

제 3장

용접 설계

3.1 용접 이음

3.2 이음과 용접부의 명칭

3.3 용접 기호

3.4 강도 계산

3.5 용접 비용

제 3장 용접 설계

3.1 용접 이음

3.1.1 이음의 종류

용접 이음 설계는 강도 용접과 기밀 용접으로 나누어지며 **그림 3.1.1**은 대표적인 용접 이음의 종류(joint types)이다.

AWS A3.0은 이음(joint)을 이어지거나 이어진 부재들의 경계 또는 가장자리로 정의하고 있다. 이음형태 (types of joint)는 맞대기(butt), 모서리(corner), T, 겹침(lap) 및 가장자리(edge) 이음의 5 종류가 있으며, 그 명칭의 의미와 같이 기본적인 이음의 형상 즉, **그림 3.1.1**에서 음영으로 표시된 접촉부 및 용접부에 의해 분류하고 있다.

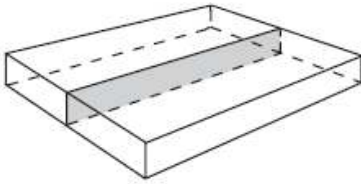
맞대기 이음은 연결되는 두 부재가 동일 평면상에 위치하고 그 가장자리들이 서로 연결되는 이음이며, 모서리 이음은 연결되는 두 부재가 서로 직교하는 평면상에 위치하고 그 선단들이 서로 연결되는 이음이다. T 이음은 모서리 이음과 같이 두 부재가 서로 직교하는 평면상에 위치하되 한 부재의 선단이 다른 부재의 평면에 연결되는 점이 모서리 이음과 서로 다르다. 겹침 이음은 두 부재가 서로 다른 평행하는 평면상에 위치하는 것이며, 두 부재가 서로 겹침으로서 두께가 2배가 되는 구역이 발생한다. 마지막 가장자리 이음은 연결되는 두 부재의 평면이 서로 접촉하고 실제 용접은 이들 평면의 가장자리 또는 이음의 외부에서 이루어진다.

이들 이음 중 한쪽 방향에서 용접하는 편면용접(single side welding)은 각 변형량이 많이 발생하기 쉬우며, 양면용접(both side welding)은 각 변형을 예방할 수가 있게 된다.

이러한 사항들이 이음형태와 함께 용접 설계의 기초가 되며 현장의 시공여건에 맞게 적용해야 한다.

AWS D1.X는 해당 요구사항을 준수할 경우 인증시험 없이 WPS를 작성이 가능한 각 이음의 종류를 명시하고 있다.

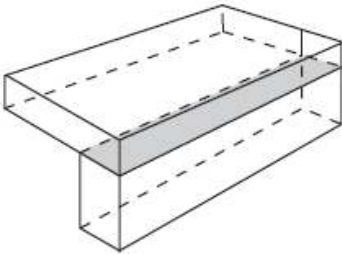
그림 3.1.1 이음의 종류



(A) BUTT JOINT

APPLICABLE WELDS

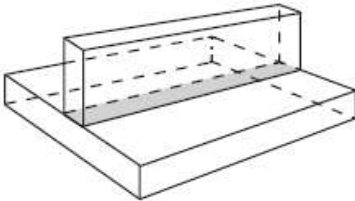
BEVEL-GROOVE	SQUARE GROOVE
FLARE-BEVEL-GROOVE	U-GROOVE
FLARE-V-GROOVE	V-GROOVE
J-GROOVE	BRAZE



(B) CORNER JOINT

APPLICABLE WELDS

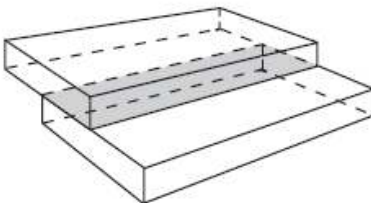
FILLET	V-GROOVE
BEVEL-GROOVE	PLUG
FLARE-BEVEL-GROOVE	SLOT
FLARE-V-GROOVE	SPOT
J-GROOVE	SEAM
SQUARE-GROOVE	PROJECTION
U-GROOVE	BRAZE



(C) T-JOINT

APPLICABLE WELDS

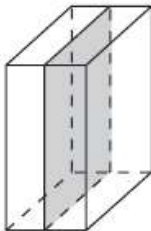
FILLET	SLOT
BEVEL-GROOVE	SPOT
FLARE-BEVEL-GROOVE	SEAM
J-GROOVE	PROJECTION
SQUARE-GROOVE	BRAZE
PLUG	



(D) LAP JOINT

APPLICABLE WELDS

FILLET	SLOT
BEVEL-GROOVE	SPOT
FLARE-BEVEL-GROOVE	SEAM
J-GROOVE	PROJECTION
PLUG	BRAZE



(E) EDGE JOINT

APPLICABLE WELDS

BEVEL-GROOVE	V-GROOVE
FLARE-BEVEL-GROOVE	EDGE
FLARE-V-GROOVE	SEAM
J-GROOVE	SPOT
SQUARE-GROOVE	PROJECTION
U-GROOVE	BRAZE

3.2 이음과 용접부의 명칭

3.2.1 이음의 명칭

용접용어는 가끔 혼란을 야기하며, 유사한 의미의 서로 다른 용어들이 함께 사용되거나 서로 다른 번역으로 인해 의미 전달이 불분명한 경우도 발생하고 있다. 본 장에서는 대한용접학회의 용접용어사전과 AWS 등을 참조하되 정확한 의미 전달을 위해 직역보다는 전력산업 분야에서 많이 사용되는 용어와 표현을 사용한다.

이음의 루트(joint root)는 용접되는 이음 중 부재들이 서로 가장 근접하는 부분으로 정의되며, 점이나 선 또는 면의 형태를 가지며, 용접의 루트(weld root)는 용접단면에서 루트 표면과 모재 표면이 만나는 점(point)이다. 홈면(groove face)은 홈(groove)의 표면을 말하며, 루트면(root face)은 홈 하부에서 서로 평행하게 마주보는 면을 말한다.

개선 형상은 관련 기술기준, 규격 및 표준이나 시방서에 따라 다를 수 있으나 전력산업 분야에 적용되는 배관 및 기기에 대한 표준 개선허상은 관련 장에 기술한다.

그림 3.2.1.1 맞대기이음의 명칭

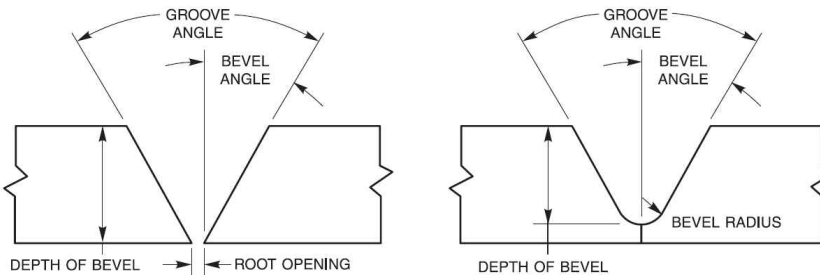
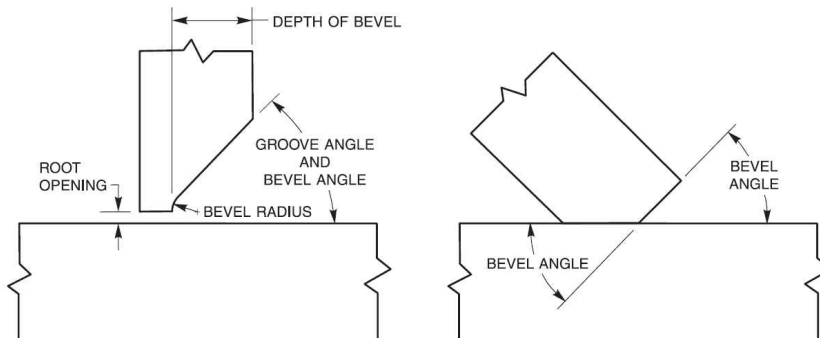


그림 3.2.1.2 T 이음의 명칭



3.2.2 홈용접부와 필렛용접부의 명칭

가장 기본적인 홈용접부와 필렛용접부의 명칭을 그림 3.2.2.1과 그림 3.2.2.2에 각각 나타낸다. 흔히 그루브 이음, 필렛 이음으로 표기하기도 하나 AWS는 이음이 아닌 홈용접(groove weld)과 필렛용접(fillet weld)으로 분류하고 있다.

그림 3.2.2.1 홈용접부의 명칭

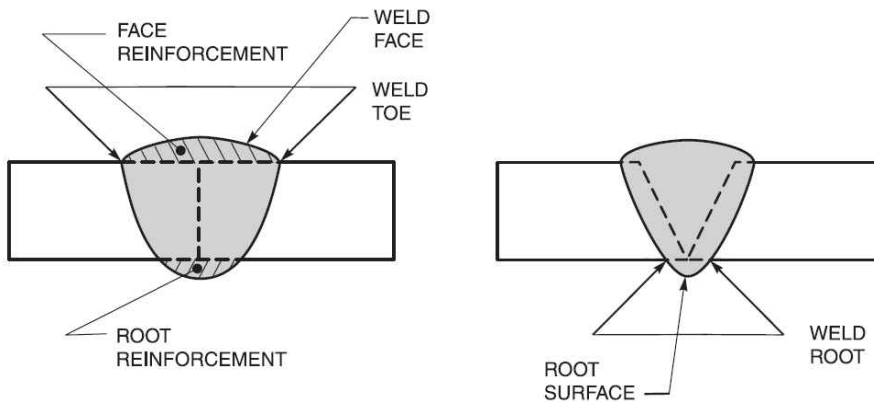
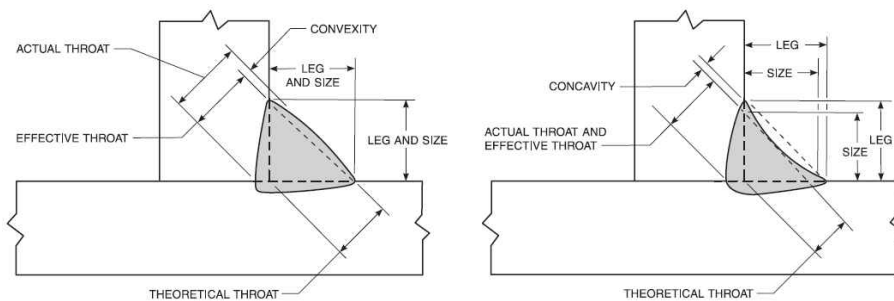


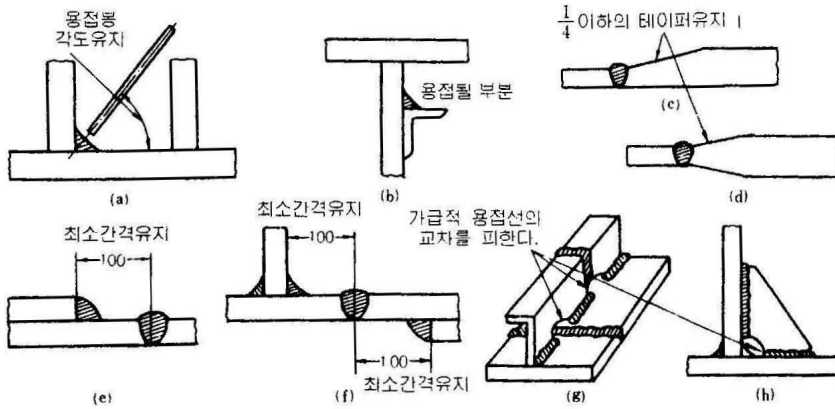
그림 3.2.2.2 필렛용접부의 명칭



3.2.3 이음 설계시 주의사항

이음의 설계는 그림 3.2.3과 같이 적절한 간격이나 테이퍼 등을 유지하여야 하며 일반적인 주의사항은 다음과 같다.

그림 3.2.3 이음 설계시 주의사항



- ① 가능한 아래보기 자세의 용접이 가능하도록 하되, 필렛 용접 보다는 홈용접이 바람직하다. 홈의 형상은 잔류응력 및 변형이 최소가 되도록 하고 가능한 용접량이 작도록 한다.
- ② 적절한 용접 시공 순서와 작업성의 확보가 가능하도록 하여 변형이 최소가 되도록 한다.
- ③ 맞대기 이음의 홈용접은 용입부족 등의 방지를 위해 이면용접이 가능하도록 하며, 가능한 용접부에 모멘트가 작용하지 않도록 하되 모멘트가 작용할 경우 적절하게 보강을 한다.
- ④ 용접 시공 등에 필요한 최소한의 공간을 확보해야 한다. 즉, 접근이 가능하고, 시야가 확보되어야 하며, 용접 시공 및 용접부에 대한 후처리와 검사가 가능하도록 한다. (그림 3.2.3 (a), (b))
- ⑤ 두께가 서로 다른 부재의 맞대기 이음은 두꺼운 모재의 단면을 약 2.5~4 : 1 정도의 테이퍼를 가공하여 응력집중이 발생하지 않도록 한다. (그림 3.2.3 (c), (d))
- ⑥ 용접선이 서로 교차하지 않도록 하되 교차할 경우에는 스캘럽을 추가하여 용접이 가능하도록 한다. (그림 3.2.3 (g), (h))
- ⑦ 용접선이 부분적으로 집중되거나 너무 근접하지 않도록 한다. (그림 3.2.3 (e), (f))
- ⑧ 충격하중 또는 반복하중이 인가되는 구조물의 경우 가능한 응력집중이 발생하지 않는 이음이 되도록 한다.
- ⑨ 내식성을 요구될 경우 가능한 이중 금속간의 용접이음을 피한다.

3.3 용접 기호

3.3.1 용접기호의 표준 위치

용접 구조물의 제작도면에 설계자가 생각하고 있는 용접기호(welding symbol)와 루트 간격(root opening), 개선각(groove angle), 비드면의 형상(contour), 마감(finish), 용접개소(number), 개선 깊이(depth of bevel) 또는 강도(strength), 용접 치수(groove weld size) 또는 필렛용접의 다리길이, 용접의 길이(length of weld)와 용접의 피치(pitch of weld)를 기선(reference line) 부분에, 현장 용접(field weld) 여부, 온돌레 용접(weld-all-around)을 화살표 부분에, 시방서(specification), 용접방법(process) 또는 특기사항(other reference) 등을 표시하기 위하여 AWS A3.0, ISO, KS B0052 등에 용접 기호가 규정되어 있으며 이들 용접 기호는 설명선, 기본용접기호 및 꼬리로 이루어져 있다. 그 기입 장소는 **그림 3.3.2**의 설명선 중 기선을 경계로 하여 위, 아래 부분으로 구분되어 있으며 용접하는 쪽이 화살표 쪽(arrow side) 또는 자기 앞쪽인 경우에는 용접 기호와 치수를 기선의 아래쪽에, 화살표의 반대쪽(other side) 또는 맞은편에 있을 때는 기선의 위쪽, 그리고 양면 용접을 할 경우에는 기선의 양쪽에 모두 기입한다.

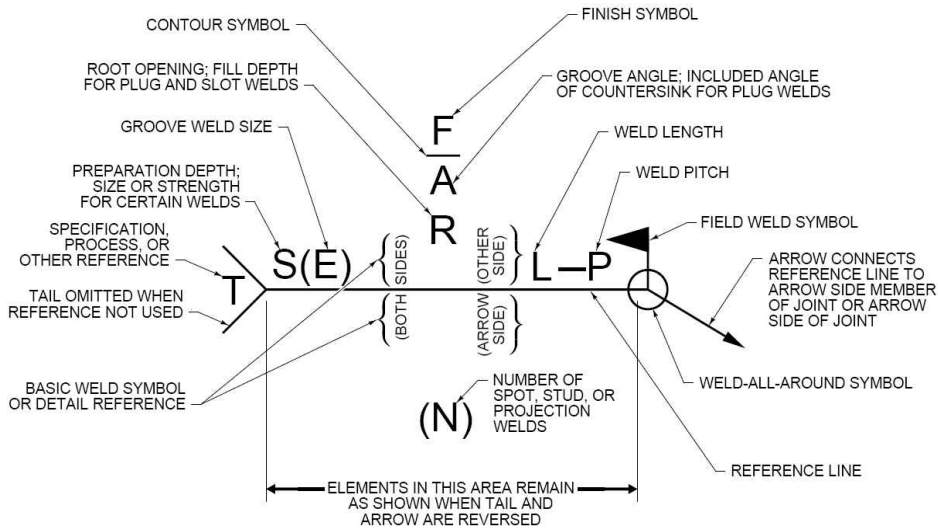
3.3.2 Welding Symbol과 Weld Symbol

정확하게 구분하여 사용해야 할 용어이며, 용접 기호(welding symbol)와 기본 기호(weld symbol)로 번역된다. 전자는 용접이라는 행위(welding) 또는 전체 용접부를 표현하는 집합적 의미를 가지며, 후자는 용접(weld)의 종류라는 제한적 의미를 가지는 서로 다른 부호이다.

기본 기호(weld symbol)는 KS에 기술된 표현으로 용접 기본 기호, 용접 부호 등으로 표현할 수는 있으나 용접 기호(welding symbol)와 혼동하지 않아야 하며, 용접 기호를 구성하는 일부 구성 요소 즉, 용접의 종류(type of weld)를 나타낸다고 AWS는 명시하고 있다. **그림 3.3.3.1**을 참조하기 바라며, AWS A3.0의 정의는 다음과 같다.

- ① 용접 기호(welding symbol) : A graphical representation of a weld.
- ② 기본 기호(weld symbol) : A graphical character connected to the welding symbol indicating the type of weld.

그림 3.3.2 용접 기호



3.3.3 기본 기호와 보조기호

용접기호 표시의 기본이 되는 용접의 종류 및 형상에 대한 기본 기호(weld symbol)는 그림 3.3.3.1과 같다. 이들 기본 기호는 조합하여 사용이 가능하며, 양면 용접은 기본 기호를 기선에 대해 대칭으로 배열하는 방법으로 구성한다.

보조 기호(supply symbol)는 독립적으로 사용되거나 기본기호와 조합하여 사용하며, 그림 3.3.3.2와 같이 용접부의 표면 형상, 용접부 마무리 방법 및 용접 길이 등을 표시하되 특별한 요구사항이 없을 경우 생략이 가능하다.

KS에는 용락(melt through), 소모성 삽입재 및 이당재 기호가 누락되어 있으며, 다듬질 방법은 hammering, rolling 대신 특정 방법을 지정하지 않은 F를 규정하고 있다.

그림 3.3.3.1 기본 기호

WELD ALL AROUND	SITE WELD	COMPLETE PENETRATION FROM ONE SIDE	BACKING OR SPACER MATERIAL	CONTOUR		
				FLUSH	CONVEX	CONCAVE

그림 3.3.3.2 보조 기호

SQUARE	SCARF	V	BEVEL	U	J	FLARE-V	FLARE-BEVEL
FILLET WELD	PLUG WELD OR SLOT WELD	SPOT WELD OR PROJECTION WELD	SEAM WELD	BACKING RUN OR BACKING WELD	SURFACING	WELD	
						EDGE	CORNER

3.3.4 용접기호의 적용례

그림 3.3.4.1 홈용접

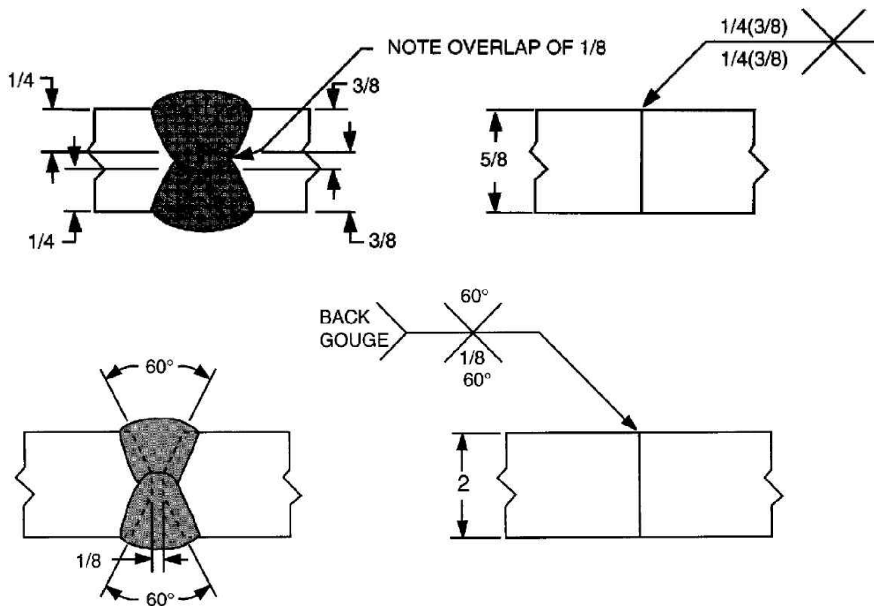


그림 3.3.4.2 필렛 용접

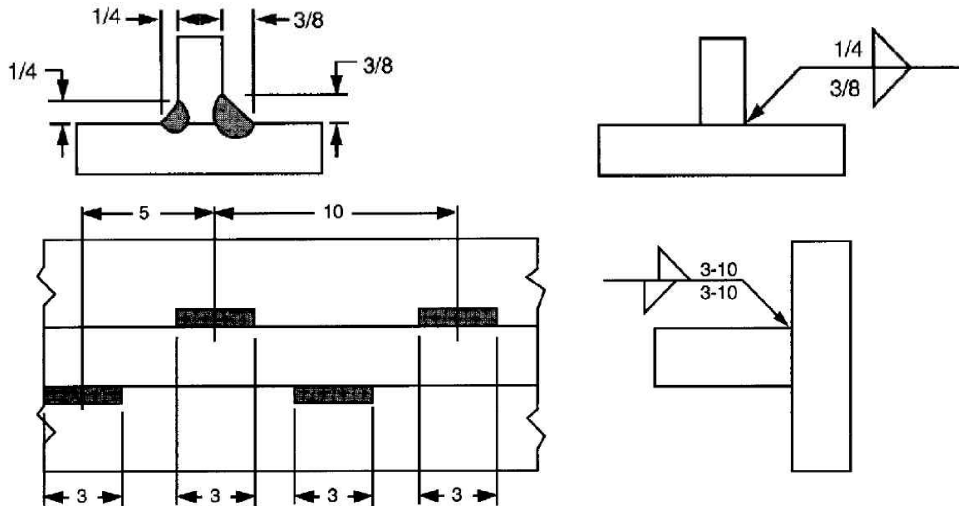


그림 3.3.4.3 Back weld와 backing weld

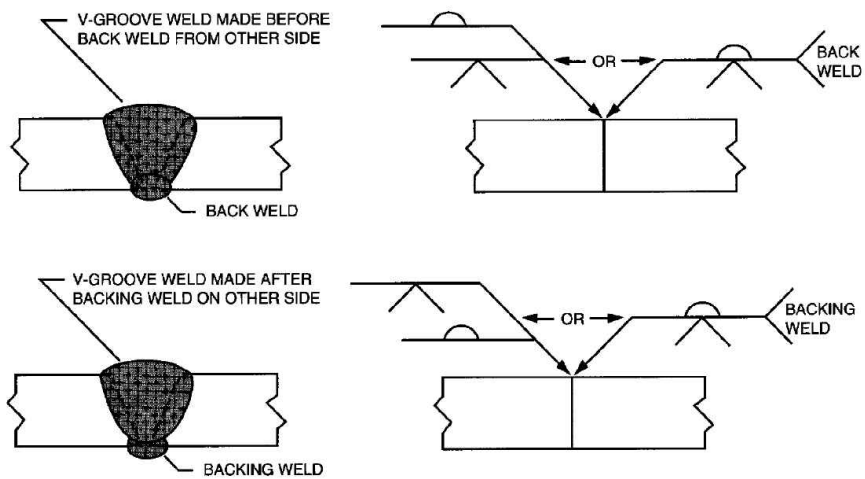


그림 3.3.4.4 이당재와 제거

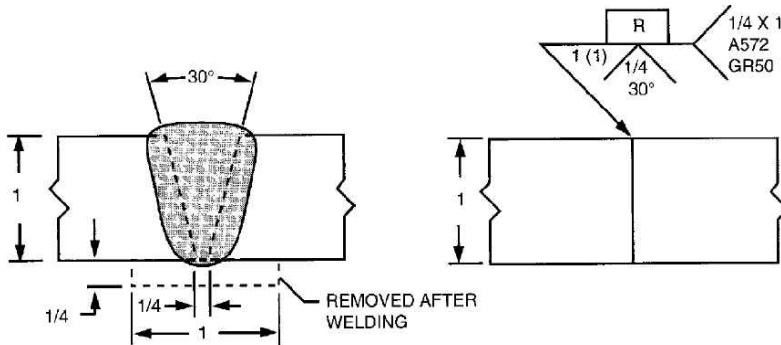
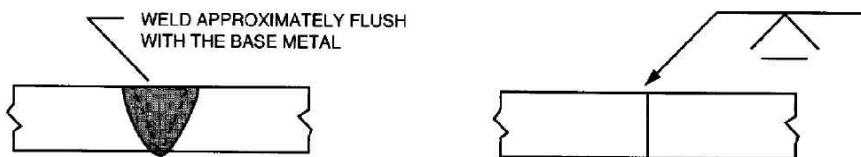


그림 3.3.4.5 표면처리



3.4 강도 계산

3.4.1 용접 이음의 강도 계산

용접 이음의 응력분포나 파단강도의 정확한 계산은 상당히 복잡하므로 이음의 형상과 치수를 결정하기 위한 강도 계산은 하중단면의 균일한 응력분포를 가정하여 계산한다. 그리고 하중단면에 대한 수직응력 또는 전단응력이 허용응력을 초과하지 않도록 이음형상과 치수를 설계한다. 이음의 적정 강도는 맞대기 이음은 모재의 규정된 인장강도와 동일하게하고, 필렛용접 이음은 유효한 하중 단면적을 계산하고 이에 대한 이음의 강도를 계산하거나 복잡한 형상의 경우 시험적으로 구한 계산식을 이용한다. 실제로는 연강의 각종 용접 이음에 대해 다음과 같은 근사치를 주로 적용한다.

- ① 맞대기 : 약 45 kg/mm²
- ② 전면필렛(겹치기) : 약 40 kg/mm²
- ③ 전면필렛(T형) : 약 35 kg/mm²
- ④ 전면필렛 : 약 42 kg/mm²

3.4.2 안전율

용접 이음의 형상과 치수는 이음의 설계응력이 용접금속이 아닌 모재 강도(주로 인장 또는 전단 강도)의 몇 분의 1인 허용응력(allowable stress)을 넘지 않도록 설계한다. 일반적으로 모재의 강도를 허용응력으로 나눈 수치를 안전율(safety factor)이라고 하며 항상 1보다 크다.

안전율은 재질이나 하중의 종류에 따라 설정되며, 용접 이음의 안전율에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다.

- (1) 모재 및 용착 금속의 기계적 성질, 즉 항복점, 인장강도, 연신, 및 충격치
- (2) 재료의 용접성
- (3) 시공 조건
 - ① 용접작업자의 기능
 - ② 용접 방법(수동, 자동, 아크, 가스용접 등)
 - ③ 용접 장비의 상태와 운전
 - ④ 용접 자재
 - ⑤ 이음의 종류와 형상
 - ⑥ 작업 장소(공장, 현장의 구별)
 - ⑦ 용접후의 열처리와 비파괴시험(NDE)
- (4) 하중의 종류(정, 동, 진동하중)와 온도 및 분위기

3.4.3 허용응력

이음의 허용응력을 결정하는 방법에는 2가지가 있다. 그 중 하나는 용착금속의 기계적 성질을 기본으로 안전율을 고려하여 이음의 허용응력과 이음효율을 직접 지정하는 방법이며, 또 다른 하나는 이음효율을 결정한 후 모재의 허용응력에 이음효율을 곱한 값을 이음의 허용응력으로 하는 방법이다.

강재의 허용응력으로는 일반적으로 정하중의 경우 인장강도의 25%(연강에서는 항복점의 약 50%)가 적용되고 있으며, 최근 고향복점을 갖는 고장력강에 대하여는, 인장강도의 33%(항복점의 약 40%)가 적용된다. 이것은 구조물에 하중이 인가되었을 때 재료가 항복하지 않는 것을 전제로 하는 탄성설계(elastic design)에 의한 것이지만, 최근의 용접구조는 재료의 국부적 항복을 허용하는 소성설계(plastic design)를 적용하여 재료와 제작비를 경감시키고 있다.

실제 구조물은 국부적으로는 항복을 하여도 구조물 전체적으로는 보다 큰 하중을 지지할 수 있다. 즉, 탄성한계를 넘는 소성영역까지를 고려해서 구조물을 설계하면 탄성설계의 경우보다 재료의 절감이 가능하다. 단, 소성설계에서는 재료가 충분한 연성을 가져야하므로, 강한 응력집중이나 취성파괴 또는 피로파괴가 일어날 수 있는 구조물에는 적용이 곤란하다.

3.4.4 이음효율

이음효율을 미리주고 모재의 허용응력에 이것을 곱하여 이음의 허용응력을 구하는 방식은 옛날부터 채용되고 있다. 단, 이음효율의 값은 각종 규정에 따라 각각 다르고 또한, 설계상 이음 효율(joint efficiency)이 중요하지만 이것은 이음의 파단 강도가 모재 파단강도의 몇 %인가하는 크기를 나타내는 수치이다. 다음과 같이 인장에서는 이음과 모재의 인장강도비, 전단에서는 이음과 모재의 전단응력비를 사용한다.

$$\text{이음효율} = \frac{\text{용접시험편의 인장(전단)강도}}{\text{모재의 인장(전단)강도}} \times 100$$

3.5 용접 비용

3.5.1 용접재료 소요량

3.5.1.1 산출식

용접재료는 다음 식에 의해 산출할 수 있으나 현장별로 용착 효율의 변화가 심하며 용접재료의 관리 정도에 따라 다소 차이가 발생하므로 경험치 또는 실험적으로 산출하는 것이 보다 정확할 수도 있다.

단, 뒷면 가우징(back gouging)시는 이에 대한 추가량의 고려가 필요하다.

$$W = \rho(A+B)L/\eta$$

주) W ; 용접재료 중량(소요량)

A ; 개섵 단면적

B ; 덧살: 0.1~0.2A(단, 일반적인 경우에 한함)

단면 및 필렛 용접 : 0.1A

양면 용접 : 0.2A

박판, square, 0-gap 등: 비드 폭에 따라 결정되며, 통상 0.2A 초과

ρ ; 비중량(g/mm³(lb/in.³))

C/S : 0.0078(0.28)

S/S : 0.0080(0.29)

Cu 합금 : 0.0086(0.31)

Ni 합금 : 0.0086(0.31)

Al 합금 : 0.0028(0.10)

Mg 합금 : 0.0018(0.065)

Ti 합금 : 0.0047(0.17)

η ; 용착효율

SAW	: 0.95~0.99		
GMAW	: 0.90~0.97		
	Ar+2%O ₂ : 0.98	Ar+25%CO ₂	: 0.96
	CO ₂ : 0.93	metal cored wire:	0.93
FCAW	: 0.80~0.90		
	With Gas : 0.85	No Gas	: 0.82
SMAW	: 0.55~0.75		
	350mm : 0.55~0.65	460mm	: 0.60~0.70
	700mm : 0.65~0.75		

상기 식은 다음과 같이 표기되기도 하나 그 결과는 동일하다.

$$W = D/(1-L)$$

주) D : 용착금속의 중량(= ρ AL, ρ : 비중량, A: 용접단면적, L: 용접길이)

(1-L) = 용착효율(L : 용접재료 손실의 합)

3.5.1.2 덧살의 고려

덧살(reinforcement)의 단면은 산술적인 계산이 다소 곤란하므로 통상 단면적의 10~20%를 추가하거나, 허버트(Hobart)사와 같이 덧살의 높이와 비드(bead) 폭에 의해 표 3.5.1.2와 같이 추가량을 반영할 수도 있다. 단, 추가량 반영 시에는 용착효율을 별도로 고려해야 한다.

표 3.5.1.2 덧살 높이별 추가량

덧살 0.07In.		덧살 0.08In.	
비드 폭(in.)	추가량(Lb/ft)	비드 폭(in.)	추가량(Lb/ft)
3/16	0.044	0.207	0.058
7/32	0.052	0.311	0.085
1/4	0.060	0.414	0.112
3/8	0.089	0.558	0.152
7/16	0.104	0.702	0.189
		0.847	0.232
		1.138	0.310

3.5.1.3 용접길이의 계산

강관의 경우 용접길이의 계산은 통상 호칭지름(nominal pipe size, NPS)을 사용하나,

두꺼운 강관은 다음과 같이 두께를 별도로 고려하여 계산해야 할 경우도 있다.

$$L = \pi D$$

주) 통상적인 강관의 계산 : $D = \text{NPS}$

두꺼운 강관의 계산 : $D = (\text{안지름} + \text{바깥지름})/2$

3.5.1.4 간이 산출식

표 3.5.1.4.X는 AWS Welding Handbook에 기술된 자료 중 일부 수치상의 오류가 수정한 간이 산출식 및 단위길이 당 용접재료 체적(V) 자료로 상당히 유용할 것으로 판단되며, 용접재료 소요량(W)은 전술한 재질별 비중량(ρ)과 용접법별 용착효율(η) 및 용접길이(L)에 의해 쉽게 계산된다.

$$W = \rho VL/\eta$$

주) 1 lb/ft = 1.48816273 kg/m

R = reinforcement, S = root gap, F = root face

표 3.5.1.4.1 필렛 용접(90° , $S = 0$)

다리길이 (in.)	용접재료 체적(V)		다리길이 (in.)	용접재료 체적(V)	
	(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
3/16	0.34	18.2	1/2	1.7	91.4
1/4	0.43	21.1	5/8	2.5	134
5/16	0.68	36.6	3/4	3.6	194
3/8	0.96	51.2	7/8	5.0	269
7/16	1.3	69.9	1	6.4	344

표 3.5.1.4.2 Square-groove 맞대기 이음(양면용접, $S = 0 \sim 3/32$)

모재 두께 (in.)	루트간격 (in.)	용접재료 체적(V)	
		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1/8	0	0.43	23.1
	1/32	0.46	24.7
3/16	1/32	0.71	38.2
	1/16	0.79	42.5
1/4	1/16	0.93	50.0
	3/32	1.0	53.8

표 3.5.1.4.3 Square-groove 맞대기 이음(Backing, S = 0~1/8, R = T)

모재 두께 (T, in.)	root gap (in.)	용접재료 체적(V)	
		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1/8	0	0.21	11.3
	1/16	0.32	17.2
3/16	1/16	0.46	24.7
	3/32	0.53	28.5
1/4	3/32	0.64	33.4
	1/8	0.75	40.3

표 3.5.1.4.4 Single V-groove 맞대기 이음(60°, 양면용접, S = 1/16~1/8, F = 0)

모재 두께 (in.)	루트간격 (in.)	용접재료체적(V)		모재 두께 (in.)	루트간격 (in.)	용접재료체적(V)	
		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)			(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1/4	1/16	0.81	43.5	5/8	1/8	4.8	258
5/16	3/32	1.2	64.5	3/4	1/8	5.7	306
3/8	1/8	2.0	108	1	1/8	10.0	538
1/2	1/8	3.5	188				

표 3.5.1.4.5 Double V(X)-groove 맞대기 이음(60°, 양면용접, S = 1/8, F = 0)

모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)		모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)	
	(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
5/8	3.0	160	1-3/4	14.9	800
3/4	3.9	210	2	18.8	1000
1	6.0	320	2-1/4	23.0	1240
1-1/4	8.5	460	2-1/2	27.8	1500
1-1/2	11.5	620	3	38.5	2070

표 3.5.1.4.6 Single U-groove 맞대기 이음(S = 0, F = 1/8)

모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)		모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)	
	(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1/2	3.0	160	2	20.0	1070
5/8	3.9	210	2-1/4	25.4	1370
3/4	5.4	290	2-1/2	30.0	1610
1	7.9	420	2-3/4	34.6	1860
1-1/4	10.7	580	3	40.0	2150
1-1/2	13.9	750	3-1/2	51.1	2750
1-3/4	17.1	910	4	63.9	3450

표 3.5.1.4.7 Single bevel-groove T-이음 (45°, 단면용접, S = 0, F = 1/8)

모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)		모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)	
	(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1/4	0.21	11.3	5/8	2.0	108
5/16	0.39	21.0	3/4	3.0	160
3/8	0.61	32.8	1	5.7	310
1/2	1.2	64.5			

표 3.5.1.4.8 Single J-groove 맞대기 이음(단면용접, S = 0, F = 1/8)

모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)		모재 두께 (in.)	용접재료 체적(V)	
	(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)		(in ³ /ft)	(mm ³ /mm)
1	5.7	310	2-1/2	22.1	1190
1-1/4	7.9	420	2-3/4	25.7	1380
1-1/2	10.4	560	3	29.6	1590
1-3/4	13.2	710	3-1/2	38.2	2050
2	15.7	840	4	47.5	2550
2-1/4	18.6	1000			

3.5.2 강관 맞대기 표준이음의 용접재료 소요량

표 3.5.2.2은 AWS D10.12에 기술된 탄소강 강관의 맞대기 표준이음에 대한 용접재료 소요량으로 그림 3.5.2.1은 강관 맞대기 표준이음의 치수이다.

그림 3.5.2.1 강관 맞대기 표준이음

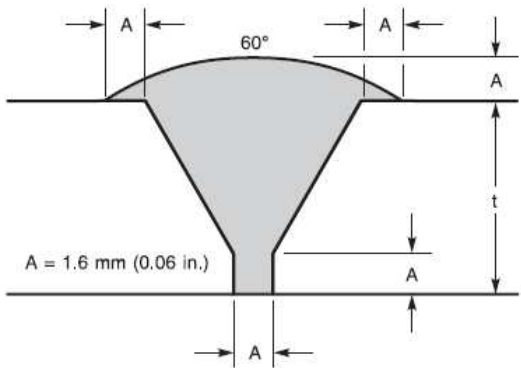


표 3.5.2.2 강관 맞대기 표준이음의 용접재료 소요량

Nominal Pipe Diameter Size Number			Outside Diameter (OD)		Inside Diameter (ID)		Wall Thickness		Weight of Filler Metal	
DN	NPS	Sch.	mm	(in.)	mm	(in.)	mm	(in.)	kg	(lb)
40	1-1/2	5	48.3	(1.90)	45.0	(1.77)	1.7	(0.07)	0.009	(0.02)
40	1-1/2	10	48.3	(1.90)	42.7	(1.68)	2.8	(0.11)	0.014	(0.03)
40	1-1/2	40	48.3	(1.90)	40.9	(1.61)	3.7	(0.15)	0.018	(0.04)
40	1-1/2	40	48.3	(1.90)	45.0	(1.77)	1.7	(0.07)	0.009	(0.02)
60	2		60.3	(2.38)	56.1	(2.21)	2.1	(0.08)	0.014	(0.03)
60	2		60.3	(2.38)	54.8	(2.16)	2.8	(0.11)	0.018	(0.04)
60	2	40	60.3	(2.38)	52.5	(2.07)	3.9	(0.15)	0.023	(0.05)
60	2		60.3	(2.38)	51.8	(2.04)	4.2	(0.17)	0.027	(0.06)
60	2		60.3	(2.38)	49.3	(1.94)	5.5	(0.22)	0.032	(0.07)
65	2-1/2		73.0	(2.88)	68.8	(2.71)	2.1	(0.08)	0.018	(0.04)
65	2-1/2		73.0	(2.88)	66.9	(2.64)	3.1	(0.12)	0.023	(0.05)
65	2-1/2	40	73.0	(2.88)	62.7	(2.47)	5.2	(0.20)	0.041	(0.09)
65	2-1/2		73.0	(2.88)	62.0	(2.44)	5.5	(0.22)	0.045	(0.10)
80	3		88.9	(3.50)	84.7	(3.33)	2.1	(0.08)	0.018	(0.04)
80	3		88.9	(3.50)	82.8	(3.26)	3.1	(0.12)	0.027	(0.06)
80	3		88.9	(3.50)	82.5	(3.25)	3.2	(0.13)	0.027	(0.06)
80	3		88.9	(3.50)	81.4	(3.20)	3.8	(0.15)	0.036	(0.08)
80	3		88.9	(3.50)	81.0	(3.19)	4.0	(0.16)	0.036	(0.08)
80	3		88.9	(3.50)	79.3	(3.12)	4.8	(0.19)	0.045	(0.10)
80	3	40	88.9	(3.50)	77.9	(3.07)	5.5	(0.22)	0.059	(0.13)
80	3		88.9	(3.50)	76.7	(3.02)	6.1	(0.24)	0.068	(0.15)
80	3		88.9	(3.50)	76.2	(3.00)	6.4	(0.25)	0.073	(0.16)
80	3		88.9	(3.50)	74.6	(2.94)	7.1	(0.28)	0.086	(0.19)
90	3-1/2		101.6	(4.00)	95.2	(3.75)	3.2	(0.13)	0.032	(0.07)
90	3-1/2		101.6	(4.00)	93.7	(3.69)	4.0	(0.16)	0.041	(0.09)
90	3-1/2	40	101.6	(4.00)	89.4	(3.52)	6.1	(0.24)	0.077	(0.17)
90	3-1/2		101.6	(4.00)	88.9	(3.50)	6.4	(0.25)	0.082	(0.18)
90	3-1/2		101.6	(4.00)	88.7	(3.49)	6.5	(0.25)	0.082	(0.18)
90	3-1/2		101.6	(4.00)	86.9	(3.42)	7.3	(0.29)	0.104	(0.23)
100	4		114.3	(4.50)	106.4	(4.19)	4.0	(0.16)	0.049	(0.11)
100	4		114.3	(4.50)	105.6	(4.16)	4.4	(0.17)	0.054	(0.12)
100	4		114.3	(4.50)	104.7	(4.12)	4.8	(0.19)	0.063	(0.14)
100	4		114.3	(4.50)	104.0	(4.09)	5.2	(0.20)	0.068	(0.15)
100	4		114.3	(4.50)	103.2	(4.06)	5.6	(0.22)	0.077	(0.17)
100	4	40	114.3	(4.50)	102.3	(4.03)	6.0	(0.24)	0.086	(0.19)
100	4		114.3	(4.50)	101.6	(4.00)	6.4	(0.25)	0.091	(0.20)
100	4		114.3	(4.50)	100.0	(3.94)	7.1	(0.28)	0.109	(0.24)
100	4		114.3	(4.50)	98.5	(3.88)	7.9	(0.31)	0.122	(0.27)
100	4	80	114.3	(4.50)	97.2	(3.83)	8.6	(0.34)	0.150	(0.33)
100	4	100	114.3	(4.50)	92.0	(3.62)	11.1	(0.44)	0.227	(0.50)

Nominal Pipe Diameter Size Number			Outside Diameter (OD)		Inside Diameter (ID)		Wall Thickness		Weight of Filler Metal	
DN	NPS	Sch.	mm	(in.)	mm	(in.)	mm	(in.)	kg	(lb)
125	5		141.2	(5.56)	133.3	(5.25)	4.0	(0.16)	0.059	(0.13)
125	5		141.2	(5.56)	131.7	(5.18)	4.8	(0.19)	0.077	(0.17)
125	5		141.2	(5.56)	130.1	(5.12)	5.6	(0.22)	0.095	(0.21)
125	5	40	141.2	(5.56)	128.1	(5.04)	6.6	(0.26)	0.122	(0.27)
125	5		141.2	(5.56)	126.9	(5.00)	7.1	(0.28)	0.136	(0.30)
125	5		141.2	(5.56)	125.4	(4.94)	7.9	(0.31)	0.163	(0.36)
125	5		141.2	(5.56)	123.7	(4.87)	8.7	(0.34)	0.190	(0.42)
125	5	80	141.2	(5.56)	122.2	(4.81)	9.5	(0.37)	0.218	(0.48)
125	5	120	141.2	(5.56)	115.8	(4.56)	12.7	(0.50)	0.358	(0.79)
150	6		168.4	(6.63)	160.5	(6.32)	4.0	(0.16)	0.073	(0.16)
150	6		168.4	(6.63)	159.7	(6.29)	4.4	(0.17)	0.082	(0.18)
150	6		168.4	(6.63)	158.8	(6.25)	4.8	(0.19)	0.091	(0.20)
150	6		168.4	(6.63)	158.1	(6.22)	5.2	(0.20)	0.100	(0.22)
150	6		168.4	(6.63)	157.3	(6.19)	5.6	(0.22)	0.113	(0.25)
150	6		168.4	(6.63)	155.7	(6.13)	6.4	(0.25)	0.136	(0.30)
150	6	40	168.4	(6.63)	154.2	(6.07)	7.1	(0.28)	0.163	(0.36)
150	6		168.4	(6.63)	152.6	(6.01)	7.9	(0.31)	0.195	(0.43)
150	6		168.4	(6.63)	150.9	(5.94)	8.7	(0.34)	0.227	(0.50)
150	6		168.4	(6.63)	149.3	(5.88)	9.5	(0.38)	0.263	(0.58)
150	6	80	168.4	(6.63)	146.5	(5.77)	11.0	(0.43)	0.336	(0.74)
150	6		168.4	(6.63)	143.0	(5.63)	12.7	(0.50)	0.431	(0.95)
200	8		219.1	(8.63)	211.2	(8.31)	4.8	(0.16)	0.118	(0.26)
200	8		219.1	(8.63)	208.8	(8.22)	5.2	(0.20)	0.132	(0.29)
200	8		219.1	(8.63)	207.9	(8.19)	5.6	(0.22)	0.150	(0.33)
200	8	20	219.1	(8.63)	206.4	(8.13)	6.4	(0.25)	0.181	(0.40)
200	8	30	219.1	(8.63)	205.0	(8.07)	7.0	(0.28)	0.213	(0.47)
200	8		219.1	(8.63)	203.2	(8.00)	7.9	(0.31)	0.254	(0.56)
200	8	40	219.1	(8.63)	202.7	(7.98)	8.2	(0.32)	0.268	(0.59)
200	8		219.1	(8.63)	201.6	(7.94)	8.7	(0.34)	0.299	(0.66)
200	8		219.1	(8.63)	200.0	(7.88)	9.5	(0.38)	0.345	(0.76)
200	8	60	219.1	(8.63)	198.5	(7.81)	10.3	(0.41)	0.395	(0.87)
200	8		219.1	(8.63)	196.9	(7.75)	11.1	(0.44)	0.454	(1.00)
200	8	80	219.1	(8.63)	193.7	(7.63)	12.7	(0.50)	0.567	(1.25)
200	8		219.1	(8.63)	190.5	(7.50)	14.3	(0.56)	0.698	(1.54)
200	8	100	219.1	(8.63)	188.9	(7.44)	15.1	(0.59)	0.771	(1.70)
200	8		219.1	(8.63)	187.3	(7.38)	15.88	(0.63)	0.848	(1.87)

3.5.3 용접작업자 효율

용접작업자 효율(operator factor)은 전체 작업시간에 대한 아크시간 또는 실 용접시간의 합리적인 비율로서 상기 용접재료 소요량과 직접적인 관련은 없으나 용접비용 산출에 필수적이며, 각 용접법의 자동화 정도에 따라 다음과 같다.

- － 수동 용접 : 0.3~0.5 － 반자동 용접 : 0.6~0.7
- － 기계화 용접 : 0.4~0.9 － 자동 용접 : 0.5~1.0