

강구조 건축물 용접부의
비파괴 검사 기준 (안)

2001년 7월 23일

건설교통부

대한건축학회

목 차

제 1 장 총 칙

1.1 적용범위	5
1.2 일반사항	5
1.3 용어의 정의	5
1.3.1 육안검사	6
1.3.2 침투탐상 검사	6
1.3.3 지분탐상 검사	7
1.3.4 초음파탐상 검사	8
1.4 등급분류 및 판정	10
1.5 검사기술자	10

제 2 장 강구조 용접부의 비파괴 검사 구분

2.1 적용범위	11
2.2 검사의 구분	11
2.3 용접부위별 검사구분	11
2.4 건축물의 중요도별 검사구분	11
2.5 검사범위 및 검사개소	12
2.6 검사로트의 구성 및 표본추출	12
2.7 용접개소 선정방법	13

제 3 장 육안 검사

3.1 적용범위	14
3.2 측정기기	14
3.3 검사방법	14
3.3.1 표면결함의 검사	14
3.3.2 스티드용접부의 검사	14
3.4 검사항목	14
3.5 결함의 등급분류	15
3.6 육안검사의 합격기준	16
3.7 검사기록	16

제 4 장 침투탐상 검사

4.1 적용범위	18
4.2 검사기기 및 시험편	18
4.2.1 검사장치	18
4.2.2 대비 시험편	18
4.2.3 검사방법의 분류	18
4.2.4 검사의 순서	19
4.2.5 검사의 조작	19
4.3 검사방법	20
4.4 탐상제	20
4.4.1 탐상제의 점검	20
4.4.2 탐상제의 보관	20
4.5 침투지시 모양 및 결함의 분류	21
4.5.1 침투지시 모양의 분류	21
4.5.2 결함의 분류	21
4.6 침투탐상검사의 합격기준	22
4.7 검사기록	22

제 5 장 자분탐상 검사

5.1 적용범위	23
5.2 검사기기 및 표준 시험편	23
5.2.1 검사장치	23
5.2.2 표준 시험편 및 대비시험편	24
5.3 검사방법	25
5.3.1 검사방법의 종류	25
5.3.2 검사의 조작	26
5.3.3 전처리	26
5.3.4 자 화	26
5.3.5 자분의 적용	27
5.3.6 자분모양의 관찰	27
5.3.7 탈 자	28
5.3.8 재검사	28

5.4 결함자분 지시모양 및 결함의 분류	28
5.4.1 자분지시모양의 분류	28
5.4.2 결함의 분류	29
5.5 자분탐상검사의 합격기준	29
5.6 검사기록	29

제 6 장 초음파탐상 검사

6.1 적용범위	31
6.2 검사 기기 및 표준·대비시험편	31
6.2.1 탐촉자	31
6.2.2 접촉매질	32
6.2.3 표준 시험편 및 대비 시험편	33
6.3 검사표면 조건	33
6.4 검사방법	33
6.5 수직탐상법	33
6.5.1 용접부 내부결함의 검사	34
6.5.2 사각형 단면 내부에 있는 다이아프램의 일렉트로 슬래그 용접부 용입폭정	37
6.6 경사각 탐상법	38
6.6.1 경사각 일탐촉자법	38
6.6.2 탠덤(Tandem)탐상법	44
6.7 결함의 분류 및 평가길이	47
6.7.1 탐상법과 결함의 분류	47
6.7.2 결함 평가길이	47
6.7.3 결함의 등급	48
6.8 초음파 탐상 검사의 합격기준	48
6.8.1 단위용접선	48
6.8.2 합격 기준	48
6.9 검사기록	49

제 1 장 총 칙

1.1 적용 범위

이 기준은 강구조 건축물 용접부를 비파괴 시험법으로 검사하고 판정하기 위한 일반적인 사항에 대하여 적용한다.

1.2 일반 사항

- (1) 비파괴 검사의 대상은 강구조 건축물 용접부의 표면 결함 및 내부 결함을 검출하는 것으로 한다. 표면 결함은 육안 검사와 침투 탐상 검사 또는 지분 탐상 검사로 하며, 내부 결함은 초음파 탐상 검사 또는 방사선 투과검사로 구분하여 적용한다.
- (2) 강구조 건축물 용접부의 비파괴 검사구분은 이 기준에 규정된 용접 부위별 검사 구분과 건축물의 규모 및 용도별 검사구분에 따라 결정하며 제작중 검사, 입회 검사, 반입 검사, 현장 검사에 적용한다.
- (3) 피로하중을 받는 건축물과 이 기준에서 규정하지 아니한 사항은 특기시방서의 규정에 따른다.
- (4) 제 2장은 강구조 비파괴검사를 위한 용접부 구분 및 검사범위 등에 대하여 기술한다.
- (5) 제 3장은 강구조 건축물 용접 이음부 및 접합부에 대한 육안검사에 적용하며, 표면결함, 용접부의 크기, 외관형상의 검사를 적용대상으로 한다.
- (6) 제 4장은 강구조 건축물의 용접 이음부 및 접합부에 대한 침투탐상검사에 적용하며, 이 장에서 규정하는 기준 이외의 사항은 KS B 0816에 따른다.
- (7) 제 5장은 강구조 건축물 용접 이음부 및 접합부에 대한 지분탐상검사에 적용하며, 이 장에서 규정하는 기준 이외의 사항은 KS D 0213 (1994)에 따른다.
- (8) 제 6장은 강구조 건축물 용접부의 초음파탐상 검사방법, 등급 분류 및 합격 기준에 대하여 적용한다.

1.3 용어의 정의

이 기준에서 사용되는 용어는 다음과 같다.

1.3.1 육안 검사

- (1) 스파터(spatter) : 아크 용접이나 가스 용접에 있어 용접 중에 날리는 슬래그 및 금속 가루가 남아 있는 상태
- (2) 언더컷(undercut) : 용접비드와 모재의 경계에서의 용접선을 따라서 모재가 파여져, 용착 금속이 채워지지 않고 홈이 남아 있는 부분
- (3) 오버랩(overlap) : 용접에서 용착 금속이 가장자리에서 모재에 융합되지 않고 겹쳐진 상태이며, 인접한 모재와의 각도가 90°이내일 때를 말한다.
- (4) 용입폭 : 사각형 단면 내부의 다이어프램(Diaphragm)을 일렉트로 슬래그(Electro Slag) 용접으로 스킨 플레이트(Skin Plate)에 용접할 때의 용입폭 (그림 1.1 참조).

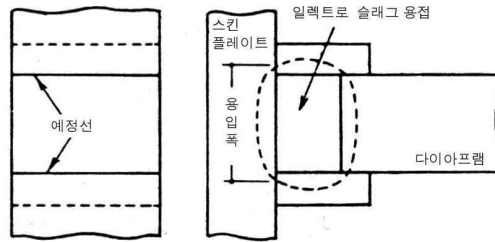


그림 1.1 용 입 폭

- (5) 크레이터(crater) : 용접 비드의 종단부에서 용융지가 꺼진 상태
- (6) 터짐 : 용접부에 발생하는 결함중 가장 중요하고 위험한 것으로, 가로 균열, 세로 균열, 루트 균열, 비드 균열, 설파 균열, 크레이터 균열 등이 있다. 갈라짐이라고도 한다.
- (7) 피트 : 용착 금속부 및 모재와의 경계부에서 용접 표면에 생기는 작은 흠집 구멍

1.3.2 침투탐상 검사

- (1) 건식 현상제 : 현상 분말이 건조된 상태에서 적용되는 현상제
- (2) 속건식 현상제(速乾式, 現像劑) : 현상 분말이 휘발성의 유기용제에 분산시켜 적용되는 현상제
- (3) 수세성능(水洗性能, Water Washability) : 검사 용접부의 표면으로부터 침투제를 물로 세척할 수 있는 침투제의 성질
- (4) 수세성 침투제 : 검사부 표면에 덮여있는 침투제를 물로 세척할 수 있도록 유화제를 혼합한 침투제의 일종
- (5) 습식 현상제 : 현상 분말을 물 또는 기름과 같은 액체에 혼합되어 적용되는 현상제
- (6) 염색 염료 : 백색광 아래에서 관찰할 때 검사 용접부 표면의 배경에 대조(對照)하여 지시모양이 충분히 진한 색을 나타낼 수 있도록 사용하는 염료
- (7) 염색 침투제 : 백색광 아래에서 불연속부 지시모양의 가시성을 확보하기 위하여 충분히 명암도 가강한 염료를 혼합한 침투제
- (8) 용제세척 : 침투제를 용제(溶劑)로 씻거나 문질러서 검사 용접부 표면으로부터 과잉의 침투제를

제거하는 공정

- (9) 유화시간 : 유화제를 별도의 순서에 의해 적용시킨 후 검사 용접부를 세척하기 전에 유화제가 작용하도록 허용되는 시간
- (10) 유화제(乳化劑) : 침투제와 혼합한 후 물로 표면을 세척할 수 있도록 검사 용접부 표면의 침투제 위에 적용하는 물질
- (11) 침투시간 : 침투제를 표면에 적용시킨 후 검사 용접부 표면에 있는 불연속부로 침투제가 침투되도록 허용되는 시간
- (12) 침투제 : 불연속부의 지시모양을 만들어내기 위해 불연속부에 침투되는 유체
- (13) 현상시간 : 현상제를 적용하고 지시모양의 관찰을 위해 검사 용접부를 검사하는 사이의 시간
- (14) 현상제 : 침투제 지시모양을 나타내도록 하기 위하여 검사 용접부의 표면에 적용시키는 미세한 분말 재료
- (15) 형광 염료 : 어두운 곳에서 자외선과 같은 단파 방사선을 비추면 형광을 발생시키는 염료
- (16) 형광 침투제 : 불연속부로부터 지시모양의 가시성(可視性)을 증대시키기 위해 형광 염료를 혼합한 침투제
- (17) 후유화성 침투제(後乳化性 浸透劑) : 검사부 표면에 별도의 순서로 유화제를 적용 후 물로 세척할 수 있으며, 유화제를 포함하지 않은 침투제의 일종

1.3.3 자분탐상 검사

- (1) 건식법 : 자분 적용 방법의 하나로서, 건조된 자분을 분산시키는데 사용하는 방법
- (2) 검사액 : 자분탐상 검사시 습식법에 사용하는 자분을 분산 현탁시킨 액체
- (3) 결함 자분모양 : 검사 용접부의 결함에 자분이 흡착(吸着)되어 생긴 자분모양
- (4) 도체패드(導體 Pad) : 검사 용접부의 국부적 소손(燒損)을 방지하는 목적으로 검사 용접부와 전극 사이에 끼워서 사용하는 것으로서, 검사면이 양호하게 반전(反轉)되며, 전류를 잘 전도하는 것
- (5) 반자장 : 검사 용접부를 자화시켰을 때, 검사 용접부에 생긴 자극에 의하여 발생하며, 가(加)한 자장을 감소시키는 자장
- (6) 분축매(分軸賣) : 자분을 잘 분산시킨 상태로 검사 시험품의 표면에 적용하기 위한 매체가 되는 기체 또는 액체
- (7) 비형광 자분 : 형광을 발생하도록 처리를 하지 않은 자분
- (8) 습식법 : 자분의 적용 방법의 하나로서, 자분을 적당한 액체에 분산 현탁(懸濁)시켜서 사용하는 방법.
- (9) 연속법 : 자화 전류를 통하거나 또는 영구 자석을 접촉시켜 주면서 자분의 적용을 완료하는 방법
- (10) 유효 자장(磁場) : 검사하는 부분에 실제로 움직이고 있는 자장
- (11) 의사(疑似)모양 : 결함 이외의 원인에 의하여 나타나는 자분모양
- (12) 의사지시(擬似指示) : 결함 이외의 원인으로 나타나는 지시모양
- (13) 자분(磁粉) : 검사에 사용되는 강자성체(強磁性體)의 미세한 분말
- (14) 자분모양 : 검사 용접부의 표면에 자분이 부착하여 생긴 모양
- (15) 자분의 적용 : 자분을 검사 용접부의 결함 등에 용이하게 도달시키는 조작
- (16) 자화(磁化) : 검사 용접부에 자속(磁束)을 발생시키는 행위
- (17) 자화전류 : 검사 용접부에 자속(磁束)을 발생시키는데 사용하는 전류

- (18) 잔류법 : 자화 전류를 단절시킨 후에 자분을 적용하는 방법
- (19) 정류식(整流式) 장치 : 교류를 직류로 바꾸어 자화 전류를 공급하게 하는 자화 장치
- (20) 탈자(脫磁) : 검사 용접부에 남아있는 자기(磁氣)를 제거하는 행위
- (21) 표피 효과 : 검사 용접부에 가한 교류 전류나 교류 자속이 표면 가까운 부분에 모이는 현상
- (22) 형광 자분 : 자외선의 조사(照射)에 따라 형광을 발생하도록 처리한 자분

1.3.4. 초음파탐상 검사

- (1) 거리진폭 특성곡선 : 초음파 탐상에서 빔노정에 의한 에코높이의 변화를 표시하는 곡선
- (2) 검출레벨 : 결함으로 평가하기 위하여 정한 결함 에코높이의 최저 한계레벨
- (3) 결함 지시길이 : 용접부의 초음파탐상에 있어서 탐촉자의 이동 거리에 따라 추정된 결함의 결보기 길이
- (4) 경사 평행주사(走査) : 경사각 탐상에 있어서 두갈래주사의 간편한 방법으로서 1개의 탐촉자만을 써서, 용접선에 대하여 경사지게 탐촉자를 놓고 용접선에 평행하게 이동시키는 주사 방법
- (5) 공칭주파수 : 탐촉자에 표시되어 있는 주파수
- (6) 교정 눈금판 : 에코높이 구분선을 기입한 눈금판 또는 보조 눈금판
- (7) 굴절각 : 굴절된 초음파와 경계면의 법선이 이루는 각도
- (8) 근거리 분해성능(分解性能) : 수직법에서 탐상면에 근접한 반사원에 관한 분해성능(分解性能)
- (9) 게이트(gate) : 결함에코 등, 필요한 에코만을 꺼낼 목적으로 시간축 상에 한정된 범위
- (10) 게인(gain) : 수신기의 신호전압이 증폭하는 정도
- (11) 눈금판 : 브라운관의 앞면에 부착하는 것으로 세로축, 가로축 모두 등간격 눈금으로서 세로축에 % 눈금이 붙여진 것
- (12) 두갈래주사 : 경사각 탐상에 있어서 가로터짐 등 용접선에 직각방향의 결함을 검출하기 위하여 용접선의 양쪽에 1개씩 탐촉자를 놓는 이 탐촉자법
- (13) 대비시험편 : 특정 시험재를 위한 시험편으로서, 탐상기의 감도 조정 등의 표준으로 사용되어 시험재와 유사 재질의 것이 사용되는 수가 많다. (약호 RB - Reference Block)
- (14) 목들림주사 : 경사각 탐상에 있어서 탐촉자의 입사점을 중심으로 탐촉자를 회전시켜, 용접선에 대한 초음파 빔의 방향을 변화시키는 주사 방법
- (15) 보조 눈금판 : 에코높이 구분선을 기입하기 위하여, 시간축의 눈금만을 기입하고 다른 것은 투명한 채로 둔 눈금판
- (16) 빔노정(Beam路程) : 초음파 빔이 시험재 속을 통과한 편도거리. 탄뎀주사 및 두갈래주사의 경우는 초음파 빔이 시험재 속을 통과한 거리의 1/2의 거리
- (17) 스킵거리(skip거리) : 경사각 탐상에서 초음파 빔이 탐상면 반대쪽 면에서 반사하여 되돌아 온 점과 입사점 사이의 탐상면 위의 거리
- (18) 스킵점 : 경사각 탐상에 있어서 초음파 빔이 탐상면에 1회 반사되어 되돌아 온 점을 1스킵점이라 한다
- (19) 시간축 : 기본 표시에서 표시기의 가로축
- (20) 시험 주파수 : 초음파 시험에 사용하는 초음파의 주파수
- (21) 영역(領域) : 에코높이에 따라 결함의 크기를 추정하기 위하여 교정 눈금판 위에 표시된 에코높이의 범위

- (22) 이탐촉자법 (이탐법) : 초음파의 송신 및 수신을 각각 다른 탐촉자로 시행하여 탐상하는 방법
- (23) 일탐촉자법 (일탐법) : 초음파의 송신 및 수신을 1개의 탐촉자로 시행하여 탐상하는 방법
- (24) 에코 : 시험체의 결함, 저면, 경계면 등에서 반사하여 수신된 펄스 및 브라운관에 표시된 지시
- (25) 에코높이 구분선 : 결함 에코높이를 영역으로 구분하여 평가하기 위한 선. 일반적으로는 여러 개의 거리진폭 특성곡선으로 구성된다.
- (26) 예정선 : 사각형 단면 내부의 다이아프램 상단과 하단 위치를 스킨 플레이트 바깥 측에 표시한 선(그림 1.1참조)
- (27) 원거리 분해성능(分解性能) : 탐상면에 떨어진 곳에 있는 반사원에 관한 분해성능(分解性能)
- (28) 전후주사 : 경사각 탐상에 있어서 탐촉자를 용접선에 직각 방향(즉 전후 방향)으로 이동시키는 주사 방법
- (29) 접근 한계길이 : 경사각 탐촉자의 입사점으로부터 탐촉자의 밑면의 선단까지의 길이를 말하고, 용접 비이드에 얼마만큼 접근할 수 있는가를 표시한다.
- (30) 주사(走査) : 시험체의 시험 위치에 탐촉자를 상대적으로 움직이는 방법
- (31) 지그재그주사 : 경사각 탐상에 있어서 용접부를 거친 탐상 할 때 다수의 목돌림주사를 섞어 전후주사를 하면서 용접선에 평행하게 이동시키는 주사 방법
- (32) 직사법 : 경사각 탐상에 있어서 뒷면에 반사시키지 않고, 직접 결함을 겨냥하는 방법으로서 탐촉자 결함거리는 0~0.5Skip의 범위가 된다.
- (33) 직접 접촉법 : 탐촉자를 직접 시험체에 접촉시켜 탐상하는 방법
- (34) 진동자의 공칭치수 : 진동자의 유효라고 간주되는 치수. 단순한 모양의 전극을 가진 진동자의 경우는 전극의 치수와 대략 같다.
- (35) 진자주사(振子走査) : 경사각 탐상에 있어서 결함을 중심으로 한 원주상을 중심을 향하여 탐촉자를 흔들며, 결함에 대한 초음파 빔의 방향을 변화시키는 주사 방법
- (36) 좌우주사 : 경사각 탐상에 있어서 탐촉자-용접부 거리를 일정하게 하여, 탐촉자를 용접선에 평행하게 이동시키는 주사 방법
- (37) 초음파 : 20KHz 이상의 음파
- (38) 측정 범위 : 눈금판 또는 보조 눈금판의 시간축의 풀 스케일로 표시된 빔노정의 범위
- (39) 탐상면 : 탐촉자를 주사하는 면
- (40) 탐상 유효범위 : 목적으로 하는 결함에 필요한 자분 상태의 범위에서 1회의 자분 적용 조작에 의하여 결함 자분모양이 형성되고, 그 결함 자분모양이 관찰 조작으로 확실히 식별되는 범위
- (41) 탐촉자-용접부 거리 : 경사각 탐촉자의 입사점으로부터 용접부까지의 탐상면 상의 거리로서 PWD(Probe Welding Distance)로 쓴다
- (42) 탠덤주사 : 후판 용접부의 경사각 탐상 등의 경우, 2개의 경사각 탐촉자를 용접부의 한쪽에서 전후로 배열하여, 하나는 송신용으로 다른 하나는 수신용으로 하는 탐상 방법
- (43) 펄스 : 극히 짧은 시간만 지속하는 신호
- (44) 표준 구멍 : 규격화된 모양·치수의 구멍
- (45) DAC (Distance Amplitude Correction) : 전자적으로 이루어지는 거리진폭 보상(補償)의 약호
- (46) STB (Standard Test Block) 굴절각 : 표준 시험편 STB-A1 또는 STB-A3을 사용하여 측정할 굴절각

1.4 등급 분류 및 판정

- (1) 용접부의 결함에 대한 비파괴 검사는 기준에서 제시하고 있는 검사항목, 범위 및 검사개소 선정의 원칙에 따라 시행한다.
- (2) 용접부 결함의 등급은 비파괴 검사 결과에 따라 기준에서 제시하는 규정에 의해 분류하며, 이 등급 분류에 따라 검사 대상의 합격, 불합격을 판정한다.

1.5 검사 기술자

- (1) 육안 검사를 담당하는 기술자는 강구조물 제작 및 시공 분야에 관여하는 자로서 건설기술관리법 시행령 제 4조의 중급 기술자 이상으로 한다.
- (2) 침투탐상 검사, 자분탐상 검사, 초음파탐상 검사를 담당하는 기술자는 국가 기술 자격 보유자로 한다. 다만, 국가 기술 자격과 동등 이상의 국제 자격 보유자로 할 수 있다.

제 2 장 강구조 용접부의 비파괴 검사구분

2.1 적용범위

이 장은 강구조 건축물의 용접부 비파괴검사를 위한 검사구분과 검사범위 및 용접개소를 산정하는데 적용한다.

2.2 검사의 구분

- (1) 용접부의 검사는 2.3의 용접부위별 검사구분 및 2.4의 건축물의 규모 및 용도별 검사구분에 따라 표면 결함검사 및 내부 결함검사로 구분한다.
- (2) 표면결함 검사는 육안검사와 침투탐상검사 또는 자분탐상검사를 실시하고, 내부결함검사는 초음파 탐상검사를 기본으로 한다.
- (3) 모든 용접부는 육안검사를 실시한다.
- (4) 부분용입 용접부이 표면결함검사는 침투탐상검사 또는 자분탐상검사를 적용한다.
- (5) 완전용입 용접부는 표면결함 검출을 위한 침투탐상검사 또는 자분탐상검사와 내부결함 검출을 위한 초음파탐상검사를 적용한다.
- (6) 표면결함 검사위치와 내부결함 검사대상부분을 용접정도(완전용입, 부분용입), 작용하중종류(인장, 굽힘, 압축)에 따라 구분한다.

2.3 용접부위별 검사구분

필릿용접부의 검사는 표면 결함검사를 기본으로 한다.

맞대기용접부의 검사는 표면 결함검사 및 내부 결함검사를 구분하여 실시한다. 다만 부분용입 맞대기 용접부의 검사는 표면 결함검사를 기본으로 한다.

2.4 건축물의 중요도별 검사구분

강구조 용접부의 비파괴 검사는 건축물의 규모 및 용도별로 표 2.1의 구분에 따라 검사한다.

표 2.1 용접부의 비파괴 검사에서 건축물의 규모 및 용도별 검사구분

중요도 구분	건축물의 용도 및 규모
특	<ul style="list-style-type: none"> · 연면적이 1천 제곱미터 이상인 위험물 저장 및 처리시설 · 종합병원, 병원, 방송국, 전신전화국, 발전소, 소방서, 공공업무시설 및 노약자시설 · 15층 이상 아파트
1	<ul style="list-style-type: none"> · 연면적이 5천 제곱미터 이상인 관람집회시설 · 운동시설, 운수시설, 전시시설, 및 판매시설 · 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사 및 아파트
2	· 중요도 구분 (특) 및 (1) 에 해당하지 않는 건축물

2.5 검사범위 및 개소

- (1) 용접부의 비파괴 검사는 건전한 용접부를 제작·시공하기 위하여 제작사 검사, 현장반입 검사, 현장용접 검사에 적용한다.
- (2) 용접부의 비파괴 검사는 표면 결함검사, 내부 결함검사 순으로 하며, 시공자는 검사 범위 및 검사 위치를 건축주, 감리자와 협의하여 결정한다.
- (3) 표면결함 검사중 육안검사는 전용접부위를 대상으로 한다.
- (4) 표면 결함의 검사중 침투탐상검사, 자분탐상검사는 육안검사 성적이 좋지 않은 부위를 기본으로 하여, 표본 추출하여 20 % 이상 검사 한다.
- (5) 내부 결함검사는 검사로트별로 임의 추출하여 20 % 이상 검사한다.
- (6) 내부 결함검사는 표면 결함검사를 합격한 부위 중, 검사성적이 좋지 않은 부위를 기본으로 하며 감리자가 지정하는 것으로 한다.
- (7) 건설기술 관리법 24조에 따른 철구조물 제작공장 인정을 취득한 공장에서 가공하고 자주 검사가 이루어진 경우 10 % 이상의 검사개소를 시공자가 건축주, 감리자와 협의하여 결정할 수 있다.

2.6 검사로트의 구성 및 표본추출

(1) 검사로트의 구성

용접개소 300개 이하로서 1개 검사로트를 구성한다. 또한 검사로트는 용접부위 마다 구성한다. 즉 기둥-보 접합부, 기둥-기둥 이음부, 스티프너와 격막의 용접부, 모서리 이음의 용접부 등은 별도 검사로트로 한다. 다만, 용접개소의 수가 100개 이하의 부위에 대해서는 용접방법, 용접자세, 개선표준

등이 유사한 다른 부위와 함께 검사로트를 구성할 수 있다. 또한, 검사로트는 절마다 구분하여 검사로트를 구성하기로 한다. 만약, 1개 검사로트의 용접개소가 300개소를 넘는 경우에는 총마다 혹은 공구마다 나눈다. 현장용접을 대상으로 하는 경우 절마다 구분하여 검사로트를 구성하면 그 검사로트가 불합격할 경우 전체 검사에 의해서 공사공정이 현저히 방해를 받는 수도 있으므로 총마다 또는 공구마다 검사로트를 구성할 수 있다.

(2) 표본추출

2.5 의 검사 범위 및 개소에 따른다.

(3) 검사로트의 처치

합격 검사로트는 그대로 받아 들이고, 불합격 검사로트는 나머지 전체를 검사한다. 또한, 어떤 검사에서나 검출된 불합격의 용접부는 모두 수정하여 재검사한다.

2.7 용접개소 산정방법

용접개소 산정방법은 아래 표 2.2 에 따른다.

표 2.2 용접개소 세는 방법

부 위	기동-보접합부	기동-기동접합부 (박스형 기동의 경우)	박스형 기동의 패널 존, 모서리 접합부의 완전 용입용접부분	십자 기동스티프너의 완전 용입용접부분
산정 방법	 (입면)	 (단면)	 용입용접길이 300mm를 원칙으로 1개소로 함 (입면)	 (단면)
총용접 개소	2개소	4개소	용입용접길이가 1800mm인 경우 6×4=24개소	스티프너 2개소 보 플랜지 1개소
비 고			나머지가 150mm 미만의 경우 인접하는 용접선에 포함시키고 150mm 이상일 경우 1개소로 함	스티프너의 용입용접길이는 짧지만 용접선이 단속이 있으므로 1개소로 함

제 3 장 육안 검사

3.1 적용범위

이 장은 강구조 건축물 용접 이음부 및 접합부에 대한 육안검사에 적용하며, 표면결함, 용접부의 크기, 외관형상의 검사를 적용대상으로 한다.

3.2 측정기기

표면결함은 필요시 확대경, 반사경 등을 이용하고, 용접부의 크기, 표면모양의 측정은 용접게이지, 한계 게이지, 언더컷 게이지, 캠브리지 게이지, 하이로우 게이지, 마이크로미터, 금속제 직각자, 금속제 곧은자, 틸새 게이지, 줄자, 측정지그 등을 적절히 사용하여 검사한다.

3.3 검사방법

3.3.1 표면결함의 검사

표면결함의 검사는 3.2절의 측정기기를 사용하여 육안으로 검사한다.

3.3.2 스티드 용접부의 검사

외관검사가 불합격으로 판정된 스티드는 보수 용접 후 2차 외관검사를 실시한다. 외관검사에서 합격된 스티드는 전체수량(그룹별)의 최소 1 %에 대해 발취하여 약 15도의 각도로 KS B 0529에 따라 굽힘시험을 실시한다. 굽힘시험에서 불합격한 검사로트는 동일 검사로트로부터 추가로 2개의 스티드를 검사하여 2개 모두 합격한 경우에는 그 검사로트를 합격으로 한다. 다만, 이들 2개의 스티드 중 1개 이상이 불합격된 경우에는 추가로 4개의 스티드를 검사하여 1개라도 불합격되면 그 검사로트의 전체에 대해서 재검사한다. 이 때 굽힘시험된 합격 스티드는 무리가 없는 범위내에서 굽힘시험전의 상태로 복원시킨다. 단 스티드 용접장치에 의하여 완전용입되는 용접 방법(자동용접)에 의한 스티드 중 외관 검사에 합격된 것은 굽힘시험을 생략할 수도 있다.

3.4 검사항목

용접부위에 대한 육안검사 항목은 다음 사항을 포함한다.

- ① 터짐(CR) ② 언더컷(UC) ③ 오버랩(OV) ④ 피트(PT) ⑤ 크레이터(CT) ⑥ 아크 스트라이크(AS)
- ⑦ 스파터(SP) ⑧ 덧살높이 과대(ZF) ⑨ 비드표면 요철(ZB) ⑩ 맞대기이음의 어긋남(MA)

3.5 결함의 등급분류

육안검사 항목별 결함의 등급분류는 표 3.1 과 같이 한다.

표3.1 육안검사 항목별 결함의 등급분류

결함종류	기호	적용범주	검사단위(1)	등급		
				1급	2급	3급
① 터짐	CR	모든 용접부	모든 용접선	허용안됨	허용안됨	허용안됨
② 언더컷	UC	강재두께 25mm미만	모든 용접선	0.5mm이하	0.8mm이하(2)	1.0mm이하
		강재두께 25mm이상	모든 용접선	0.8mm이하	1.0mm이하	1.6mm이하
③ 오버랩(3)	OV	덧살각의 구분 (인접한 모재와의 각도 θ)	용접선 300mm	$\theta < 90^\circ$	$\theta < 70^\circ$	$\theta < 50^\circ$
④ 피트(4)	PT	맞대기 완전용입 이음부	인장응력과 수직인 이음부	허용안됨	허용안됨	허용안됨
		이밖의 모든 흡용점 및 필릿용접 이음부	용접선 100mm (최대직경2.0mm이하)	최대 1개	최대 2개	최대 3개
⑤ 크레이터	CT	모든 용접부	모든 용접선	허용안됨	허용안됨	허용안됨
⑥ 아크스프라이크	AS	모든 용접부	용접선 300mm	허용안됨	허용안됨	0.3mm이하
⑦ 스파터(5)	SP	모든 용접부	용접선 300mm	허용안됨	3개 이하	5개 이하
⑧ 덧살높이 과대	ZF	필릿, 부분용입 이음부	한쪽면 용접선 300mm	1+0.10B(6)이하	1+0.15B 이하	1+0.20B 이하
		맞대기 완전용입 이음부	한쪽면 용접선 300mm	1+0.05B 이하	1+0.10B 이하	1+0.15B 이하
⑨ 비드표면 요철	ZB1	비드표면요철의 높낮이	용접선 또는 비드폭 25mm	2.0mm이하	3.0mm이하	4.0mm이하
	ZB2	비드 폭의 요철	용접선 방향 150mm	4.0mm이하	5.0mm이하	7.0mm이하
⑩ 맞대기이음의 어긋남	MA	강재두께 15mm이하	용접선 300mm	1.0mm이하	1.5mm이하	2.0mm이하
		강재두께 15mm초과	용접선 300mm (얇은쪽 판두께 t 기준)	0.07t 이하 또한 2.0mm이하	0.10t 이하 또한 3.0mm이하	0.15t 이하 또한 4.0mm이하

주: (1) 검사단위는 응력이 전달되는 용접부로 한다.

(2) 비 연속적인 언더컷은 1.6mm를 초과해서는 안된다.

(3) 인접한 모재와의 각도가 90도 보다 적은 경우를 말하며, MT 및 PT가 적용되는 용접부의 온 길이에 대해서는 오버랩은 허용되지 않는다.

(4) KS D 0213에서 규정하는 일직선상에 존재하고, 서로의 거리가 2.0mm이하인 연속결함은 허용 하지 않는다. 여기서 피트의 크기가 2.0mm를 초과하는 것은 개수에 관계없이 불합격으로 처리한다.

(5) 완전히 고착된 스파터에 한하여 부위에 따라 급수별 허용되는 개수만큼 허용 할 수 있다.

(6) B = 용접 비드폭(mm)

3.6 육안검사의 합격기준

(1) 육안검사에 의한 결함의 종류별 합격여부는 표2.1 건축물의 중요도 구분에 따라 표3.2 와 같이 판정한다.

표 3.2 육안검사 합격기준

건축물의 중요도	육안검사 결함의 합격등급
특	1급
1	2급
2	3급

(2) 스티드 용접부의 합격기준

① 용접덧살 형상의 불균일(ZF) : 덧살은 스티드의 반경 방향으로 균일하게 형성되어야 한다.

㉠ 자동용접에 의한 완전용입 용접의 방법 : 덧살높이 - 최소 2 mm, 폭 - 최소 2 mm.

㉡ 수동용접에 의한 필렛용입 용접의 방법 : 덧살높이 - 최소 6 mm, 폭 - 최소 6 mm.

② 터짐(CR) : 허용하지 않는다.

③ 언더컷(UC) : 깊이가 0.5 mm를 초과하면 불합격으로 처리한다.

④ 피트(PT) : 한 이음에 대해 1.0mm 미만의 크기를 가진 2개까지만 허용한다.

단, 군집피트 및 KS D 02130에서 규정하는 연속결함은 크기에 관계없이 허용하지 않는다.

3.7 검사기록

육안검사 결과에 대한 기록은 다음 사항을 포함한다.

- (1) 시공 또는 제작사 이름
- (2) 공사명
- (3) 시험체 명
- (4) 측정기기
- (5) 검사범위
- (6) 결함의 종류, 위치 및 길이
- (7) 적용규격 및 합격기준

- (8) 검사결과 및 소견
- (9) 검사기술자 및 자격
- (10) 검사장소
- (11) 검사일자
- (12) 기타(혐의사항, 지정사항, 샘플링방법 등)

제 4 장 침투탐상 검사

4.1 적용범위

이 장은 강구조 건축물의 용접 이음부 및 접합부에 대한 침투 탐상 검사에 적용하며, 이 장에서 규정하는 기준 이외의 사항은 KS B 0816에 따른다.

4.2 검사 기기 및 대비 시험편

4.2.1 검사장치

본 검사를 위해서는 침투 장치, 예비세척 장치, 세척 장치, 현상 장치, 건조 장치, 자외선 조사(照射) 장치 등의 장치를 갖추어야 한다. 형광 침투액을 사용하는 검사에서는 검사에 지장이 없는 범위에서 자외선 조사장치 이외의 장치를 생략해도 좋다. 또한, 속건식 현상제를 사용하는 용제 제거성 염색침투 탐상검사의 시험방법에서는 장치를 사용하지 않아도 된다.

4.2.2 대비 시험편

탐상제의 성능 및 조작 방법의 적합성을 조사하기 위하여 대비 시험편을 사용하며 대비 시험편의 형상 및 시험방법은 KS B 0816에 따른다.

4.2.3 검사 방법의 분류

검사 방법은 침투액의 종류와 현상방법에 따라 표 4.1과 표 4.2로 구분한다. 특별한 규정이 없는 한 용제제거성 염색침투 탐상검사를 원칙으로 한다.

표 4.1 침투액의 종류에 의한 시험방법의 분류

명칭	방법	기호
염색 침투탐상	수세성 염색 침투액 사용	VA
	용제 제거성 염색 침투액 사용	VC
형광 침투탐상	수세성 형광 침투액 사용	FA
	용제 제거성 형광 침투액 사용	FC

표 4.2 현상방법에 따른 분류

명칭	방법	기호
건식 현상법	건식 현상제를 사용하는 방법	D
습식 현상법	수현탁성 현상제를 사용하는 방법	W
속건식 현상법	속건식 현상제를 사용하는 방법	S

※ 건식현상법은 형광 침투탐상 검사에만 적용한다.

4.2.4 검사의 순서

검사는 다음과 같은 순서에 따른다.

- (1) 예비처리
- (2) 침투처리
- (3) 세척처리(제거처리)
- (4) 건조처리
- (5) 현상처리
- (6) 관찰
- (7) 재시험
- (8) 마감처리
- (9) 검사 결과의 기록

4.2.5 검사의 조작

(1) 예비처리 (MT 는 전처리)

- ① 검사 용접부에 침투액을 적용하기 전에 침투액이 흠 내부에 침투하는 것을 방해하지 않도록 유지류, 도료, 녹, 스케일 등 표면의 부착물 및 흠 속에 잔류하는 유지류, 수분 등을 충분히 제거해야 한다.
- ② 처리 방법은 부착물의 종류와 정밀도 및 검사체의 재질을 고려하여 용제에 의한 세척, 증기 세척, 도막 박리제 등의 방법으로 한다. 점토나 고무와 같은 고형물(固形物)은 와이어브러시를 사용하여 세척하기 전에 제거해야 한다.
- ③ 용접부의 일부분을 검사하는 경우는 검사하는 부분에서 바깥쪽으로 25 mm 넓은 범위를 깨끗하게 한다.
- ④ 처리 후에는 용제, 세척액, 수분 등을 충분히 건조시켜야 한다.

(2) 침투처리 및 현상처리

- ① 침투액은 검사 용접부의 모양, 치수, 수량 및 침투액의 종류에 따라 침지(沈漬), 분무, 붓칠 등의 방법을 적용하고, 침투에 필요한 시간동안 검사하는 부분의 표면을 침투액으로 적셔두어야 한다.
- ② 침투시간은 침투액의 종류, 검사부의 재질, 예측되는 결함의 종류와 크기 및 검사부와 침투액의 온도를 고려하여 정한다. 침투시간 및 현상시간은 검사온도 15~50℃의 범위에서 표 4.3에 나타내는 시간을 표준으로 한다. 50℃이상 또는 3℃이하인 경우는 침투액의 종류, 검사체의 온도 등을 고려하여 대비시험편을 통한 실험 데이터에 근거한 절차서에 따라 주문주의 승인을 얻은 후에 사용하도록 한다. 그러나, 침투시간 동안에는 검사체의 온도를 반드시 15~50℃를 유지해야 한다.
- ③ 검사부의 표면에 부착되어 있는 잉여 침투액은 세척처리 전에 배액(排液) 한다.

표 4.3 침투시간과 현상시간

형태	결함의 종류	침투시간(분)	현상시간(분)
주조품, 용접부	오버랩, 융합불량, 틈새, 터짐	5~10	7~10

(3) 관찰

- ① 형광 침투액을 사용하는 시험에서는 시험체 표면에서 800 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이상의 적외선 밑에서 관찰한다.
- ② 염색 침투액을 사용하는 시험에서는 시험편의 밝기(조도)가 500 lx 이상에서 관찰한다.

4.3 검사방법

검사방법은 용접부의 상세, 예상되는 결함의 종류, 크기, 표면 거칠기, 치수, 수량, 탐상제의 성질 등을 고려하여 4.2.3에 분류한 검사 방법을 적용한다.

4.4 탐상제

- (1) 탐상제(探傷劑)는 침투액, 세척액(용제제거성 탐상에만 필요) 및 현상제로 구성된다.
- (2) 탐상제는 검사방법에 대응하여 결함을 검출하는데 충분한 성능을 가지며 검사 용접부를 부식시키지 않고 인체에 해가 없는 것이어야 한다.

4.4.1 탐상제의 점검

사용 중인 탐상제의 점검은 원칙적으로 KS B 0816에서 규정하는 A형, B형 대비시험편을 이용하여 기준탐상제와 대비하여 정기적으로 한다. 기준 탐상제란, 탐상제의 구입 시에 그 일부를 청결한 용기에 채취하여 보존한 것을 말한다. 사용 중인 탐상제는 성능검사 및 겉모양 검사를 하고, 성능이 저하된 경우는 폐기시켜야 한다.

4.4.2 탐상제의 보관

- (1) 기준탐상제 및 사용하지 않는 탐상제는 용기에 밀폐하여 냉암소에 보관하여야 한다.
- (2) 용제 제거성 침투액, 세척액 및 속건식 현상제는 밀폐된 용기에 보관하여야 한다.
- (3) 탐상제를 보관 또는 사용시에는 먼지, 불순물의 혼입, 탐상제의 비산(飛散)을 방지하여야 한다.

(4) 습식 및 속건식 현상제는 소정의 농도를 유지하여야 한다.

4.5 침투 지시 모양 및 결함의 분류

4.5.1 침투 지시 모양의 분류

(1) 독립 침투 지시 모양

독립된 개개의 침투 지시 모양은 다음의 3종류로 분류한다.

- ① 터짐에 의한 침투지시 모양은 터짐이 확인된 결함 지시 모양이다.
- ② 선상 침투 지시 모양은 침투지시 모양 가운데 터짐 길이가 폭의 3배 이상인 것이다.
- ③ 원형상 침투 지시 모양은 침투지시 모양 가운데 터짐이나 선상 침투지시 모양 이외의 것이다.

(2) 연속 침투 지시 모양

연속 침투 지시 모양은 다수의 지시 모양이 거의 동일 직선 상에 나란히 존재하고 그 상호 거리가 2 mm이하인 침투 지시 모양을 말한다. 침투 지시 모양의 지시길이는 침투지시 모양의 개개의 길이 및 상호 거리를 합친 길이로 한다.

(3) 분산 침투 지시 모양

분산 침투 지시 모양은 일정한 면적 내에 여러 개의 침투 지시 모양이 분산되어 있는 침투 지시 모양을 말한다.

4.5.2 결함의 분류

(1) 독립 결함

독립된 결함은 다음과 같이 분류한다.

- ① 터짐(CR)은 검사 용접부 표면에 존재하는 터짐을 말한다.
- ② 선상 결함(LS)은 터짐 이외의 결함으로 그 길이가 폭의 3배 이상인 것이다.
- ③ 원형상 결함(RD)은 터짐 이외의 결함으로 선상 결함이 아닌 것을 말한다.

(2) 연속 결함(CN)

연속결함은 터짐, 선상결함 및 원형상 결함이 거의 동일 직선 상에 있고, 그 상호 거리와 개개의 길이의 관계에서 1개의 연속한 결함이라고 인정되는 것을 말한다. 결함 길이는 결함의 개개의 길이 및 상호 거리를 합친 값으로 한다.

(3) 분산 결함(DT)

분산결함은 정해진 면적 안에 존재하는 1개 이상의 결함을 말한다. 분산결함은 결함의 종류, 개수 또는 개개의 길이의 합계 값에 따라 평가한다.

4.6 침투탐상 검사의 합격 기준

결함모양에 따른 합격기준은 표 3.1 및 표 3.2의 결함의 등급분류 및 합격기준에 따른다.

4.7 검사기록

검사 결과에 대한 기록사항은 다음과 같다.

- (1) 시공 또는 제작사 이름
- (2) 공사명
- (3) 검사 일자
- (4) 시험체(품명, 재질, 표면상태, 모양, 치수)
- (5) 검사 방법의 종류(용제 제거성 염색침투 탐상검사, 수세성 염색침투 탐상검사 등)
- (6) 탐상제(제조사 명, 형식번호 및 제조로트 번호)
- (7) 시험조작(시험체의 온도, 침투시간, 현상시간 등)
- (8) 시험부 길이
- (9) 시험시기(PWHT전후, 밴딩전후, 가공전후 등)
- (10) 결함의 종류(터짐, 선상결함, 원형상결함, 연속결함, 분산결함)
- (11) 결함의 위치 및 길이
- (12) 적용규격 및 합격기준
- (13) 검사결과(합격, 불합격의 결과)
- (14) 검사 기술 및 자격
- (15) 기타 필요 사항(협의사항, 입회, 지정사항, 샘플링 방법 등)

제 5 장 자분탐상 검사

5.1 적용범위

이 장은 강구조 건축물 용접 이음부 및 접합부에 대한 자분탐상검사에 적용하며, 이 장에서 규정하는 기준 이외의 사항은 KS D 0213 에 따른다.

5.2 검사장치 및 표준시험편

5.2.1 검사장치(검사기기)

- (1) 검사기기는 원칙적으로 검사 용접부에 대하여 자화, 자분의 적용, 관찰 및 탈자(脫磁)의 4가지 조작을 할 수 있는 것이어야 한다. 다만, 필요가 없을 때에는 탈자장치는 생략하여도 좋다 (5.3.7 참조).
- (2) 검사기기는 검사 용접부의 모양, 치수, 재질, 표면상황 및 결함의 성질에 따라서 적당한 감도로 능률 있고 안전하게 검사할 수 있는 것이어야 한다.
- (3) 자화장치는 전류를 사용하는 방식과 영구자석을 사용하는 방식이 있으며, 전류를 사용하는 방식은 자화전류의 종류에 따라서 직류식, 교류식으로 분류한다.
- (4) 자분은 검사 용접부의 재질, 표면상황 및 결함의 성질에 따라서, 적당한 자성, 입도(粒度), 분산성, 현탁성 및 색조를 갖는 것이어야 한다.
- (5) 검사액(자분)은 KS D 0213의 해설서 또는 ASTM D 1796의 기준에 따라 농도를 측정하여야 한다.
- (6) 탈자장치는 전류자기를 검사 용접부의 용도에 따라서 필요한 한도까지 감소시킬 수 있는 것이어야 한다.
- (7) 전류를 이용한 자화장치는 결함을 검출하는데 적당한 자계의 강도를 시험체에 가할 수 있는 것이어야 한다. 이를 위해 자화 전류를 표시하는 전류계를 갖추어야 한다. 다만, 전자석형 장치(요크)는 이 계기를 생략해도 좋다.
- (8) 장치는 시험체의 성능 점검시에 사용된 최대 극(Pole) 간격을 보고서에 명기하여야 한다.
- (9) 형광 자분검사에 사용되는 자외선 조사장치는 필터면에서 38 cm 거리에서 파장이 320 ~ 400 nm 인 자외선을 비추어 $800 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이상의 강도를 가진 것이어야 한다.
- (10) 극간법 및 프로드(전류계, 타이머가 부착)의 자화장치 및 자외선 조사장치의 점검은 최소한 1년에 1번은 교정하여 사용해야 한다. 장치를 1년 이상 사용하지 않은 경우 또는 장치의 주요 부품을 수리했을 경우에는 사용 전에 반드시 점검하여 성능을 확인한 것을 사용해야 한다.
- (11) 자화장치에 부착된 전류값(계기)의 허용공차는 $\pm 10\%$ 이내이어야 한다.
- (12) 자화장치의 점검에 있어서 아래의 2가지 방법 중 1가지 방법에 따른다.
 - 1) 5.3.2 (1) 및 (2)의 A형과 C형 시험편을 이용하여 자계의 강도 및 방향, 탐상유효범위 등의 성능을 점검한다.
 - 2) 교류 극간법인 경우에는 최대극간에서 최소 4.5 kg, 직류 또는 영구자석 극간법인 경우에는

최소 18 kg의 인양력(Lifting Power)을 가져야 한다. 이 때 각 장치별 최대극간을 검사보고서에 기록하여야 하며, 검사시에 이 최대극간을 초과하여 검사하여서는 안된다.

5.2.2 표준시험편 및 대비시험편

(1) A형 표준시험편

A형 표준시험편의 장치, 자분, 검사액의 성능 및 연속법에 있어서 검사 용접부 표면의 유효 자장의 강도 및 방향, 탐상유효범위, 검사조작의 적합·부적합을 조사하는 것으로서 국가에서 인정하는 기관에서 검정한 것이어야 한다.

A형 표준시험편은 표 5.1 및 그림 5.1에 따른다.

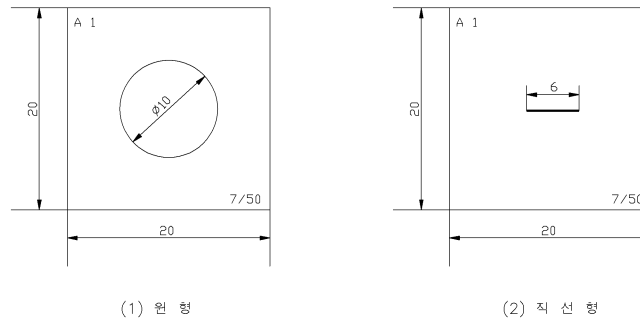


그림 5.1 A형 표준시험편 (단위: mm)

표 5.1 A형 표준시험편

명 칭		재 질	
A1-7/50	A1-15/50		KS C 2504(전자 연철판)의 1종을 어닐링(Annealing)한 것
A1-15/100	A1-30/100		
A2-7/50	A2-15/50	A2-30/50	KS C 2504(전자 연철판)의 1종의 냉간 압연한 그대로의 것
A2-15/100	A2-30/100	A2-60/100	

비고 1. 시험편의 명칭 중 분수의 분자는 인공결함의 깊이를, 분모는 판의 두께를 표시하고, 치수의 단위는 μm 로 한다.

2. 시험편의 표시는 다음에 표시하는 보기와 같이 하고, ()안은 인공결함의 모양을 표시한다.

보기 : A1-7/50(원형), A2-15/50(직선형)

(2) C형 표준시험편

C형 표준시험편은 용접부의 개선면(開先面) 등의 좁은 부분에서 치수적으로 A형 표준시험편의 적용이 곤란한 경우에 A형 표준시험편 대신 사용하는 것으로서, 국가에서 인정하는 기관에

서 검정을 받은 것이어야 한다.

C형 표준시험편의 명칭 및 재질은 표 5.2, 모양 및 치수는 그림 5.2에 따르면 판의 두께는 50 μm 로 한다.

표 5.2 C형 표준시험편

명칭	재질
C1	KS C 2504의 1종을 어닐링(Annealing)한 것
C2	KS C 2504의 1종의 냉간 압연한 그대로의 것

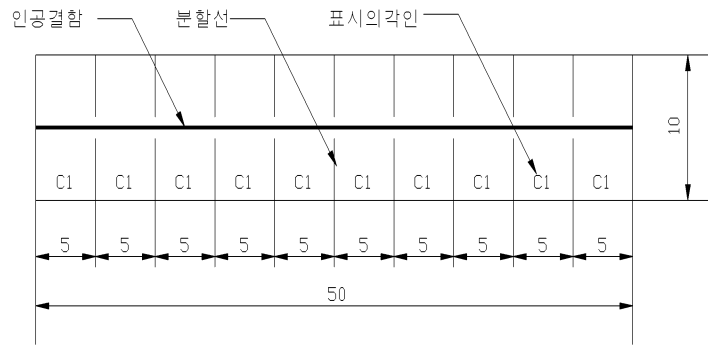


그림 5.2 C형 표준시험편(표시는 C1의 경우)(단위: mm)

5.3 검사방법

5.3.1 검사방법의 종류

검사방법은 자분적용에 대한 자화의 시기, 자분의 종류, 자분의 분산매, 자화전류의 종류 및 자화 방법에 의하여 표 5.3과 같이 분류한다.

표 5.3 검사방법의 분류

분류의 조건	분류
자분적용에 대한 자화의 시기	연속법, 잔류법
자분의 종류	형광자분, 비형광자분
자분의 분산매	건식법, 습식법
자화전류의 종류	직류, 교류
자화방법	극간법, 프로드(Prod)법

5.3.2 검사의 조작

검사는 전처리(前處理), 자화(磁化), 자분(磁粉)의 적용, 자분모양의 관찰, 기록, 탈자(脫磁)의 모든 조작에서 이루어지고, 검사의 목적에 따라서 적당히 조합하여 실시한다.

5.3.3 전처리(PT에서는 예비처리)

- (1) 전처리의 범위는 검사범위보다 넓어야 한다. 용접부의 경우에는 검사범위보다 모재측이 약 20 mm 넓은 것을 원칙으로 한다.
- (2) 검사 용접부는 원칙적으로 단일 부품으로 분해하고, 또한 자화 되었을 때는 필요에 따라서 탈자한다.
- (3) 검사 용접부는 부착된 기름, 오물, 기타 부착물 및 도료, 도금 등의 피막이 검사정밀도에 영향을 주거나 또는 검사액을 훼손할 염려가 있을 경우에는 이것을 제거하고, 검사 용접부를 청정(淸淨)하게 하여야 한다.
- (4) 건식용 자분을 사용할 때 또는 청정액과 이질(異質)의 검사액을 사용할 때는, 표면을 잘 건조시켜야 한다.
- (5) 소손(燒損)을 방지하고 통전(通電) 효과를 잘 되게 하기 위하여, 검사 용접부와 전극의 접촉부분을 함께 연마하여야 한다. 또한 필요에 따라서 전극에 도체 패드를 붙인다.
- (6) 기름구멍 및 기타 구멍 등과 같이 검사 후 내부의 자분을 제거하기가 곤란한 장소는 검사 전에 해(害)가 없는 물질로 채워두는 것이 좋다

5.3.4 자화

- (1) 자화할 때에는 장치의 특성, 검사 용접부의 자기특성, 모양, 치수, 표면상태, 예측되는 결함의 성질 (종류, 크기, 위치, 방향) 등에 따라서, 자분의 적용에 대한 자화의 시기와 필요한 자장의 방향 및 강도를 5.2.2(1), (2)의 A형, C형 시험편 혹은 자장지시계(ASME SEC. V) 또는 가우스메타와 같은 자장측정기를 사용하여 결정하고, 자화방법, 자화전류의 종류, 전류치 및 탐상유 효범위를 선정한다.
- (2) 자화방법은 표 5.4 에서 선택하여 적용한다.
- (3) 프로드법에서 자화 전류는 시험부 두께가 19 mm 이상인 경우 프로드의 간격에 따라 100 ~ 125 Amp/in., 시험부 두께가 19 mm 미만인 경우 90 ~ 110 Amp/in. 이어야 하며, 프로드의 간격은 3 ~ 8 in.(203 mm)를 초과해서는 안 된다.

표 5.4 자화방법

자화방법	부호	비고	그림
프로드법	P	검사 용접부의 국부에 2개의 전극을 맞추어 전류를 보낸다.	그림 5.4
극간법	M	검사용접 부위를 전자석 또는 영구자석의 자극사이에 놓는다.	그림 5.5

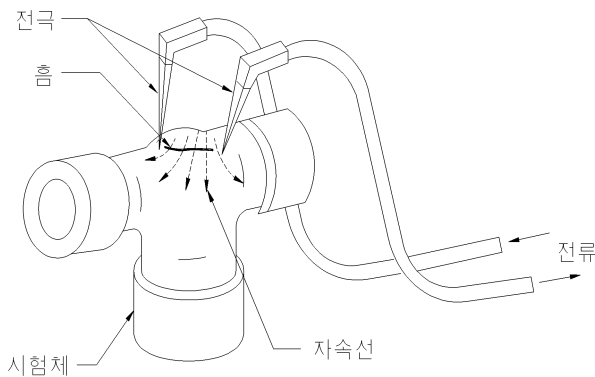


그림 5.3 프로드법

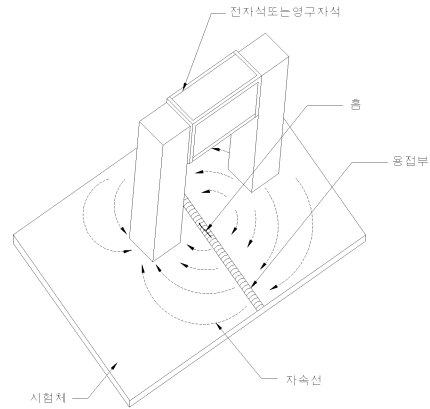


그림 5.4 극간법

5.3.5 자분의 적용

- (1) 자분의 적용에 있어서는 충분한 양의 자분을 균일한 상태로 안정시켜 조용히 탐상 유효범위의 검사면에 적용하고 결함부에 흡착시킨다. 이때, 검사면이 자분으로 오염되지 않도록 콘트라스트(contrast)가 좋은 결함자분 모양을 형성시켜야 한다.
- (2) 건식법에 있어서는 자분 및 검사면이 충분히 건조되어 있는가를 확인한 후 적용한다. 자분의 색깔은 검사품의 표면과 적절한 콘트라스트를 이루어야 하며, 검사품의 표면온도가 316 °C를 초과해서는 안된다.
- (3) 습식법에 있어서는 검사면의 습윤상태가 양호한가를 확인한 후 자분을 적용한다. 자분의 색깔은 검사품의 표면과 적절한 콘트라스트를 이루어야 하며, 검사품의 표면온도가 58 °C를 초과해서는 안된다.
- (4) 자분의 농도는 원칙적으로 비형광 습식법에서는 2~10 g/l, 형광 습식법에서는 0.2~2 g/l의 범위로 한다.
- (5) 연속법에 있어서는 자화조작 중에 자분의 적용을 완료한다.
- (6) 잔류법에 있어서는 자화조작의 종료 후에 자분을 적용한다.

5.3.6 자분모양의 관찰

- (1) 자분모양의 관찰은 원칙적으로 자분모양이 형성된 직후에 하여야 한다.
- (2) 비형광자분을 사용하는 경우는 자분모양을 충분히 식별할 수 있는 일광 또는 조명 아래에서 관찰하여야 한다.
- (3) 형광자분을 사용하는 경우는 형광자분 모양을 충분히 식별할 수 있는 어두운 곳에서 블랙라이트(Black Light)로 관찰하여야 한다.
- (4) 자분모양에는 결함이 아닌 의사(疑似)모양이 포함되어 있는 것에 주의하여야 한다.
- (5) 자분모양은 필요에 따라서 사진 촬영, 스케치, 전사(轉寫) (점착성 테이프, 자기테이프 등)에 따라 기록하고, 또한 필요에 따라서 적당한 재료 (투명 바니쉬, 투명락카 등)로 검사면에 고정한다.

- (6) 자분모양으로부터 결함의 깊이를 추정하는 것은 일반적으로 곤란하다. 따라서, 결함의 깊이를 구하기 위해서는 자분탐상검사 이외의 방법에 따라야 한다.
- (7) 잔류법을 사용하는 경우는 자화조작 후 자분모양의 관찰을 끝낼 때까지 검사면에 강자성체(強磁性體)를 접촉시켜서는 안 된다.
- (8) 자화, 자분의 적용 및 관찰의 연속 검사인 경우는 1회의 검사조작으로 검사할 수 있는 탐상유 효범위를 설정하고, 검사면을 적당하게 분할하여 필요한 회수로 검사조작을 반복한다.
- (9) 용접부의 검사에 있어서는 다음 사항에 주의하여야 한다.
 - 1) 용접부에 용접 후 열처리 등의 지정이 있는 경우, 합격여부 판정을 위한 검사는 최종 열처리 후에 하여야 한다.
 - 2) 용접부의 열처리 완료 후에 하는 검사의 자화방법은, 원칙적으로 극간법으로 한다.

5.3.7 탈자

- (1) 다음의 경우는 탈자하여야 한다.
 - 1) 연속하여 검사하는 자화가 전회의 자화에 의해 나쁜 영향을 받을 염려가 있을 때
 - 2) 검사 용접부의 잔류 자기가 계측장치 등에 나쁜 영향을 미칠 염려가 있을 때
 - 3) 검사 용접부가 마찰부분 또는 거기에 근접한 장소에 사용되는 것으로서, 마찰부분에 철 분 등을 흡인하여 마모를 증가할 염려가 있을 때
- (2) 일반적으로 검사한 때와 같은 자화방법으로 자장의 방향을 서로 반전하면서 자장의 강도를 감소시켜서 탈자하나, 이 때 자장의 강도는 자화된 때보다도 큰 값 또는 검사 용접부의 포화 자화한 것으로부터 영(零)에 가깝게 하여야 한다.
- (3) 확인된 자분모양이 결함에 의한 것으로 판정하기 곤란할 때는 탈자를 한다. 필요에 따라서는 표면상태를 변경하여 재검사를 하고, 의사모양인기를 확인하여야 한다.

5.3.8 재검사

결함의 방향을 예측할 수 없는 경우 및 여러 가지 방향의 결함을 검사하여야 할 경우에는, 적어도 두 방향 이상의 다른 방향의 자장을 검사 용접부에 가하여, 각 방향마다 각각 재검사하여야 한다.

5.4 결함 자분 지시 모양 및 결함의 분류

5.4.1 자분 지시 모양의 분류

- (1) 독립 자분 지시 모양
 - 독립된 개개의 결함 자분 지시 모양은 다음의 3종류로 분류한다.
 - ① 터짐에 의한 자분 모양은 터짐이 확인된 결함 지시 모양이다.
 - ② 선상 자분 모양은 자분 지시 모양 가운데 선상 길이가 폭의 3배 이상인 것이다.
 - ③ 원형상 자분 모양은 자분 지시 모양 가운데 선상 자분 지시 모양 이외의 것이다.
- (2) 연속 자분 지시 모양

연속 자분 지시 모양은 다수의 지시 모양이 거의 동일 직선 상에 나란히 존재하고 그 상호 거리가 2 mm 이하인 자분 지시 모양을 말한다. 자분 지시 모양의 지시 길이는 자분 지시 모양의 개개의 길이 및 상호 거리를 합친 길이로 한다.

(3) 분산 자분 지시 모양

분산 자분 지시 모양은 일정한 면적 내에 여러 개의 자분 지시 모양이 분산되어 있는 자분 지시 모양을 말한다.

5.4.2 결함의 분류

(1) 독립결함

독립된 결함은 다음과 같이 분류한다.

- ① 터짐(CR)은 검사 용접부 표면에 존재하는 터짐을 말한다.
- ② 선상 결함(LS)은 터짐 이외의 결함으로 그 길이가 폭의 3배 이상인 것이다.
- ③ 원형상 결함(RD)은 터짐 이외의 결함으로 선상 결함이 아닌 것을 말한다.

(2) 연속 결함(CN)

연속결함은 터짐, 선상 결함 및 원형상 결함이 거의 동일 직선 상에 있고, 그 상호 거리와 개개의 길이의 관계에서 1개의 연속한 결함이라고 인정되는 것을 말한다. 결함 길이는 결함의 개개의 길이 및 상호 거리를 합친 값으로 한다.

(3) 분산 결함(DT)

분산결함은 정해진 면적 안에 존재하는 1개 이상의 결함을 말한다. 분산결함은 결함의 종류, 개수 또는 개개의 길이의 합계 값에 따라 평가한다.

5.5 자분탐상검사의 합격기준

결함 자분 모양에 따른 합격기준은 이 기준 제 3장의 표 3.1 및 표 3.2의 결함의 등급분류 및 합격기준에 따른다.

5.6 검사기록

검사 결과에 대한 보고서의 기록사항은 다음 사항을 기록해야 한다.

- (1) 시공 또는 제작사 이름
- (2) 공사명
- (3) 검사 일자
- (4) 시험체(품명, 재질, 표면상태, 모양, 치수)
- (5) 검사장치(제조사 명, 형식번호)
- (6) 검사장치의 자극간격(성능 점검시의 최대간격 및 검사에 사용된 간격)
- (7) 자분의 종류(제조사 명, 형식번호, 로트번호, 형광자분 등)
- (8) 자분의 분산매(건식법, 습식법)
- (9) 검사액 중의 자분 분산농도(KS D 0213의 해설서 또는 ASTM D 1796 또는 ASTM D96)에 준하여 만족된 제조자의 검사 성적서 상의 수치)

- (10) 자분적용 시기(연속법, 잔류법)
- (11) 자화 전류(직류, 교류)
- (12) 자화방법: 극간법(요크법), 프로드법
- (13) 자화 전류치(장비의 성능검사시 최대전류치, 시험에 사용된 전류치)
- (14) 극(Pole)의 간격(장비의 성능 검사시 간격, 시험에 사용된 간격)
- (15) 사용 시험편(KS: A형 표준시험편, C형 표준시험편, ASME: 자장지시계)
- (16) 결함의 종류(균열, 선상결함, 원형상결함, 연속결함, 분산결함)
- (17) 결함의 위치 및 길이
- (18) 시험부 길이
- (19) 시험시기(PWHT 전·후, 밴딩전·후, 가공전·후 등)
- (20) 적용규격 및 합격기준
- (21) 검사 결과(합격, 불합격의 결과)
- (22) 검사 기술자 및 자격
- (23) 기타 필요한 사항(협의사항, 입회, 지정사항, 샘플링 방법 등).

제 6 장 초음파 탐상 검사

6.1 적용 범위

이 장은 강구조 건축물 용접부의 초음파 탐상 검사 방법, 등급 분류 및 합격 기준에 대하여 적용하며, 검사 대상은 검사 용접부의 내부 터짐 및 기타의 내부결함을 검사하는 것으로 한다.

- (1) 두께 9 mm 미만이나 강관의 분기 이음, 강관의 제조 공정시 용접부, 강관의 심(Seam)용접 긴 이음 및 직경 300 mm 미만 강관 이음에는 적용하지 않는다.
- (2) 특별한 조사 연구로 그 신뢰성이 확인된 초음파 탐상법을 사용하는 경우는 이 기준을 적용하지 않아도 좋다.
- (3) 초음파 탐상 시험 방법에 관한 사항으로, 이 장의 기준 이외의 사항은 KS B 0896 (강용접부의 초음파 탐상 시험방법)에 의한다.

6.2 검사 기기 및 표준 · 대비시험편

6.2.1 탐촉자(探觸子)

(1) 경사각 탐촉자

① 굴절각

공칭 45°, 60° 또는 70°를 사용한다. 공칭 굴절각과 STB 굴절각과의 차이는 상온(10~30 °C)에서 ±2° 이내로 한다.

② 진동자 크기

경사각 탐촉자의 공칭치수는 원칙적으로 표 6.1과 같이 한다.

표 6.1 경사각 탐촉자의 진동자 공칭치수

공칭주파수(MHz)	진동자 공칭치수(mm)
2 또는 2.25	10 × 10, 14 × 14, 20 × 20
4 또는 5	8 × 9, 10 × 10, 14 × 14

③ 불감대(不感帶)

불감대는 탐상기와 탐촉자를 조합시킬 때, KS B 0550의 13.4(불감대)에 따라 측정하여, 표 6.2에 나타내는 값 이하로 한다. 다만, 탠덤 탐상에 사용하는 탐촉자 불감대는 규정하지 않는다.

표 6.2 경사각 탐촉자의 불감대

진동자 공칭치수(mm) 공칭주파수(MHz)	10×10, 4×14	20×20
	2 또는 2.25	25 mm
4 또는 5	15 mm	-

(2) 수직 탐촉자

① 진동자 크기

원형 진동자를 사용하며, 그 공칭직경은 표 6.3과 같다.

표 6.3 수직 탐촉자의 공칭직경

공칭주파수(MHz)	진동자 공칭직경(mm)
2 또는 2.25	20
4 또는 5	10 또는 20

② 원거리 분해능(遠距離 分解能)

원거리 분해능은 사용하는 탐상기와 조합하였을 때, KS B 0534의 4.4(수직 탐상의 원거리 분해능)에 따라 측정하여, 표 6.4에 나타내는 값 이하로 한다.

표 6.4 수직 탐촉자의 원거리 분해능

공칭주파수(MHz)	분해능(mm)
2 또는 2.25	90이하
4 또는 5	60이하

6.2.2 접촉 매질

접촉매질은 탐상면의 거칠기와 탐상에 사용하는 공칭주파수에 따라 표 6.5에 따른다.

표 6.5 탐상면의 거칠기와 접촉매질

탐상면의 거칠기 Rmax 공칭주파수(MHz)	30 μ m 이하	30 μ m 초과 80 μ m 미만	80 μ m 이상 ⁽¹⁾
	2 또는 2.25	A	A
4 또는 5	A	B	B

주: (1) 탐상면은 80 μm 미만으로 다듬질하거나 또는 감도를 보정한다.

비고 A : 접촉매질은 임의로 한다.

B : 농도 75 % 이상의 글리세린 수용액, 글리세린 페이스트 또는 음향결함이 이것과 동등 이상이라는 것이 확인된 것으로 한다.

6.2.3 표준시험편 및 대비시험편

(1) 표준시험편

표준시험편은 KS B 0831(초음파 탐상시험용 표준시험편)에서 정하는 STB-A1 및 STB-A2, 또는 STB-A3을 사용한다. STB-A2 대신에 STB-A21을 사용할 수도 있다.

(2) 대비시험편 종류

대비시험편은 검사 용접부 형태, 치수 등 또는 탐상 방법에 따라 KS B 0896 부속서 2 및 3에서 정하는 RB-A8(RB-A6) 또는 RB-A7을 사용한다.

6.3 검사 표면 조건

검사면은 스패터(Spatter), 밀 스케일(Mill Scale) 및 초음파 전달을 방해하는 녹이나 칠 등을 제거한다. 또한 검사면이 거친 경우는 적절한 방법으로 마감을 한다.

6.4 검사 방법

검사 방법은 두께, 개선 형상, 이음 형상 및 용접 방법을 고려하여 아래의 방법을 원칙으로 한다.

(1) 일반 용접부는 경사각 일탐촉자법 (傾斜角 一探触子法)으로 한다.

(2) 협개선(U개선) 용접부는 이음부의 두께중 얇은 쪽의 두께가 60 mm를 초과하는 이음부는 양면 양쪽에서 일탐촉자법에 의한 직사법으로 탐상하고, 표면에 가까운 결함을 탐상하기 위하여 2(2.25)와 5(4)MHz 주파수를 병행하여야 한다. 특히 탠덤 탐상, 평행주사가 시방서 또는 도면에 지정되었을 경우에는 KS B 0896에 따라서 검사한다.

(3) 폐단면내 용접부로 경사각 탐상법 적용이 불가능한 T 이음은 수직 탐상법으로 한다.

(4) 사각형 단면 내부의 일렉트로 슬래그 용접부 용입 폭 측정은 수직 탐상법으로 한다.

6.5 수직 탐상법

이 탐상법은 특별히 지정된 곳 또는 사각탐상법보다 기술적으로 적용이 용이하다고 생각되는 경우에

대하여 적용하는 것을 원칙으로 한다.

6.5.1 용접부 내부 결함의 검사

(1) 예비선

예비선은 검사를 실시하는 용접부 탐상면 위에 용접에 앞서 표시한다.

(2) 측정범위 선정

측정범위 선정은 사용하는 최대 빔노정으로 한다.

(3) 탐촉자 선정

탐촉자의 공칭주파수는 5 MHz로 하고, 진동자 공칭직경은 20 mm로 한다.

(4) 시간축 조정 및 원점 수정

시간축 조정 및 원점 수정은 사용 탐촉자와 STB-A1, STB-A3 등을 사용하여, 측정 범위를 $\pm 1\%$ 정도로 조정하고 원점을 수정한다.

(5) 거리진폭 특성곡선에 의한 에코높이 구분선의 작성

- ① 결함을 평가하기 위하여 에코높이 구분선을 작성한다. 에코높이 구분선은 거리진폭 특성곡선(DAC)으로 작성한다.
- ② 에코높이 구분선은 원칙적으로 실제로 사용하는 탐촉자를 사용하여 눈금 판에 기입한다.
- ③ 에코높이 구분선 작성에 있어서는, 그림 6.1에서 표시한 위치에 순차적으로 탐촉자를 놓고, 눈금판에 각각의 에코높이의 최고치를 작성한다.

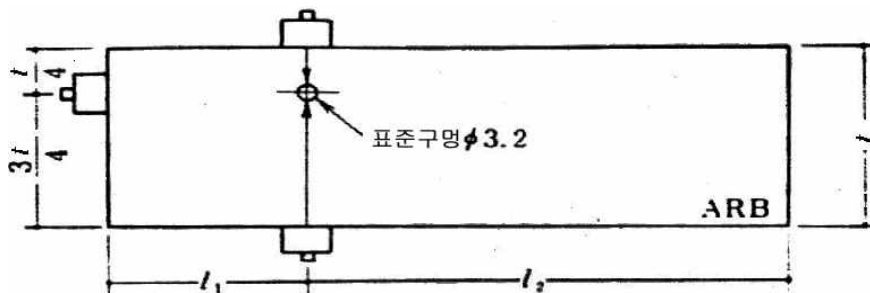


그림 6.1 에코높이 구분선 작성을 위한 탐촉자 위치

- ④ 그림 6.2과 같이 일정한 감도에 있는 점을 직선으로 연결하여 하나의 에코높이 구분선으로 한다.

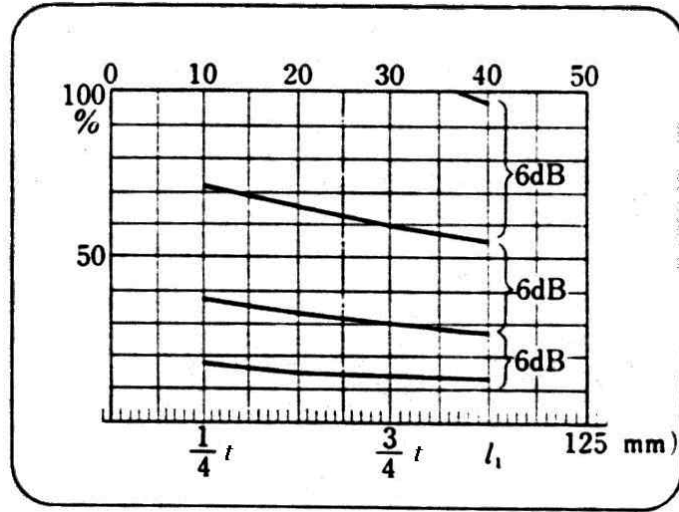


그림 6.2 에코높이 구분선 작성 예

⑤ 눈금판에는 4개 이상의 에코높이 구분선을 기입한다. 인접한 구분선의 감도차는 6 dB로 한다. 또한, 이 에코높이 구분선을 기입한 눈금 판을 교정 눈금판이라 한다.

(6) 감도 기준선(U선, H선, M선 및 L선)

감도 기준선 중 H선은 앞에서 작성한 에코높이 기준선 중, 적어도 상위에서 3번째 이상의 선을 골라 정한다. 이것을 감도 조정 기준선으로 한다. H선은 원칙적으로 결함에코 평가에 사용되는 빔노정(Beam 路程) 범위로, 그 높이가 40 %이하가 되지 않는 선으로 한다.

H선으로부터 6 dB 높은 에코높이 구분선을 U선, H선으로부터 6 dB 낮은 에코높이 구분선을 M선, 12 dB 낮은 에코높이 기준선을 L선으로 한다.

(7) 에코높이 영역

H선, M선 및 L선으로 나뉘어진 에코높이 영역을 표 6.6와 같이 이름을 붙인다.

표 6.6 에코높이 영역구분

에코높이 범위	에코높이 영역
L선 이하	I
L선 초과 M선 이하	II
M선 초과 H선 이하	III
H선 초과	IV

(8) 탐상 감도

대비시험편(RB) 표준 구멍의 에코높이가 H선에 맞도록 게인을 조정하고, 이것을 탐상 감도로 한다.

(9) 예비 검사

① 감도 조정

6.5.1 (8)항에서 정한 탐상 감도 또는 이 이상의 감도로 계인 조정을 한다.

② 탐상 방향 및 탐상 범위

T 이음은 그림 6.4에 표시한 방향부터 탐상하고, 용접부 전체가 탐상될 수 있는 범위로 한다.

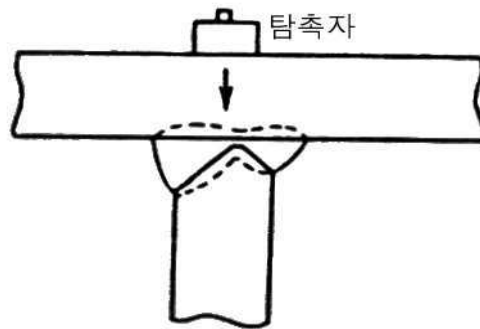


그림 6.3 T 이음의 탐상 방향

③ 결함 예비 검출

L선을 넘어서는 에코를 검출한다.

④ 결함 예비 검출부의 판정

결함 예비 검출부 최대 에코를 표시하는 위치에 탐촉자를 놓고 탐촉자 위치, 빔노정, 용접부 형태 등으로부터, 결함 예비 검출부가 결함인지 여부를 판정한다.

(10) 정밀 검사

① 대상 개소

예비 검사에서 결함으로 판정된 개소를 대상으로 한다.

② 감도 조정

6.5.1 (8)항에서 정한 탐상 감도로 계인 조정한다.

③ 에코높이 측정

최대 에코높이를 표시하는 위치에 탐촉자를 놓고, 그 최대 에코높이 영역을 교정 눈금판으로부터 정한다.

④ 평가 대상이 되는 결함

최대 에코높이가 L선을 넘어서는 결함을 평가 대상으로 한다.

⑤ 결함 지시길이의 측정

최대 에코높이를 나타내는 탐촉자 위치를 중심으로 하여 주사하고, 에코높이가 L선을 넘어서는 범위의 탐촉자 이동거리를 1 mm 단위로 측정하여 결함 지시길이로 한다.

㉔ 결함 위치 표시

결함 위치는 최대 에코높이를 나타내는 탐촉자 위치 및 빔노정으로 표시한다.

6.5.2 사각형 단면 내부에 있는 다이어프램의 일렉트로 슬래그 용접부 용입폭 측정

(1) 측정 범위 선정

측정 범위는 사용하는 최대 빔노정에 적합하게 한다.

(2) 탐촉자 선정

탐촉자는 6.2.1 (2)항을 참조한다.

(3) 시간축 조정 및 원점 수정

시간축 조정 및 원점 수정은 6.5.1 (4)항을 참조한다.

(4) 탐상 감도

탐상 감도는 검사 용접부의 건전부 제1회 저면 에코높이의 80 %로 한다.

(5) 검사 위치

검사 위치는 그림 6.4과 같이 용입 폭을 향하여, 스킨 플레이트(Skin Plate)측으로부터 한다.

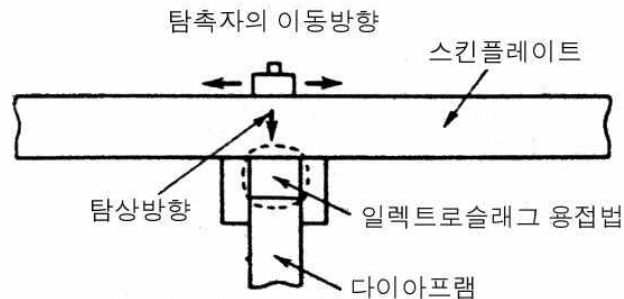


그림 6.4 탐상 위치

(6) 주사 방법

주사 방법은 탐촉자를 용접선에 직각으로 하여 검사 용접부 표면 위로 이동시켜, 용접 시작부나 종료부 부터 100 mm 간격으로 실시한다. 또한, 용접 시작과 끝단에 있어서도 이 주사를 하여야 한다(그림 6.5 참조).

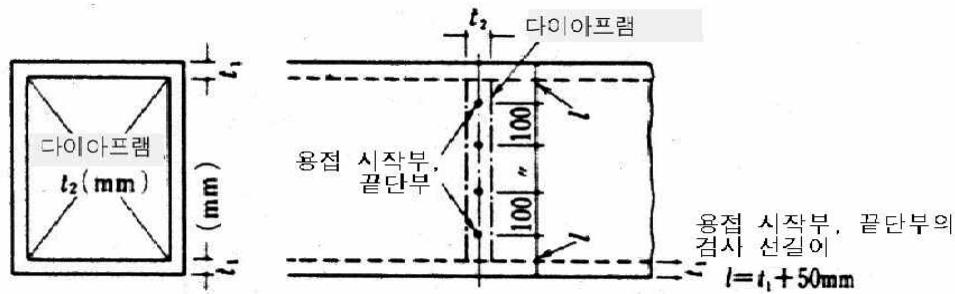


그림 6.5 주사 방법

(7) 용입폭 경계점 측정

용입폭 경계점은 6.5.2 (6)항의 주사에 있어서, 저면 에코높이가 40 %되는 탐촉자 중심 위치로 한다.

(8) 용입 지시폭

용입 지시폭은 6.5.2 (7)항에서 측정한 용입 폭 한계점 간의 거리로 하며, 측정 단위는 1 mm로 한다.

(9) 결함 지시길이 측정

결함 지시길이는 용입 지시폭이 부족한 경우와 용입 지시폭 한계점이 용접 예정선으로부터 어긋난 경우로 나누어 측정한다. 결함 지시길이 측정 단위는 1 mm로 한다.

① 용입 지시폭이 부족한 경우

6.5.2 (6)항의 주사를 실시하여, 용입 지시폭이 다이아프램 두께보다 작은 용접선 방향의 범위를 구하여, 이것을 결함 지시길리로 한다.

② 용입폭 경계점이 어긋난 경우

6.5.3 (7)항의 용입폭 경계점이 용접 예정선 내측으로 3 mm를 초과하여 어긋난 용접선 방향의 범위를 구하여, 이것을 결함 지시길리로 한다.

(10) 에코높이의 영역

에코높이 영역은 표 6.6의 IV로 한다.

(11) 결함 위치 표시

결함의 방향 및 위치는 결함 지시길이 기점에서 방향과 길이를 표시한다.

6.6 경사각 탐상법

6.6.1 경사각 일탐촉자법

(1) 주파수 선정

주파수 선정은 판 두께에 따라 표 6.6에서 정한 공칭주파수를 적용한다. 다만, 일렉트로 슬래그 용접부에는 2 MHz를 적용한다.

표 6.7 공칭주파수

판두께(mm)	공칭주파수(MHz)
75 이하	2 또는 2.25, 4 또는 5
75 초과	2 또는 2.25

(2) 굴절각 및 측정 범위 선정

굴절각 및 측정 범위는 검사 대상이 되는 부분의 두께, 개선 형상 및 비드(Bead) 형태를 고려하여 표 6.8 에 따라 선정한다.

표 6.8 탐상위치 및 사용 굴절각

이음형상	판두께 (mm)	탐상면	결함검출 방법	사용굴절각
맞대기 이음부 (Bolt-joint)	40 이하	한면-양쪽	직사법 및 1회반사법	70°
	40초과 60이하	한면-양쪽	직사법 및 1회반사법	70°또는 60°
	60초과 100이하	한면-양쪽	직사법 및 1회반사법	70°와 45° 또는 60°와 45°
	100 초과	양면-양쪽	직사법	70°와 45° 또는 60°와 45°
T-이음부 및 모서리 이음부	40 이하	한면-한쪽	직사법 및 1회반사법	70°
	40초과 60이하	한면-한쪽	직사법 및 1회반사법	70°또는 60°
	60 초과	양면-한쪽	직사법	70°와 45° 또는 60°와 45°

(3) 검사 기기의 조정

측정 범위가 250 mm 이하인 경우는 STB-A1 또는 STB-A3을 사용하며 250 mm 초과시 STB-A1을 사용한다.

진동자의 공칭치수(mm)가 8×9, 10×10, 14×14 및 20×20인 경우는 STB-A1을 사용한다.

① 입사점의 측정과 표시

±1 mm 정도로 측정하여 그 위치를 탐촉자 양측에 표시한다.

② 시간축의 조정 및 원점의 수정

측정한 측정 범위에 ±1 % 정도로 시간축을 조정하고 원점도 보정한다.

③ 굴절각 측정

STB 굴절각은 0.5°단위로 읽는다.

(4) 에코(Echo)높이 구분선 작성 및 탐상 감도 조정에 사용되는 시험편 선정

에코높이 구분선 작성 및 탐상 감도 조정에 사용되는 시험편은 표 6.9과 같다.

표 6.9 에코높이 구분선 작성 및 탐상 감도 조정에 사용되는 시험편

검사 대상 판두께(mm)	평판형 이음 및 외경 500mm를 넘어서는 강관의 원주이음	외경 300mm이상 500mm 이하 강관의 원주 이음
75 이하	STB-A2	RB-A8(RB-A6)
75 초과	RB-4 또는 ARB	RB-A8(RB-A6)

(5) 거리진폭 특성곡선에 의한 에코높이 구분선의 작성

- ① 결함을 평가하기 위해 에코높이 구분선을 작성한다. 에코높이 구분선은 거리진폭 특성곡선에 따라, 6.6.1의 (4)항에서 정해진 시험편을 사용하여 작성한다.
- ② 에코높이 구분선은 원칙적으로 실제로 사용하는 탐촉자를 사용하여 눈금판 또는 보조 눈금판(이하, 눈금판이라 한다)에 기입한다.
- ③ STB-A2 또는 RB-A6을 사용한 경우에는 $\phi 4 \times 4$ mm 표준 구멍을 이용하여 에코높이 구분선을 작성한다. RB-A8을 사용하는 경우에는 각각 $\phi 3$ 의 표준 구멍을 이용하여 에코높이 구분선을 작성한다.
- ④ 에코높이 구분선 작성에 있어서는 그림 6.7에 예시한 RB-A7의 위치에 순차적으로 탐촉자를 놓고, 눈금판(CRT)에 각각의 가장 높은 에코(이하, 최대에코라 한다.)의 최고치를 그린다. 이 때 RB-A6를 사용하는 경우는 0.5 Skip과 1.5 Skip의 두 개만을 작성한다.
- ⑤ 일정한 감도에 있는 점을 직선으로 연결하여, 그림 6.8과 같이 하나의 에코높이 구분선으로 한다. 이때, 최단 빔노정(Beam路程)의 점에서 좌측은 그 높이에서 선을 연장한다. 다만, STB-A2 또는 RB-A6을 이용하는 경우로 공칭굴절각이 45° 인 탐촉자를 이용하는 경우는 최단 빔노정의 점은 1 스킵(Skip)으로 한다.
- ⑥ 눈금판에는 굴절각 45° 를 제외하고는 3개 이상의 에코높이 구분선을 기입한다. 인접한 구분선의 감도차는 6dB로 한다. 또한, 이 에코높이구분선을 기입한 눈금판을 교정 눈금판이라고 한다.

(6) 감도 기준선 (U선, H선, M선 및 L선)

감도 기준선 중 H선은 앞에서 작성한 에코높이 기준선 중, 목적에 따라 적어도 상위에서 3번째 이상의 선을 골라 정한다. H선은 원칙적으로 결함에코의 평가에 사용되는 빔노정 범위로, 그 높이가 40 %이하가 되지 않는 선으로 한다.

H선으로부터 6 dB높은 에코높이 구분선을 U선, H선으로부터 6 dB 낮은 에코높이 구분선을 M선, 12 dB 낮은 에코높이 구분선을 L선으로 한다.

(7) 에코높이의 영역

H선, M선 및 L선으로 나뉘어진 에코높이의 영역을 표 6.10과 같이 이름을 붙인다.

표 6.10 에코높이의 영역 구분

에코높이의 범위	에코높이의 영역
L선 이하	I
L선 초과 M선 이하	II
M선 초과 H선 이하	III
H선 초과	IV

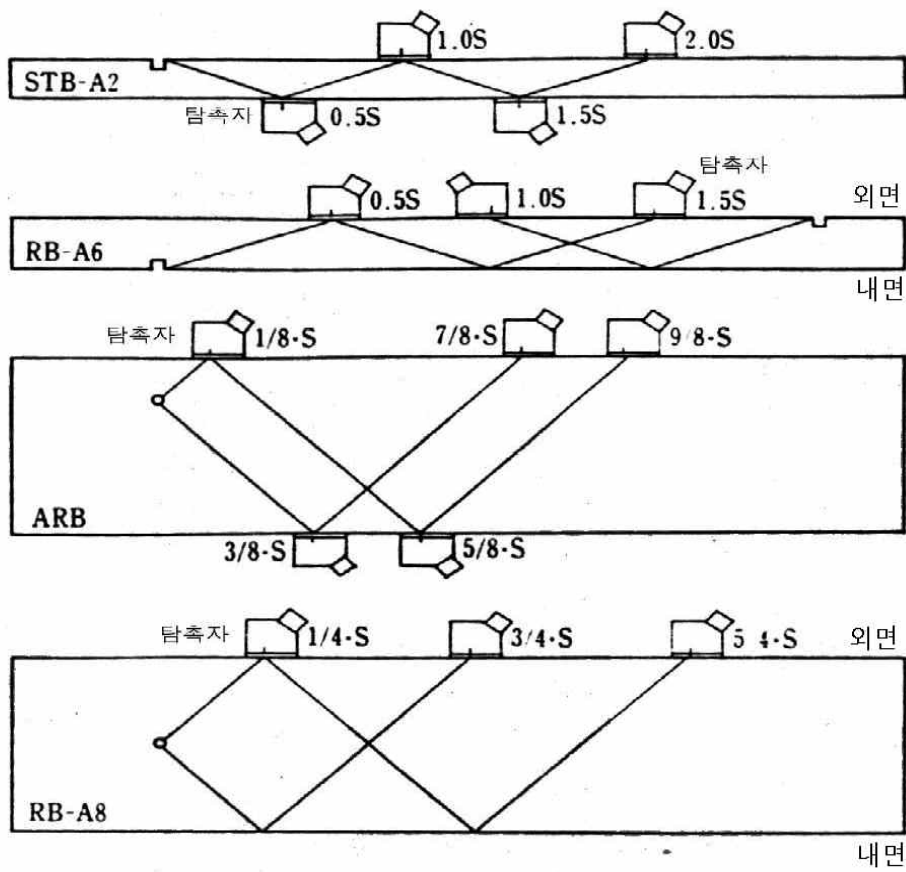
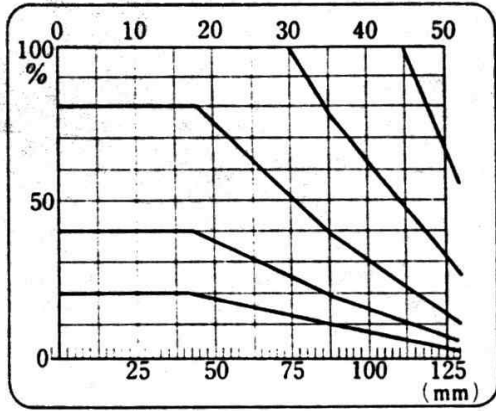
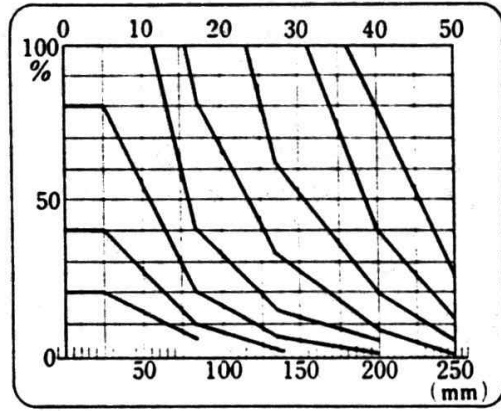


그림 6.6 에코높이 구분선 작성을 위한 탐촉자 위치



(a) 5Z 10X 10A70, 측정범위 125 mm,
STB-A2를 사용한 경우



(b) 5Z 10X 10A45, 측정범위 250 mm,
ARB(T=80 mm)를 사용한 경우

그림 6.7 에코높이 구분선의 작성에

(8) 탐상 감도

① STB-A2 또는 RB-A6에 의한 경우

Φ4×4 mm의 표준 구멍을 탐상하여 그 에코높이가 공칭굴절각 70° 또는 65° 탐촉자는 H선에, 공칭직경 45° 탐촉자는 U선에, 각각 맞도록 게인(Gain)조정하여 탐상 감도로 한다. 다만, STB-A2에 비하여 검사 용접부의 표면이 거친 경우 및 감쇄가 현저한 경우에는 탐상 감도를 보정한다.

② RB-A8에 의한 경우

표준 구멍을 탐상하여 그 에코높이가 U선에 맞도록 게인 조정하여 탐상 감도로 한다.

(9) 검사면과 탐상 방법

아래의 그림 6.8 와 6.9를 참고로하여 이 장의 표 6.8에 의하여 행하는 것을 원칙으로 한다.

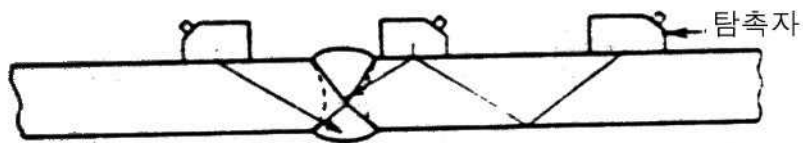


그림 6.8 맞댐 이음의 검사

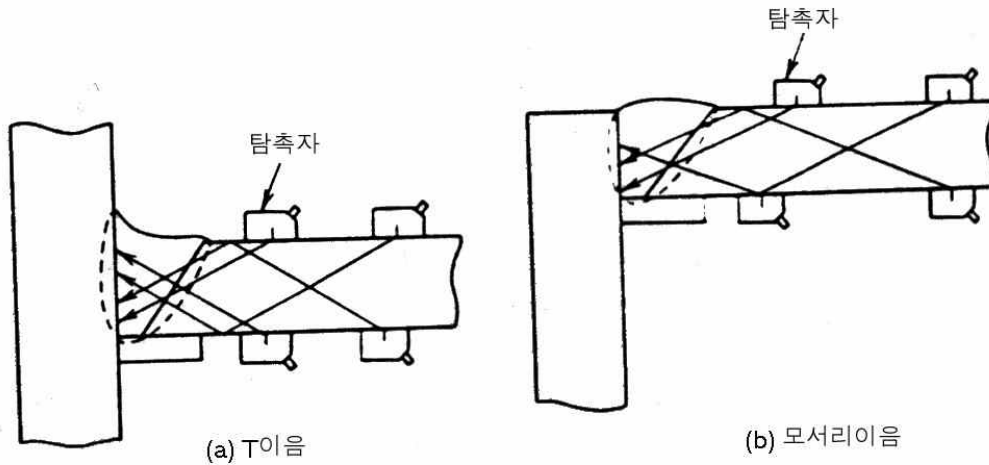


그림 6.9 T 이음 및 모서리 이음의 검사

(10) 예비 검사

① 감도 조정

6.6.1 (8)항에서 정한 탐상 감도 또는 이 이상의 감도로 게인(Gain) 조정을 한다.

② 주사 방법 및 탐상면

특별히 지정되었을 경우를 제외하고는 지그재그주사, 좌우주사, 전후주사, 목돌림주사 및 진자주사의 방법을 기본으로 하여 6.6.1(9)항에서 정한 탐상면을 탐상한다.

③ 결함 예비 검출

N선을 넘어서는 에코를 검출한다.

④ 결함 예비 검출부의 판정

결함 예비 검출부의 최대 에코를 나타내는 위치에 탐촉자를 놓고, 탐촉자의 위치, 탐촉자의 방향, 빔노정, 용접부의 형태 등으로부터, 결함 예비 검출부가 결함인지 여부를 판정한다.

(11) 정밀 검사

① 대상 개소

예비 검사에서 결함이라고 판정된 개소를 대상으로 한다.

② 감도 조정

6.6.1 (3)항에서 정한 탐상 감도로 게인 조정을 한다.

③ 에코높이의 측정

최대 에코높이를 나타내는 위치 및 방향으로 탐촉자를 놓고, 그 최대 에코높이 영역을 교정 눈금판으로 정한다.

④ 평가 대상이 되는 결함

최대 에코높이가 N선을 넘어서는 결함을 평가 대상으로 한다.

㉟ 결함 지시길이의 측정

(a) 주사 방법

최대 에코높이를 나타내는 탐촉자 용접부 거리에서 용접선이 직선인 경우는 좌우주사, 곡선인 경우는 용접선의 곡률 중심을 회전 중심으로 하는 진자(흔들이)주사를 한다. 이 경우, 약간의 전후주사는 할 수 있다.

(b) 측정 방법

에코높이가 L선을 넘어서는 범위의 탐촉자 이동거리를 결함 지시길이라 한다. 결함 지시길이의 측정 단위는 1 mm 단위로 한다.

㊱ 결함 위치의 표시

결함의 길이 방향 위치는 결함 지시길이의 기점에 방향과 길이를 표시하며, 용접선과 직각 방향 및 깊이 방향의 위치는 최대 에코높이를 나타내는 위치에 방향과 깊이를 표시한다.

6.6.2 탠덤(Tandem) 탐상법

(1) 일반 사항

① 탠덤 참조선

검사를 실시하는 용접부의 탐상면 위에는 용접에 앞서 개선면으로부터 일정한 거리에 탠덤 참조선을 표시한다.

② 탠덤 탐상 불능 영역 및 용접부의 탐상 방법

탠덤 탐상 불능 영역 및 용접부는 경사각 일탐촉자법으로 탐상을 실시한다.

③ 이 탐상법은 아래의 조건에 대하여 적용하는 것을 원칙으로 한다.

- 탠덤탐상의 적용 판두께 범위는 20 mm 이상으로 한다.
- 도면 또는 시방서 등에 특별히 지정된 곳.
- 탐상면에 수직인 그루브(I, U, H, K, X 등)면에 대하여 결함(흠)이 탐상단면에 5°이내로 기울어진 융합불량 및 루트면의 용입불량의 검출.
- 1탐촉자 경사각법으로 충분히 시험할 수 없는 부위.

(2) 탐상 지그의 사용

탐상에는 횡방향 탠덤주사 또는 종방향 탠덤주사가 적절하게 실시될 수 있는 지그를 사용한다.

(3) 탐촉자 크기 및 굴절각 선정

사용하는 탐촉자의 최소 입사점간 거리는 공칭주파수 5 MHz, 공칭굴절각 45°의 탐촉자에서 20 mm 이하, 70°의 경우에 27 mm 이하, 2 MHz 45°의 경우 25 mm 이하로 한다. 판두께 40 mm 이상의 경우는 공칭굴절각 45°로 하고 송신용 및 수신용 탐촉자의 각각의 STB 굴절각의 차이는 2°이하로 한다.

(4) 검사 기기의 조정

STB-A1 또는 STB-A3을 이용하여 아래와 같이 선정 및 조정한다.

① 입사점의 측정과 표시

±1 mm 정밀도로 측정하며 그 위치를 탐촉자 양측에 표시한다.

② 굴절각 측정

STB굴절각은 0.5° 단위로 읽는다.

③ 최소 입사점간 거리 측정 및 그 가운데 점의 탐상 지그 표시

수신기 1조의 탐촉자를 탐상지그에 부착시킨 상태에서 최소 입사점간 거리를 측정한다. 또한, 최소 입사점간 거리의 가운데 점을 탐상지그에 표시한다.

④ 시간축 조정

경사각 일탐 측지법에 따라 검사 용접부 두께의 약 1 스킵에 해당하는 빔노정이 되도록 측정 범위를 조정한 후, 검사 용접부에 V주사하여, 최대 투과펄스 높이가 얻어진 투과거리에 해당하는 빔노정 위치를 눈금판 등에 표시한다.

(5) 에코높이 및 감도 기준선

에코높이 구분선은 결함을 평가하기 위하여 그림 6.10과 같이 설정한다. 눈금판의 40 %에 해당하는 높이의 선을 M선으로 하며, 이 보다 6 dB 높은 선을 H선, 6 dB 낮은 선을 L선으로 한다.

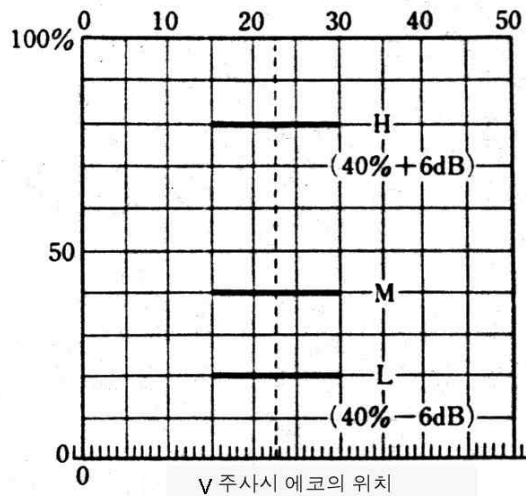


그림 6.10 에코높이 구분선의 작성 예

(6) 에코높이 영역

L선, M선 및 H선으로 나뉘어진 영역을 표 6.11과 같이 이름을 붙인다.

표 6.11 에코높이의 영역구분

에코높이 범위	에코높이 영역
L선 이하	I
L선 초과 M선 이하	II
M선 초과 H선 이하	III
H선 초과	IV

(7) 주파수 선정 및 탐상 감도의 조정

검사 용접부의 건전부에 V주사를 하고, 그 투과펄스(Pulse) 높이가 M선에 맞도록 게인(Gain) 조정을 한 후, 감도를 표 6.12에 따라 높여서 탐상감도로 한다.

표 6.12 탠덤탐상 주파수, 공칭굴절각 및 탐상감도

두께(mm)	주파수	공칭굴절각	탐상감도
20이상 40미만	5MHz	70°	+16dB
40이상 75미만	2MHz, 5MHz	45°	+10dB
75이상	2MHz	45°	+14dB

(8) 검사면과 탐상 방법

① 검사면

맞댐 이음의 경우에는 한면의 양측에서 검사하고, T 이음 및 모서리 이음의 경우에는 맞대어지는 쪽의 한면에서 탐상한다.

② 탠덤 기준선 결정

검사 용접부의 탐상면이 되는 측의 두께 t 및 수신기 1조의 STB 굴절각 θ_T , θ_R 을 구하여, 다음 식으로부터 탐상 단면과 탠덤 기준선 간격 l 을 계산하고, 탠덤 참조선에 따라 탠덤 기준선을 표시한다.

$$l = t \times \tan \{ (\theta_T + \theta_R) / 2 \}$$

③ 탐상 지그 설치

최소 입사점간 거리의 중간점 표시 위치를 탠덤 기준선에 맞춰 탐상 지그를 설치한다.

(9) 예비 검사

① 감도 조정

6.6.2 (8)항에서 정한 탐상 감도 또는 그 이상의 감도로 게인 조정을 한다.

② 주사 방법

탐상면마다 횡방향 탄뎀주사 또는 종방향 탄뎀주사를 한다. 주사 범위는 탠덤 기준선으로부터 덧살까지 가능한 한 넓은 범위로 한다.

③ 결함 예비 검출

6.6.2 (5)항에서 표시한 시간축에서 L선을 넘어서는 에코를 결함으로 검출한다.

(10) 정밀 검사

① 대상 개소

예비 검사에서 결함으로 검출된 개소를 대상으로 한다.

② 감도 조정

6.6.2 (8)항에서 정한 탐상 감도로 개인 조정한다.

③ 에코높이 측정

최대 에코높이를 표시한 위치에 탐촉자를 놓고, 최대 에코높이 영역을 교정 눈금판에 따라 정한다.

④ 평가 대상이 되는 결함

최대 에코높이가 L선을 넘어서는 결함을 평가 대상으로 한다.

⑤ 결함 지시길이의 측정

최대 에코높이를 나타내는 탐촉자 위치를 중심으로 좌우주사를 하여, 에코높이가 L선을 넘어서는 범위의 탐촉자 이동거리를 1 mm단위로 측정하여 결함 지시길이로 한다. 이 경우 약간의 전후주사를 해도 좋다.

⑥ 결함 위치 표시

결함 길이 방향 위치는 결함 지시길이 기점에 방향과 길이를 표시하고, 깊이 방향의 위치는 최대 에코높이를 나타내는 위치에 방향과 깊이를 표시한다.

6.7 결함의 분류 및 평가길이

6.7.1 탐상법과 결함의 분류

(1) 경사각 일탐 축자법에서 공칭굴절각 70° 또는 60°와 45° 탐촉자를 병용하여, 동일한 결함이 양 탐촉자에서 검출된 경우는, 공칭굴절각 70° 또는 60°의 탐촉 결과로서 결함 평가를 한다.

(2) 수직 탐상법의 결함 평가는 아래의 ① 또는 ②로 한다.

① 용접부의 내부 결함

② 사각형 단면 내부의 다이아프램 슬래그 용접부 용입폭

6.7.2 결함평가길이

동일 단면내의 결함군으로 깊이 방향 위치가 동일하게 보이거나, 결함과 결함 간격이 긴 쪽의 결함 지시길이 이하인 경우는 동일 결함군으로 보며, 이때 결함 평가길이는 이러한 결함의 결함 지시길이와 간격의 합으로 한다. 결함과 결함의 간격이 양자의 결함 지시길이 중 큰 쪽의 결함 지시길이 보다 긴 경우는 각각 독립한 결함으로 한다.

6.7.3 결함의 등급

아래의 표 6.13에 따라 분류한다. 만약 2방향 이상에서 탐상한 경우에 동일한 결함의 등급분류가 다를 때에는 하위의 급수를 적용하여 판정한다. 판두께(*)는 얇은 쪽 두께를 기준으로 한다.

표 6.13 결함의 등급분류

등급	영역	* M 검출레벨의 경우 : III			IV		
	판 두께 (t), mm	18이하	18초과 60이하	60초과	18이하	18초과 60이하	60초과
1 급		6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하	4mm 이하	t/4 이하	15mm 이하
2 급		9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하	6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하
3 급		18mm 이하	t 이하	60mm 이하	9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하
4 급	결함의 길이가 3급을 초과하는 것.						

6.8 초음파 탐상 검사의 합격 기준

6.8.1 단위 용접선

용접선 길이가 300 mm 이상인 경우는 결함이 가장 밀집된 연속된 길이 300 mm를, 용접선 길이가 300 mm 미만인 경우는 전체길이를, 각각 단위 용접선으로 한다.

6.8.2 합격 기준

단위 용접선의 합격 기준은, 시방서 및 도면 등에 특별한 규정이 없을 경우에는 제 2장 표 2.1 건축물의 중요도 구분에 따라 결함길이 및 에코높이 영역 등을 파악하고 표 6.14에 따라 판정한다. 각각의 결함에서 에코높이 영역이 상이한 경우는, 그 중에서 가장 높은 에코높이 영역을 선택한다.

표 6.14 초음파 탐상검사의 합격기준

건물의 중요도	결함의 등급
특	2 급
1	2 급
2	3 급

주 : 피로를 고려하지 않은 용접부에 한함

6.10 검사 기록

검사를 실시한 후, 다음의 항목을 기록하여야 한다. 이 기록과 해당 용접부를 항상 비교할 수 있는 상태가 되어야 하며, 탐상결과 예고높이가 N선 이상이면서 길이가 짧아 합격되는 결함(단독 기포성 결함 제외)은 그 길이, 깊이, 위치, 예고높이 및 등급 등을 기록해야 한다.

- (1) 검사 년 월 일
- (2) 공사명
- (3) 시공 또는 제작사 이름
- (4) 검사 기술자 이름(서명) 및 자격, 승인자 이름(서명) 및 자격
- (5) 검사부 번호, 위치, 시험부 재질 및 두께 등의 정보
- (6) 용접방법 및 그루브 모양
- (7) 사용한 탐상기 명, 성능 및 점검일시
- (8) 사용한 탐촉자, 성능 및 점검일시
- (9) 사용장비의 교정감도 및 탐상감도
- (10) 사용한 표준시험편 또는 대비시험편
- (11) 검사방법
- (12) 검사조건 : 적용규격, 판정기준, 검사범위, 탐상부분의 상태 및 손질방법, 검사시기 (PWHT전·후, 가공 전·후 등)
- (13) 접촉매질
- (14) 감도 보정량
- (15) 검출레벨
- (16) 탐상데이터(용접 세로방향의 탐촉자 위치, 빔노정, 최대 예고높이(영역), 흠의 지시길이)
- (17) 흠의 횡단면 위치(깊이, 용접선에 직각방향의 위치) 및 평면위치(흠의 지시길이의 시단 또는 종단)
- (18) 검사결과(로트번호, 로트크기, 발취치수, 샘플수, 발취율, 불합격수, 합격률, 로트의 합격·불합격)
- (19) DAC회로 사용여부
- (20) 기타(지정사항, 협의사항, 입회, 샘플링 방법 등)