

해양 철구조물에의 초음파 탐상시험 적용

최 병 구* · 김 진 홍*

Application of Ultrasonic Testing in Offshore Structures

B. K. Choi, J. H. Kim

Abstract This paper describes the practical difficulties experienced with ultrasonic testing during site fabrication of the offshore structures, and indicates some of the problems when UT indications are evaluated according to written procedure which is prepared to the requirements of the applicable code (standard) and/or specification.

1. 서 론

해양 철구조물의 용접부위에 대한 비파괴시험 방법에는 VT, MT, RT 및 UT가 있으며, 이들 각 시험 방법으로 적용해야 할 부위(Extent)는 설계기술자에 의해 설정이 되고 건조 사양서(Technical Specification) 상에 상세하게 명시되는 것이 통례이다.

본 보고서에서는 석유 시추선(Semisubmergible Drilling Rig) 및 자켓(Jacket) 구조물의 제작중에 UT를 수행하면서 경험한 실무적인 어려운 점/문제점과 현행의 각종 적용 규정(규격)에서 요구되고 있는 탐상조건 또는 지시치에 대한 판정기준상의 문제점을 지적하고, 그 문제점에 대한 대책과 조치방법을 기술하고자 한다.

2. 적용사례

2-1 시험범위(Extent) 및 허용기준 설정

NDT 적용방법과 적용범위에 대해서는 먼저 제작회사(Builder) 측에서 건조 사양서 상의 주문주요구사항을 기준으로하여 Welding(또는 NDT) Map을 작성하게 되고, 이것이 사양서의 요구사항을 만족하고 있는지 주문주와 상호 협의를 거쳐 확정을 짓게 되는데, 여기에는 각 NDT 방법별 시험절차서(또는 지침서)가 포함되게 된다.

2-1-1 적용범위 설정

NDT 적용방법 및 범위(Extent) 설정은 통상 Structural Category를 근거로 하여 구분 되어지며, 그

* 대우조선공업주식회사 시험측정분야
접수 : 1990년 12월 28일

에는 Table 1.과 같다.(각 Category별 적용부위 및 시험요구량이 명시되는 경우가 많다.)

Table 1.에서 MT가 RT/UT 보다 많은 양이 요구되고 있는 이유는 표면결합이 내부결합 보다 더 취약하기 때문이다.

그러나, 경우에 따라서는 상기 기준과는 무관하게 완전용입(FP : Full Penetration) 용접부에 100% RT (또는 UT)+MT를 요구하는 경우가 있다.

Table. 1 Extent of NDT(Example)

Type of Connection	Structural ^{1), 2)} Categories	Test Method(%)			
		VT	MT(PT)	RT ³⁾	UT
Butt Welds	Special	100	100	100	-
	Primary	100	100	-	100
	Secondary	100	100	-	-
Full Penetration Welds(T-and Cruciform-Joints)	Special	100	20	10 ⁴⁾	-
	Primary	100	20	-	20
	Secondary	100	20	-	-
Partial Penetration and Fillet Welds (T-and Cruciform-Joints)	Special	100	Spot ⁵⁾	Spot ⁵⁾	-
	Primary	100	Spot ⁵⁾	-	Spot ⁵⁾
	Secondary	100	Spot ⁵⁾	-	-

<Notes>

1) Structural components are grouped into categories according to : (a) level and type of applied stress, (b) loading rate, (c) presence of stress concentrations and critical load transfer points, (d) consequences of failure

2) Three categories are defined with the following features :

- Special : Those portions of primary structural elements which are in way of critical load transfer points, stress, concentration, etc.

- Primary : Structural elements to the overall integrity of the unit.

- Secondary :Structural elements of minor importance failure of which is unlikely to affect the overall integrity of the unit.

3) May be replaced by ultrasonic testing upon agreement(e. g. thicker plate)

4) Additionally, all manual welds in bracing 100%

5) Approximately 5%

이런 경우에는 선 제작되는 몇개의 블록을 샘플로 하여 검사한 후, 그 검사결과를 토대로 품질수준(Quality Level)을 입증시킨 다음, 검사량을 Table 1의 기준 또는 그 이하로 재조정하여 시행할 수도 있다.

즉, 비파괴 시험이 전체 구조물의 품질보증 수단으로서 만족될 수 있는 최소한의 검사량이 수행되어

야 하며, 불필요한 검사는 생산공정에 지장이 초래됨을 항상 고려해야 한다.

2-1-2 지시치에 대한 허용기준

특히 사양서 상에 허용기준을 제시하는 경우를 제외하고는 AWS D1.1, Section 10에 나오는 Class X, 및 API-RP-2X에 나오는 Class C, 또는 ASME Code의 적용 등으로 규정되는 것이 통상적이다.

그러나 석유 시추선과 같은 이동식 해양구조물

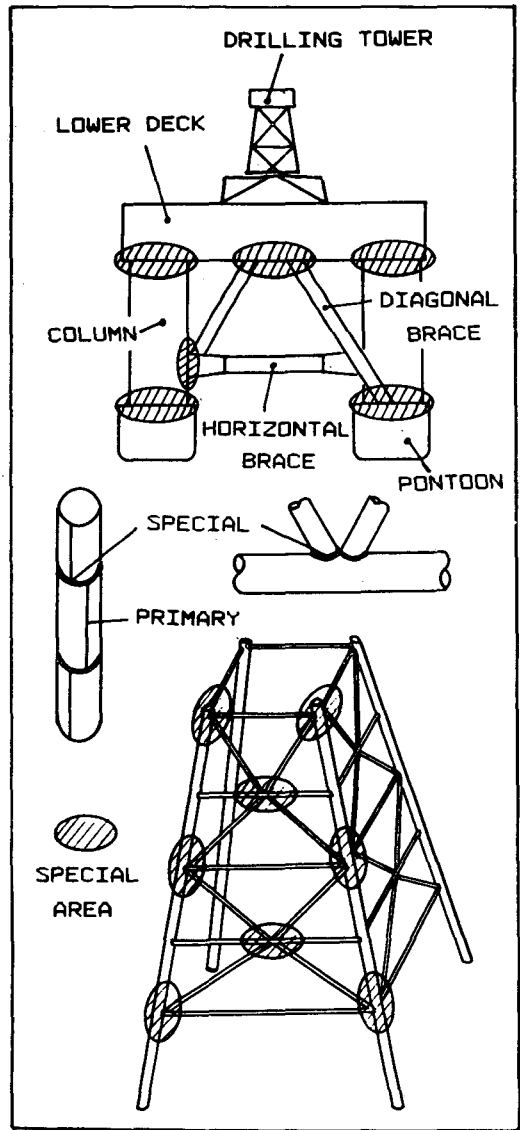


Fig. 1 Structure categories

(Mobile Offshore Unit)의 경우에는 DNV(노르웨이 선급협회)에서 선박 규정과는 달리 별도의 규정이 제정되어 있으며 그에 따를 경우도 많이 있다.

2-2 UT 검사원 자격인정 관리

석유 시추선 건조의 경우에는 주문주 외에 제3검사기관으로 선급(Classification Society)의 검사를 받게 되어 있으므로 기존 상주해 있는 선급과의 평소 접촉으로 UT 검사원 기량에 대해 별도의 자격인정 시험(Personnel Qualification Test)없이 자격이 인정되어 진다.

그러나, 자켓 및 해상 모듈(Module)의 경우에는 주문주 또는 그의 대행 검사기관의 검사를 받는 것이 일반적이며, 따라서 UT 검사원에 대해서는 실 생산작업 착수 전에 자격인정 시험을 받게 된다.

이때는 모형시험편(Mock-up Test Coupon), 또는 주문주 측에서 임의 제작한 시험편을 가지고 API- RP-2X의 "UT 검사원 자격인정 절차"에 따라 기량 시험을 거치게 된다. 그렇지만 ASNT(American Society for Non-Destructive Testing; 미국 비파괴검사 학회)의 권고관련인 SNT-TC-1A 기준이 아닌 CSWIP(Certification Scheme for Weldment Inspection Personnel; 영국 용접검사원 자격인정기관) 유사자격자의 경우에는 시험이 생략되어지며, 때로는 사양서 상에 CSWIP 자격을 직접 요구하는 경우도 많이 있다.

그 이유는 CSWIP 자격인정 시험이 실기시험 위주로 치루어 지기 때문이다.

이러한 자격기준에 인정된 후에 실 공사의 검사원으로서 투입되게 되며 제작회사측에게 검사를 완전히 위임하는 경우가 있는가 하면, 때로는 주문주측의 재확인 검사원(Cross Checker)을 고용하여 제작 회사 측의 UT결과를 점검하기 위해 무작위로 재확인 검사를 하면서 공사가 끝날 때까지 감시(감독)하는 경우가 있다.

지금까지의 경험으로 가장 엄격했던 경우를 예로 들면, Texaco Harvest Jacket 공사(1985년도 제작) 당시 제작회사 측 UT 검사원과, 주문주 측 재확인 검사원간의 검사결과가 상호 일치되지 않아 상당량

을 재검사(또는 수정) 해야 했으며, 이러한 상호 검사 결과의 불일치를 최소화하기 위해 다음의 절차를 사전에 협의, 확정하여 관리한 결과 검사공정에 많은 도움이 되었다.

〈UT MIS-CHECK을 최소화 관리절차〉

1) 제작회사측은 "개인별 UT 체크 리스트"를 준비하여 개인별 UT 검사원에 대한 관리를 한다.

2) 주문주측 재확인 검사원은 주간 단위로 Cross-Checking한 모든 용접부의 리스트를 작성하여 제작 회사측에 제출한다.

3) 재확인 검사원으로 부터 받은 UT 성적서의 결과와 비교하여 상호 불일치 사항이 있으면 제작회사측은 그 부위에 대해 주문주 입회하에 재검사를 실시한다.

4) 만약 제작회사측이 주문주측의 결과에 동의하면, 그 불일치 사항은 제작회사 해당 UT 검사원의 "개인별 UT 체크 리스트" 상에 MIS-CHECK된 것으로 기록한다.

5) 제작회사측 UT 검사원의 개인별 MIS-CHECK율이 용접 이음매 수를 기준으로하여 10%를 초과하게 되면 재교육을 위해 즉각 현장검사 업무에서 철수시키고, 그가 검사를 행했던 용접 이음매의 15%에 해당되는 용접이음매 수·만큼 제작회사측 타검사원에 의해 재 검사되어야 한다.

(이때, 15%는 그때까지 검사된 총 이음매수를 기준으로 하나, 최근에 행한 것으로 부터 최대 60개를 초과하지 않는다.)

만약, MIS-CHECK율이 10%에 근접하게 되면 주문주는 해당 UT 검사원에 대한 재교육을 요청할 권한을 가진다.

6) 제작회사측은 재교육 대상 검사원에 대한 "재교육 계획표"를 만들어 주문주측에 통보해야 하며, 재교육이 끝나게 되면 그 결과를 문서화하여 주문주에게 제출해야 한다.

* 상기 절차에 의거 MIS-CHECK율이 10%를 초과한 검사원의 재 교육시에는 별도 프로그램을 만들어 "일일관리 체크-시트"로 관리 했으며, 실시평가용 시험편도 상당수 별도로 제작하였다.

2-3 UT 중 발생한 주요 문제점

일반적으로 UT는 거의가 T형 이음매 및 십자형(Cruciform)-이음매와 같이 RT가 불가능 하거나 접근이 어려운 부위에서 행해진다.

정상적인 용접작업을 위해서, 용접사는 규정된 용접 시방서(WPS : Welding Procedure Specification)를 절대적으로 준수해야 하고, UT 검사원은 건전성여부의 평가를 정확히 행하기 위해서 승인된 UT 절차서에 따라 검사를 실시해야 한다.

그러나 상기 2가지 조건이 만족되지 않으므로서 발생된 문제점을 몇가지 예들들어 소개하겠다.

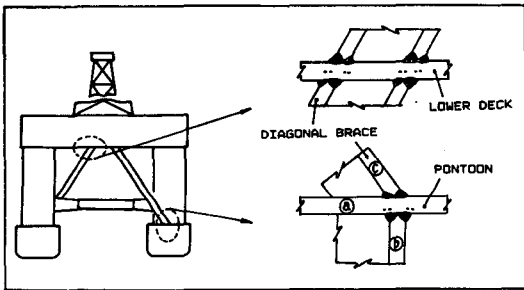


Fig. 2 Lamella tearing

2-3-1 균열성 결함발생(석유시추선 건조 과정에서 : Fig. 2 참조)

2-3-1-1 발생현상

<사례 1>

a. 공장내의 블록 제작 단계에서 1차 UT 결과, 전체 UT 용접장의 약 20%에 해당하는 길이에서 단속적인 결함(Intermittent Indications)이 발생하여 두 번의 수정작업이 있었으며 수정후 재 UT시 합격되었다.

b. 블록 제작작업이 완료되어 탑재(Field-Erection) 용접작업을 위해 현장으로 옮기기 직전의 최종확인 검사 과정에서 하부갑판(Lower Deck Plate) 내부에 결함이 검출되어 완전히 교체시킨 경우이다.

c. 시험편 채취후 철판 단면 관찰시 모재의 중앙부에 두장터짐(Lamellar Tearing)이 발견되었다.

<사례 2>

a. 1차로 부합갑판(Pontoon Deck)+종격벽(Longitudinal Bulk Head)의 용접부(T-Joint)에 대한

UT를 블록 제작 단계에서 수행했으며, 당시 UT 불량 부위에 대해서만 두 번의 부위별 수정작업이 있었으며, UT 결과 50% DAC 이하의 지시치가 관찰 되었으나 허용범위 내에 있는 상태이므로 합격처리 되었다.

b. 약 2~3개월후 블록이 현장으로 이동되어 대각선 지주(Diagonal Bracing)와 부합(Pontoon)의 탑재 용접이 완료되었고, 탑재 용접부에 대한 2차 UT 결과 합격처리 되었다.

c. 그후 시추선 건조작업이 마무리지고, 진수 시기가 임박했을 때, 선주측 검사원으로 부터 부합갑판과 종격벽 이음부에 슬래그성 결함이 존재 한다는 이유로 재 검사를 요청해 왔다.

d. 내·외면에서의 재검사 결과 모재의 열 영향부에 수소균열(Hydrogen Cracking)이 발생한 것으로 판명되었음.

이는, 2차 UT과정에서 하단부의 T형 이음매에 대한 용접상태를 고려치 않았기 때문에 결함을 놓치게 된 경우이다.

2-3-1-2 발생원인 분석

a. 검사원 측면에서 볼 때

첫째, 용접결함으로 인한 여러차례 수정작업이 있었기 때문에 용접부에 인접한 모재 결함을 용접부내의 결함으로 오판하여 그 결함을 허용되는 결함으로 간주하였다.

둘째, 고장력강의 경우 용접후 48~72시간 경과후에 UT를 행해야 하나 이를 준수하지 못하므로서 수소균열이나 두장 터짐 등의 결함을 검출하지 못하였다.

셋째, 십자형 이음매의 경우 완전한 이음매의 형성 전·후에 접근 가능한 모든 면(Scanning Face)에서의 탐상이 행해지도록 UT탐상(주사) 절차서 상에 명시되지 않았다. 실제 사용한 절차서상에는 한 면 양쪽 탐상(One Face-both Side Scanning)을 하게끔 되어 있었다.

b. 용접담당 측면에 볼 때(생산부서)

첫째, 특별지역(Special Area)에 대해서는 일반용접 부위와는 달리 용접사 선정에서 부터 철저한 판

리가 되어야 하나, 관심소홀로 여러차례 불합격 결함이 발생되었고 수정작업이 있었다.

둘째, 용접시방서 상에 제시된 용접조건(Essential Elements)을 제대로 지키지 못했다. 그 예로서는 아래와 같다.

- 예열온도 미준수(용접초기 및 수정작업중)
- 부적합한 용접봉 사용(Lower Hydrogen Electrode : AWS E7016 사용원칙)
- 용접봉 건조관리 미흡(250°C)
- 낮은 입열(Heat Input : 3KJ/mm)
- 취부상태 불량(Wide Gap 발생)
- 용접순서(Sequence) 미준수
- 높은 열영향부 경도치(Critical Value : 400 HvS)

- 용접봉 접근각도 부적합 등을 들 수가 있었다.

c. 재료 측면에서 볼 때(용접기술 담당자)

첫째, Z-Quality강의 황화물 구상화 처리가 완전하게 되지않아 용접시 저용점 계재물(MnS)이 부분적으로 용융되면서 발생한 HAZ부의 미소균열의 발생 가능성을 배제할 수가 없었다.

둘째, 수차례에 걸친 수정작업시 발생한 응력집중 및 변형이 결함발생의 원인이 될 수 있었다.

2-3-2 Tubular의 T. K. Y 이음매에서의 루트(Root) 결함발생(자켓 구조물 제작과정에서)

AWS D1.1의 Section 10, Class X의 루트 결함에 관한 기준을 보면 상당히 엄격하게 규정되어 있으며(Fig. 3 참조), UT시 대부분의 문제 발생도 루트부위의 결함에 관한 것이었다.

그 이유는, Tubular T. K. Y-이음매 용접부의 내면으로 접근이 불가능하기 때문에 루트 결함 높이(Defect Height)의 정확한 측정(1.6~3.2MM)이 어렵다.

또한 검사위치별 이음매 형상 변화(곡면변화)로 인해 검사원 개인별 측정오차가 발생하였다.

그 실례로서 Texaco Harvest Jacket(크기 68m×110m×220m) 제작중에 발생한 UT시의 문제점중, 주문주축 재확인 검사원과의 결함 판정상 상호 불일

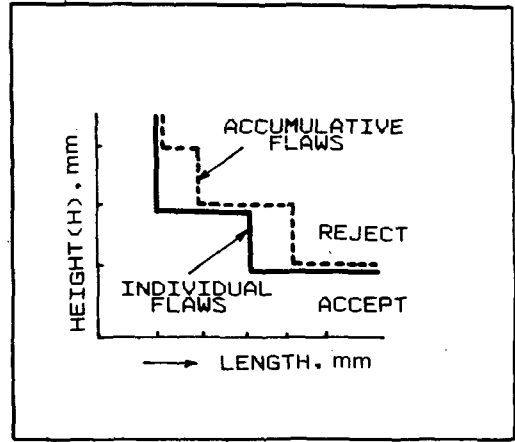


Fig. 3 T. K. Y-root defects

치 사항의 대다수가 루트 결함이었다.

따라서 상호간의 결과에 대한 차이를 분석, 확인해 본 결과 거리교정, 굴절각측정 및 결함크기 측정방법 등이 문제점으로 대두 되었다.

2-3-2-1 거리 교정시의 문제점

거리교정을 할 때는 통상적으로 IIW V1. 블록(STB-A1 Block)이 표준 교정시험편으로 사용되고 있다.

이들 V1 블록의 사용시 문제가 된 것은 블록 각각의 치수 차이였으며, 시간축(Full Scale)을 100~125mm로 교정한 후 IIW V2 블록(Miniature Block)으로 확인한 결과 1~2mm의 오차가 발생하는 경우가 있었다.

따라서 V1 블록별 실제치수를 측정해 본 결과 일부 V1 블록의 정도가 떨어짐이 입증 되었고, V1 블록으로 거리교정후 결함지시체에 대한 위치측정시 음장거리(Beam Path)가 50mm를 넘을 경우 실제 거리보다 최소 1mm 이상 적게 나타남을 확인하였다.

다시말해서 결함의 정확한 깊이를 측정기 위해서는 가능한한 V2 블록으로 거리를 교정해야 한다는 결론을 얻었다.

2-3-2-2 굴절각 측정시의 문제점

굴절각 측정시 사용되는 V1 블록의 각도 표시선

이 50° 구멍을 기준으로 그려져 있으며, 거의 모든 규격도 그 구멍을 겨냥하여 굴절각을 측정하도록 규정하고 있다.

그러나, Fig. 4의 A위치에서 굴절각의 측정을 위해 탐촉자를 전·후로 움직여 최대 반사치를 찾을 경우 브라운관 화면상에 Echo Envelope(에코 최대점의 산모양)의 폭이 너무 넓게 나타나므로서 정확한 최대점(Peak Echo) 측정이 어렵기 때문에 검사원 간에 약간의 오차가 발생하였다.

따라서 B 위치에서 15° 구멍을 겨냥하여 측정함으로써 더욱 더 정확한 굴절각 측정이 되었고, 검사원간의 측정오차를 최소화 할 수 있었다.

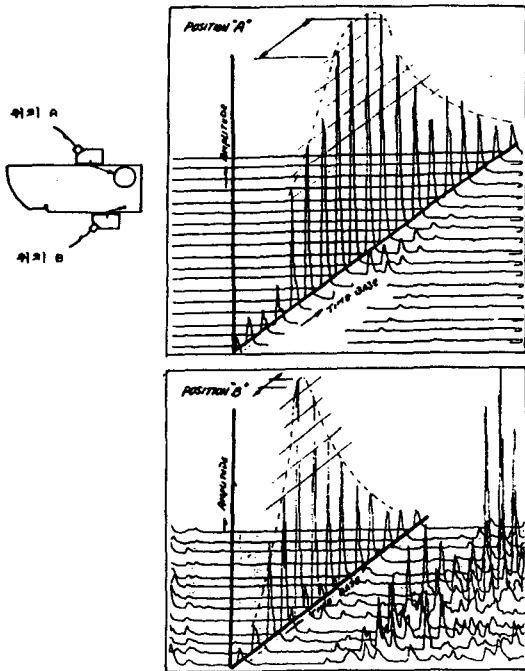


Fig. 4 Measurement of refraction angle

2-3-2-3 결함 크기 측정 방법상의 문제점

결함의 크기 측정방법에는 통상적으로 음압 드롭법(Intensity Drop; 6DB, 20DB Drop법), 최대 증폭법(Maximum Amplitude), 또는 증폭비교법(Amplitude Comparison법, DGS 선도법) 등이 이용되고 있으나, 각각의 기법이 결함의 종류, 위치 및 특성에 따라 제각기 검출능이 달라진다는 것을 알 수 있었

다.(Table 2. 참조) Tubular의 용접부 검사 과정에서 발생한 문제점을 보면;

첫째, T. K. Y-이음매의 UT시 결합위치 측정을 위해 필수적인 이음매 형상(Joint Configuration)의 1:1 스케치 과정중 탐촉자의 주사 위치별 단면을 윤곽게이지(Profile Gage 또는 Mimic)로 정확하게 본 들수 없으므로서 측정 오차를 유발 시켰으며,

둘째, Tubular의 내면으로 접근이 불가능하기 때문에, Fig. 5의 탐촉자 위치에서 루트 결합 검출시 그 결합의 정확한 깊이 측정(즉, 결합의 높이)이 상당히 어려웠다.

따라서 루트 결합의 정확한 검출을 위해 대비 시험편에 루트 결합과 유사한 V-홈, 사각 홈을 만든 다음, 결합 검출능을 비교 분석하여 그 결과를 루트 결합 여부의 판단 자료로 사용하였다.

Table. 2 Comparison of Detectability of Ultrasonic Defects

Type of Defect	Nature of Defect	Intensity Drop	Maximum Amplitude	DGS Scale
Porosities Piping	Volumetric Smooth Surface	Very Good	Good	Very Good
Slag Inclu. Cluster Poros	Volumetric Irregular	Good	Very Good	Good
Incomplete Penetration L. O. F	Planar (Non-Volume) Smooth	Poor	Good (Tip Diffraction)	Good
Crack Lamellar Tear	Planar (Non-Volume) Irregular	Good	Very Good	Poor
Root Under Cut	Volumetric Smooth	Poor	Very Good (Tip Diffraction)	Poor

* Intensity Drop Method=6DB, 20DB Drop Method

셋째, 결합검출능 비교시험 결과에서 나타난 것과 같이 Tubular T. K. Y-이음매의 UT에서 가장 많이 쓰이고 있는 70°탐촉자는 루트 결합검출시 측정치가 실제 크기보다 약 2mm 정도 크게 측정되는 것을 알 수 있었다.

그러나, 더욱 중요한 사항은 70°일 경우 결합이 직사법(Half Skip)으로 검출되는 것이 아니고, 1회 반사법으로 검출되기 때문에 루트 결합인데도 용착

금속내부에 존재하는 결함으로 오판할 가능성이 더 크다는 것이다.

따라서 루트부위의 결함 검출을 위해서는 개선부의 형상, 즉 루트간격, 루트면(Root Face)의 크기는 물론이고, 용접 직전의 가접(Fit-up) 상태에서 용접 조건의 정확한 상태가 확인되어 있어야 하며, 루트부위 결함의 유무 확인을 위해 에코의 발생 위치가 의심스럽다고 판단 될 경우에는 용접 비드를 연삭한 후 60° 탐촉자로 그 결함에 대한 재확인 검사가 필요 수행되어야 한다.

여기서 Fig. 5와 같은 구석부위(Heel Zone)를 45° 탐촉자로 탐상할 경우에는 상당량의 용접비드에 대한 연삭작업이 뒤따르거나, 그렇지 않으면 직사법 탐상이 불가능 하므로 60° 탐촉자 사용이 가장 적합하다.

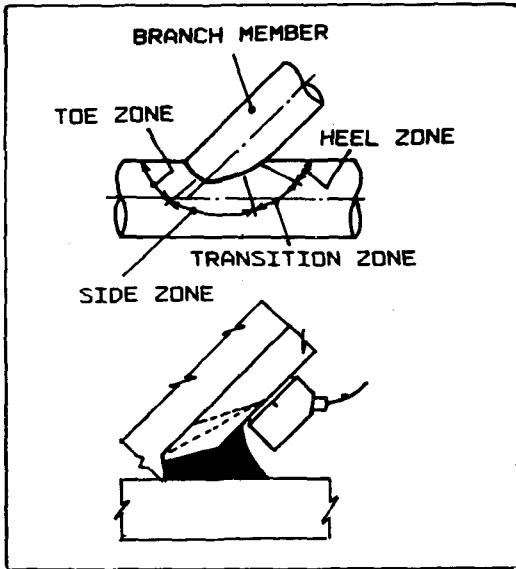


Fig. 5 Heel zone

2-3-3 루트 결함 검출능 비교실험

2-3-3-1 실험조건

○UT 장비 : A-Scan, 펄스에코우형 장비
(USK-7, Krautkramer)

○탐촉자 : 경사각 탐촉자
(MWB-4E Series, Krautkramer)

-진동자크기 : 8×9mm

-굴절각 : 60°, 70°

-주파수 : 4MHz

○접촉매질 : 순도 99% 글리세린

○주사방법 : 수동, 직접접촉법

○시험편 : 기계가공 시험편

-V홈 : 홈 깊이가 0.5mm~3.5mm(0.25mm STEP)인 33mm 두께의 시험편

-사각홈 : 홈 깊이가 1/16"~1/8"(1/16" STEP)인 25mm 두께의 시험편

○결함 Sizing 방법

-에코우 회절법(Echo Tip Diffraction Method)

-음압 드롭법

(Intensity Drop(20DB Drop) Method)

-최대 증폭법(Maximum Amplitude Method)

2-3-3-2 실험방법

상기 실험조건 하에서 UT LEVEL II 자격소지 검사원 5명이 각각 동일한 시험편에 3회 반복 검사한 후 그 평균치를 검사 결과로 선정하였다.

2-3-3-3 실험결과

루트 결함 검출시 종류, 방향성 및 위치에 따라 많은 변수가 뒤따르지만 본 실험에서는 결함의 크기(홈 또는 높이) 및 사용되는 초음파 빔의 각도에 많은 영향이 있는 것으로 나타났으며, 결함길이 측정 방법에서도 큰 차이가 난다는 것을 알 수 있었다.

또한, 경사각 탐촉자를 이용하여 결함을 검출할 경우 주사방법에서 제한을 받기 때문에 실 결함의 크기와 측정치와는 Fig. 6에서 나타난 것과 같이 차이가 발생함을 알 수 있었다.

따라서 결함 길이 측정방법중 루트 결함 검출에 가장 적합한 방법은 최대 증폭법이었고, 탐상면의 용접비드로 부터 탐촉자 이동에 제한을 받지 않고 60° 탐촉자를 사용할 수 있는 경우에는 에코우 회절법이 가장 적절하다는 결론을 얻었다.

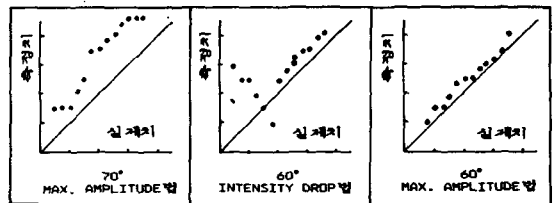


Fig. 6 Comparison of detectability

3. 결 론

일반적으로 UT를 행하는 검사원은 승인된 초음파 탐상시험 절차서에 따라 시험을 행하며 합, 부 판정 까지 하게된다.

만약, 검사원이 자기에게 주어진 시험 절차서에만 너무 얽매이다 보면 잘못된 검사를 수행할 가능성이 상당히 많다.

따라서, UT 검사원은 최소한 아래 3가지 사항에 대한 충분한 경험과 실무적인 응용이 필수적으로 요구된다.

3-1 검사시점(Timing)

검사원은 검사에 앞서 반드시 용접완료 시간을 확인하고, 용접기술자 또는 설계기술자가 요구하는 최소한의 시간 경과 후에 검사를 행해야 한다.

또한, 수정 작업이 있었던 시험 부위에 대해서는 지시치로 부터의 에코 높이에 관계없이 결함의 정확한 위치 및 형상을 관찰하여 균열성 여부를 판단할 수 있어야 하며 검사원은 각기 나름대로 일정 시간 경과 후 재검사를 행하여 결함의 성장 여부를 필히 관찰해야 한다.

3-2 탐상방법(Scanning Pattern)

주사 기준은 통상적으로 철판 두께별, 이음매 형상별 탐촉자의 종류 및 주사면(Scanning Face)을 규정해주고 있는데 여기서 너무 구애를 받지 말아야 하겠다.

검사원은 용접 방법별 용접조건을 보고 개략적으로 내재 될 수 있는 결함의 종류를 예측할 수 있어야 하며, 예측한 결함을 검출해 낼 수 있는 UT 탐상 방법을 적용할 수 있어야 한다.

또한, 구조상으로 내부접근이 곤란한 경우에는 그 이음매의 형상을 충분히 이해하고 거기에 맞는 주사 방법을 적용해야 하며 십자형 이음매의 경우에는 두 장터짐과 같은 결함의 발생 가능성을 필히 염두에

두고 검사를 행해야 한다.

특히, 수정작업이 있었을 경우에는 더욱 더 그러하다.

3-3 결함의 크기 측정방법(Sizing)

예측되는 결함의 종류에 따라 측정 방법을 달리해야 한다.

특히, 용접부 내부결함일 경우 음압 드롭법을 적용하여 결함의 길이 또는 폭을 측정해도 큰 문제는 되지 않는다.

그러나, 내면(Inside) 접근이 불가능한 구조물의 루트 결함에는 최대증폭법을 이용한 에코우 회절법이 적용되어야 하며, 가능한 한 굴절각이 60°인 탐촉자를 선정하는 것이 바람직하다.

45° 탐촉자를 사용하기 위해서는 루트 부위에 초음파가 바로 닿게 하도록 용접 덧살부에 대한 연삭작업이 뒤따라야 하며, 이때는 용접부 덧붙임 허용기준이 초과될 우려가 있으므로 주의가 필요하다.

또한 Fig. 5에서 나타난 바와같이 구석부위 경우에는 탐촉자 접근이 아예 불가능한 경우도 있기 때문에 45° 탐촉자는 상황에 따라 사용여부가 결정되어야 한다.

References

1. American Welding Society, ANSI/AWS D1.1, Edition "Structural Welding Code-Steel", 1989.
2. American Petroleum Institute, API-RP-2X, 1st Edition "Recommended Practice for Ultrasonic Examination of Offshore Structural Fabrication and Guideline for Qualification of Ultrasonic Techniques."
3. Det norske Veritas, 1989 Edition "Rules for Classification of Mobile Offshore Units."
4. J. C. Drucy "Ultrasonic Flaw Detection for Technician."