은 금속을 첨가제로 사용하여 접합

7장 용접

7-2

◆ 용접부의 구성 및 용접부 결함

- 순수 용가재로 이루어진 용착부
- 열에 의해 조직이 변화된 부분인 모재의 열영향부



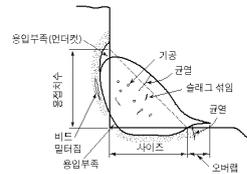
<용접부의 구성>

7장 용접

7-3

용접불량의 원인

용입부족(undercut), 불완전 용접살입힘(overlap), 기공(blow hole), 슬래그 섞임(slag inclusion) 등



<용접부의 결함>

7장 용접

7-4

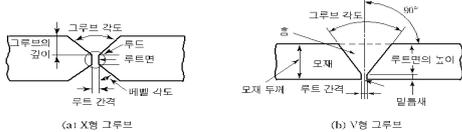
◆ 용접이음의 분류

1. 용접부의 모양에 따른 분류

(1) 그루브 용접(groove weld)

모재 끝의 절개모양에 따른 분류

I형 홈, V형 홈, X형 홈, U형 홈, H형 홈 등



<홈의 각부 명칭과 홈의 형상>

7장 용접

7-5

<그루브의 종류>

a : 부트 간격 b : 부트면 높이 d : 그루브 깊이(홈 깊이)
 θ° : 그루브 각도(홈의 각도) θ° : 베벨 각도 r : 부트 반지름

형식	그루브의 형상	각부 치수
I형		$t = 0.8 \sim 6$ [mm] $a = 1 \sim 3$
V형		$t = 3.2 \sim 19$ [mm] $\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$ $b = 1.5 \sim 2.5$ $a = 2 \sim 4$
X형		$t = 9 \sim 32$ [mm] $\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$ $b = 2 \sim 4$ $a = 2.5 \sim 4$

7장 용접

7-6

(2) 필릿 용접 (fillet weld)
수직에 가까운 두 면을 접합하는 용접

(a) 오목 필릿 용접 (b) 볼록 필릿 용접

<필릿 용접의 단면>

7장 용접 7-7

(a) 볼록 필릿 용접 (b) 오목 필릿 용접

<필릿 용접에 작용하는 하중>

<필릿 용접의 단속>

7장 용접 7-8

(3) 플러그 용접 (plug weld)
접합하고자 하는 모재의 한쪽에 구멍을 뚫고 용접

(a) (b)

<플러그 용접>

7장 용접 7-9

(4) 비드 용접 (bead weld)
모재와 용가재(溶加材)가 용해되어 생긴 금속의 파형(波形)으로 규칙적인 것을 양호한 용착이라 함

<비드 용접>

7장 용접 7-10

(5) 덧붙이 용접 (build-up weld)
치수가 부족한 부분이나 마모된 표면에 보충

<덧붙이 용접>

7장 용접 7-11

2. 모재의 상대적 위치에 따른 분류

- ① 맞대기 용접 이음 (butt weld joint)
- ② 덮개판 이음 (strapped joint)
 - a. 한쪽 덮개판 맞대기 용접 이음
 - b. 양쪽 덮개판 맞대기 용접 이음
- ③ 겹치기 용접 이음 (lap weld joint)
- ④ T형 용접 이음 (T joint)
- ⑤ 모서리 이음 (corner weld joint)
- ⑥ 가장자리 이음 (edge weld joint)

7장 용접 7-12

<용접이음의 종류(모재의 상대적 위치에 따른 분류, JIS)>

맞대기 이음	모재가 거의 같은 평면 내의 용접 이음 한쪽면 용이음 양쪽면 용이음
덮개판 이음	모재 표면과 판과의 접합의 용접으로 한면 덮개판 이음 및 양면 덮개판 이음이 있다.
겹치기 이음	모재의 일부를 접힌 용접 이음, 이것에는 필릿, 스톱, 심, 평납 등의 용접이 있다.
단불림 겹치기 이음	겹치기 이음의 한쪽 부위에 단을 만들어 모재가 거의 동일 평면이 되도록 한 용접 이음

7장 용접 7-13

<아크 및 가스용접에서 이음의 종류와 용접부 형상>

이음종류	용접종류	그루브 용접	필릿 용접	몰리그 용접	비드 용접
맞대기 이음		◎	-	-	○
한쪽 덮개판 이음		-	○	○	-
양쪽 덮개판 이음		-	○	○	-
겹치기 이음		○	○	◎	-
T 이음		◎	◎	○	-
모서리 이음		◎	◎	○	○
가장자리 이음		○	-	○	○

◎: 잘 사용되는 용접, ○: 사용 가능함, -: 사용 안됨

7장 용접 7-14

◆ 용접에 의한 변형과 잔류응력

용접시 용접부위가 가열된 후 냉각

↓

국부적인 잔류응력 발생

잔류응력과 수축에 영향을 미치는 인자

용접면의 영향, 판두께, 재료의 열팽창계수, 예열량, 냉각속도, 용접순서 등

7장 용접 7-15

<맞대기 용접 이음의 변형> <맞대기 용접 이음의 잔류응력>

7장 용접 7-16

※ 변형과 잔류응력을 해소하기 위한 방안

- ① 예하중 : 냉각 후 수축이 예상되는 곳에 인장력 가함
- ② 예열 : 용접부 주위를 미리 고르게 가열
- ③ 맞대기면의 경사각을 줄이면 수축각이 작아짐
- ④ 두꺼운 판은 U형, X형의 맞대기 이음 실시
- ⑤ 재가열 : 용접 후 용접부의 열영향 부위를 재가열
- ⑥ 면가공 : 용접 후 용접면을 두드리거나 면가공 실시

7장 용접 7-17

(a) 등력가중회피 (b) 용접부가 엷갈리게

(c) 입벽적용방향고려 (d) 힘의 작용방향고려

<용접부의 설계 방법 예>

7장 용접 7-18

※ 용접부의 설계 방법

- ① 여러 번 지지분하게 용접하지 않는다
- ② 용접부가 서로 엇갈리게 하여 한 곳만 약하게 하지 않음
- ③ 내부압력이 작용할 경우 압력의 작용방향을 고려
- ④ 하중의 방향을 고려

7장 용접 7-19

◆ 용접효율

용접부의 이음효율 = (용접부의 강도/모재의 강도)

이음효율 η 은

$$\eta = k_1 \cdot k_2$$

k_1 은 이음의 형상계수
 k_2 는 용접계수

- k_1 은 이음의 형식, 하중의 종류에 따라 변화
- k_2 는 용접품질에 따라 변화

7장 용접 7-20

<정하중에 대한 형상계수 k_1 값>

이음의 종류	하중의 종류	k_1
맞대기 용접	인장	0.75
	압축	0.85
	굽힘	0.80
	전단	0.65
필릿 용접	모든 경우	0.60

<용접이음의 허용응력 및 안전율>

하중	이음	설계강도 [kgf / mm^2]	안전계수	허용응력 [kgf / mm^2]
정하중	인장	28~34	3.3~4.0	7.0~10.0
	압축	30~35	3.0~4.0	7.5~12.0
	전단	21~28	3.3~4.0	5.0~8.5
달아올리기 동하중	인장 또는 압축	-	6.0~8.0	3.5~6.0
	전단	-	6.0~8.0	2.5~4.5
진동하중	인장 또는 압축	-	9.5~13.0	2.0~3.5
	전단	-	9.5~13.0	1.5~3.0

7장 용접 7-21

<용접자세(KS B 0106)>

용접 자세	보 기
위보기 자세 (overhead position)	용접선이 거의 수평인 이음을 아래쪽에 용접하는 자세
수평 자세 (horizontal position)	용접선이 거의 수평인 이음을 앞쪽 또는 옆쪽에 용접하는 자세
수직 자세 (vertical position)	용접선이 거의 수직인 이음을 옆에서 용접하는 자세
아래 보기 자세 (flat position)	용접선이 거의 수평인 이음을 위쪽에서 용접하는 자세

7장 용접 7-22

◆ 용접이음의 강도설계

- 용접부위의 응력 계산시 일반적인 강도계산식 사용
- 목두께를 포함하는 단면에 대하여 계산
- 목두께의 길이는 덧붙임을 제외한 길이

목두께

용접부위에 대한 응력을 계산하기 위한 길이
 제일 얇은 단면의 두께를 기준으로 산정

7장 용접 7-23

1. 맞대기 용접

(1) 두께가 같은 모재의 경우

① 인장하중 작용시
 용접부가 받을 수 있는 인장하중 P는

$$\begin{cases} P = \sigma_t (al) \\ P = \sigma_t (tl) \end{cases}$$

l 은 용접길이
 a 는 목두께로서 모재의 두께 t 와 같다

7장 용접 7-24

② 굽힘하중 작용시

용접부의 굽힘응력은

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot (a/2)}{I a^3} = \frac{6 \cdot M_b}{l \cdot a^2}$$

7장 용접 7-25

(a) 목두께와 덧살 용림
(b) 두께가 다른 경우
(c) 두트 간격이 없는 경우

<맞대기 용접이음의 목두께 산정>

7장 용접 7-26

(2) 두께가 서로 다른 모재의 경우

용접부가 견딜 수 있는 인장하중은

$$P = \sigma_t(al)$$

a는 목두께로서 t₁과 t₂중 작은 것을 선택

7장 용접 7-27

2. 필릿 용접

(1) 목(throat)두께의 산정

용접부는 덧살을 제외한 직각 이등변삼각형에서 정함

용접부의 목두께 a는

$$a = f \cdot \cos 45^\circ$$

f는 용접치수

(a) 목두께 a
(b) 목두께 a

<필릿 용접의 목두께 산정>

7장 용접 7-28

(2) 옆면(측면) 필릿 용접

① 하중이 축선 중앙을 따라 작용하는 경우

측면필릿 용접이음에서 전단응력은

$$\tau = \frac{P}{A_s}$$

A_s는 목 단면의 면적

용접부 저항력 P에 대하여 쓰면

$$P = \tau \cdot 2 \left(\frac{f}{\sqrt{2}} l \right)$$

l은 용접부의 길이

7장 용접 7-29

<측면필릿 용접이음>

7장 용접 7-30

② 하중이 축선에서 벗어나 편위(偏位)된 경우

하중이 도심점에 대하여 모멘트 평형을 이루도록 용접길이의 비율 조정

외력 P에 대항하는 용접부의 저항력 P₁, P₂라 하면

$$P = P_1 + P_2$$

$$P_1 = \tau(a \cdot l_1) = \tau \left(\frac{f}{\sqrt{2}} l_1 \right)$$

$$P_2 = \tau(a \cdot l_2) = \tau \left(\frac{f}{\sqrt{2}} l_2 \right)$$

7장 용접

7-31

전단응력은

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$\tau = \frac{\sqrt{2}P}{f(l_1 + l_2)} \quad A \text{는 총 목두께 부분의 단면적}$$

도심점에 대한 모멘트 평형

$$x_1 P_1 = x_2 P_2$$

정리하면

$$x_1 \cdot \tau \cdot (a l_1) = x_2 \cdot \tau \cdot (a l_2)$$

$$x_1 \cdot l_1 = x_2 \cdot l_2$$

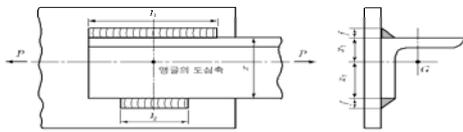
7장 용접

7-32

$l_1 + l_2 = l$ 이므로

$$l_1 = x_2 \frac{l}{x}$$

$$l_2 = x_1 \frac{l}{x}$$



<부재중심위치를부터 편위된 인장하중을 받는 부재의 측면필릿 용접이음>

7장 용접

7-33

(3) 앞면(전면) 필릿 용접

① 한면이음에 인장응력이 작용

$$P = \sigma_t \left(\frac{f}{\sqrt{2}} l \right)$$

② 판두께가 다른 소재의 겹치기 양면이음에 인장응력 작용

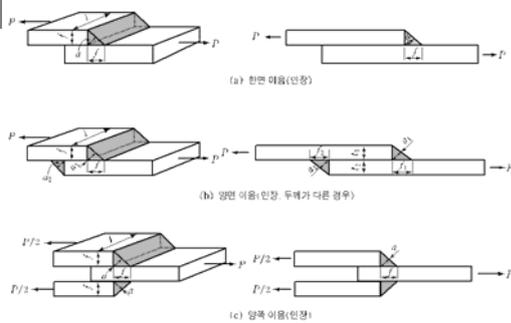
$$P = P_1 + P_2 = \sigma_t \left(\frac{f_1}{\sqrt{2}} l \right) + \sigma_t \left(\frac{f_2}{\sqrt{2}} l \right)$$

③ 판두께가 같은 소재의 겹치기 양쪽이음에 인장응력 작용

$$P = \sigma_t \cdot 2 \left(\frac{f}{\sqrt{2}} l \right)$$

7장 용접

7-34



<앞면필릿 용접이음>

7장 용접

7-35

(4) 굽힘응력이 작용하는 경우

$$\sigma_b = \frac{M_b y_{\max}}{I_{yy}}$$

양쪽 이음한 목단면에 대한 굽힘응력은

$$\sigma_b = \frac{M_b (t/2 + a)}{l(t + 2a)^3} \frac{lt^3}{12} \frac{lt^3}{12}$$

a는 목두께로 $a = f/\sqrt{2}$

7장 용접

7-36

<앞면 필릿 용접이음(균형응력을 받는 양쪽 이음)>

7장 용접 7-37

(5) 편심하중을 받는 필릿 용접이음

① 직접전단력에 의한 전단응력

$$\tau_d = \frac{P}{2A_s}$$

② 비틀림 모멘트에 의한 전단응력

$$T = \int r\tau dA \quad r \text{은 회전중심에서의 거리}$$

각 용접부의 전단응력 크기는 회전중심에서의 거리에 비례

$$\frac{\tau}{r} = \frac{\tau_{\max}}{r_{\max}}$$

7장 용접 7-38

두 식을 결합하면

$$T = \int r\tau dA = \frac{\tau_{\max}}{r_{\max}} \int r^2 dA = \frac{\tau_{\max}}{r_{\max}} I_p$$

I_p 는 용접중심에 대한 극단면 2차 모멘트

최대 전단응력에 대해 표현하면

$$\tau_t = \frac{T \cdot r_{\max}}{I_p} = \frac{(P \cdot e) \cdot r_{\max}}{I_p}$$

P 는 편심하중
 e 는 편심거리

7장 용접 7-39

용접부의 극단면 2차 모멘트는

상하 2측 필릿 : $I_{p1} = \int r^2 adx = 2 \times 2 \times a \int_0^{\frac{b}{2}} \left\{ \left(\frac{h}{2} \right)^2 + x^2 \right\} dx$

$$= \frac{b(3h^2 + b^2)}{6} \times 0.707f$$

좌우 2측 필릿 : $I_{p2} = \int r^2 ady = 2 \times 2 \times a \int_0^{\frac{h}{2}} \left\{ \left(\frac{h}{2} \right)^2 + y^2 \right\} dy$

$$= \frac{h(3b^2 + h^2)}{6} \times 0.707f$$

4측 필릿 : $I_p = I_{p1} + I_{p2} = \frac{(b+h)^3}{6}$

7장 용접 7-40

용접부 중심의 위치를 계산하기 위한 식은

$$\bar{x} = \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2}{l_1 + l_2}$$

$$\bar{y} = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2}{l_1 + l_2}$$

l_1, l_2 는 각 용접선의 길이
 x_1 은 원점에서 l_1 용접선의 중심까지 거리
 x_2 은 원점에서 l_2 용접선의 중심까지 거리

7장 용접 7-41

<편심하중을 받는 필릿용접이음>

7장 용접 7-42