

플랜트 해양구조물의 자동 초음파탐상검사

정대혁
경도양행(주)

Automated Ultrasonic Testing of Offshore Structure

D. H. Jyung
Kyung Do Enterprise Co., Ltd.

요 약 원유 또는 가스 생산을 위해 해상에 설치되는 플랜트 해양설비는 크게 jacket과 module로 나눌 수 있다. Jacket은 module을 지지하기 위한 구조물로써 jacket 본체와 pile로 구성되어 있으며, 미국용접학회(AWS)의 규정에 의해 대부분의 맞대기 완전용접 이음부(full penetration butt welds)에 대해 100% 방사선 투과검사를 실시하게 되어 있다. 그러나 지금까지 방사선투과검사를 실시해 온 경험으로 미루어 볼 때 방사선에 대한 안전성, 생산공정의 영향(검사지연) 등 방사선투과검사는 많은 문제점을 가지고 있었다. 이에 대한 문제점을 해소하고, 국내의 비파괴검사 기술 향상을 위해 자동 초음파탐상 system을 개발, 방사선투과검사를 자동 초음파탐상검사로 대체하여 적용한 사례를 간략하게 기술하였다. 또한, 적용 확대를 위해 개방종인 system을 소개하고 아울러 자동 초음파탐상기술에 대한 앞으로의 방향을 제시하였다.

1. 서 론

현재 국내외에서는 여러유형의 플랜트 해양구조물, 화공설비의 압력용기 등이 제작되고 있으며, 앞으로도 석유, 가스의 수요증가에 따른 설비확충 및 설비의 노후화에 따라 많은 구조물, 압력용기 등이 제작될 것으로 본다.

해양구조물, 압력용기는 수많은 맞대기 완전용접 이음부로 이루어져 있으며, 적용되는 기준에 따라 대부분 방사선투과검사를 수행해온 것이 국내 비파괴검사 기술의 현실이다. 초음파탐상검사로 대체하여 적용

하지 못하고 있는 가장 큰 이유는 검사원의 개인차에 따른 객관적인 신뢰성, 기록보존 등의 문제점을 들 수 있다. 그러나 미국, 유럽, 일본 등과 같은 기술 선진국에서는 최근 급속도로 발전하고 있는 전자장비 및 컴퓨터 기술을 이용하여, 이와같은 문제점을 보완한 자동 초음파탐상검사 기술을 개발하여 많은 분야에 적용하고 있다. 따라서 최근의 세계적인 비파괴검사 기술의 동향은 방사선의 인체에 대한 유해성, 별도의 검사 시간 필요에 따른 생산공정 지연 등 많은 문제점을 안고 있는 방사선투과검사로부터 현장작업과 검사를 동시에 할 수 있어 별도의 검사 시간이 필요없고, 신속하

고 정확한 검사결과 정보를 기록, 보존할 수 있는 자동 초음파탐상검사로 바뀌어 가고 있는 추세이다.

2. 본 론

미국의 Chevron 회사에서 발주한 2기의 대형 jacket(높이 135m) 및 pile의 비파괴검사는 주문주의 specification 및 관련기준(AWS)에 따라 방사선 투과검사로 되어 있었다.

이러한 검사부위를 초음파탐상검사로 대체하고자 Canada에 있는 RD Tech회사의 자동 초음파탐상 장비를 도입, 실제 tubular 검사에 적합하도록 사양을 개발하고, 시험편(mock up)을 통한 test 및 다른 비파괴검사 방법(방사선투과검사, 수동 초음파탐상검사)과의 비교, 검증 실시하였다.

자체적으로 실제 검사부위에 적용하면서 수집된 data의 비교, 분석 및 방사선투과검사와의 비교를 통한 검사의 정확성에 대한 검증을 실시하고, 주문주의 승인을 거쳐 자동 초음파탐상검사 system을 구축하였으며, 검사를 수행하는 검사원에 대해서는 교육 및 자격 시험을 실시하여 주문주에 대한 신뢰성을 확보하였다.

2.1. 장비의 구성 및 특성

1) Tomoscan 본체

Tomoscan 본체는 8 channels의 pulser-receiver 및 tomoluis software를 갖추고 있으며, 검사를 수행하면서 얻어지는 여러 정보의 해석, 평가 및 결과 표시, 저장 등의 기능을 한다.

2) 구동장치(Motor Drive Unit)

구동장치는 stepping 및 servo motor를 갖추고 있으며, Tomoscan 본체로부터의 명령에 따라 scanner의 motor를 구동시켜 scanner가 탐상하고자 하는 부위를 따라 일정하게 움직일 수 있게 하는 기능을 가지고 있다.

3) Laptop Control Console

Laptop control console은 tomoscan 본체에 연결되어 자동 초음파검사 system 전체를 control하기 위한 명령을 입력하는데 사용된다.

4) Scanner(Traker)

Scanner는 검사하고자 하는 용접부에 대해 ul-

trasonic inspection technique 사양에서 요구되는 각각의 탐촉자들을 지지할 수 있는 array holder가 장착되어 있으며, 1° 에 대해 ±1mm의 정확성을 갖는 encoder가 설치되어 있다. 또한 scanner는 tomoscan 본체에 의해 원거리에서 제어될 수 있도록 되어있고, 탐촉자에 접촉매질을 공급하는 호스가 부착되어 있다.

2.2. 교정 시험편(Calibration Block)

본 검사 system을 적용한 검사 부위의 두께는 22~90mm이며, 5 group으로 두께범위를 구분하고 calibration block (30, 38, 55, 67, 90mm)을 제작하여 setup 및 calibration을 위해 사용하였다. (Table 1 참조) Fig. 2는 API-RP2X에 의거 작성한 calibration block drawing이다.

5) 접촉매질 공급장치(Couplant Supply System)

접촉매질 공급장치는 호스관을 통하여 각각의 탐촉자에 접촉매질을 공급하는 장치로써 일정하게 공급속도를 조절할 수 있도록 되어 있다.

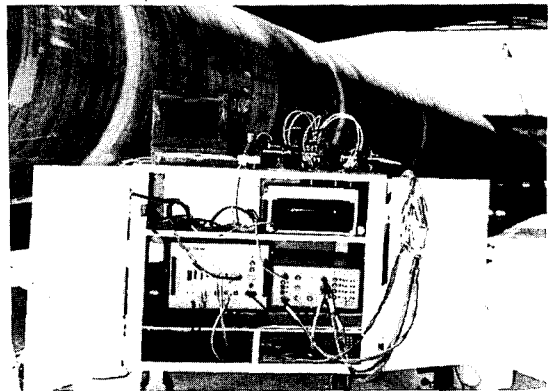


Fig. 1. 자동 초음파 탐상 장치의 구성

6) Probes & Wedges

Probe 및 wedge는 ultrasonic inspection technique 의 사양과 일치하는 주파수 및 굴절각을 갖는 probe를 사용하고, 각각의 wedge는 검사면과의 사이에서 마모를 방지하면서 접촉매질이 공급될 수 있는 일정한 틈을 유지시킬 수 있도록 되어 있다. (Table 1 참조)

2.3. TOFD(Time of Flight Diffraction)법

본 검사 system에서는 pulse-echo법과 TOFD기

Table 1. 두께 범위별 탐촉자, wedges 및 skates list

Probe Scanning	Mock up	Thickness Range	Wedge Qty	Wedge Description	Probe Qty	UT transducer Description	Fork Qty	Technique
1	30mm	22~35mm	2	Double 45° SW & $\phi=12\text{mm}$	4	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Full Skip
			2	60° SW	2	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Half Skip
			2	65° LW	2	5MhzBB, $\phi=12\text{mm}$	2	TOFD
2	38mm	36~48mm	2	Double 45° SW & $\phi=12\text{mm}$	4	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Full Skip
			2	60° SW	2	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Half Skip
			2	65° LW	2	5MhzBB, $\phi=12\text{mm}$	2	TOFD
3	55mm	49~62mm	2	Double 45° SW & $\phi=12\text{mm}$	4	3Mhz, $\phi=19\text{mm}$	2	P/E Full Skip
			2	45° SW	2	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Half Skip
			2	60° LW	2	3MhzBB, $\phi=12\text{mm}$	2	TOFD
4	67mm	63~74mm	2	Double 45° SW & $\phi=12\text{mm}$	4	3Mhz, $\phi=19\text{mm}$	2	P/E Full Skip
			2	45° SW	2	3Mhz, $\phi=12\text{mm}$	2	P/E Half Skip
			2	60° LW	2	3MhzBB, $\phi=12\text{mm}$	2	TOFD
5	90mm	75~90mm	2	Double 45° SW & $\phi=12\text{mm}$	4	3Mhz, $\phi=19\text{mm}$	2	P/E Full Skip
			2	45° SW $\phi=19$	2	3Mhz, $\phi=19\text{mm}$	2	P/E Half Skip
			2	Double 50° LW & 65° LW for UT $\phi=12$	2	3MhzBB, $\phi=12\text{mm}$	2	TOFD

※ Note : 74mm에서 90mm까지의 범위에서는 10개의 탐촉자가 사용되지만 channel은 8 channels임(P/E mode에서 6 channels, Pitch/Catch(TOFD)에서 2 channels.)

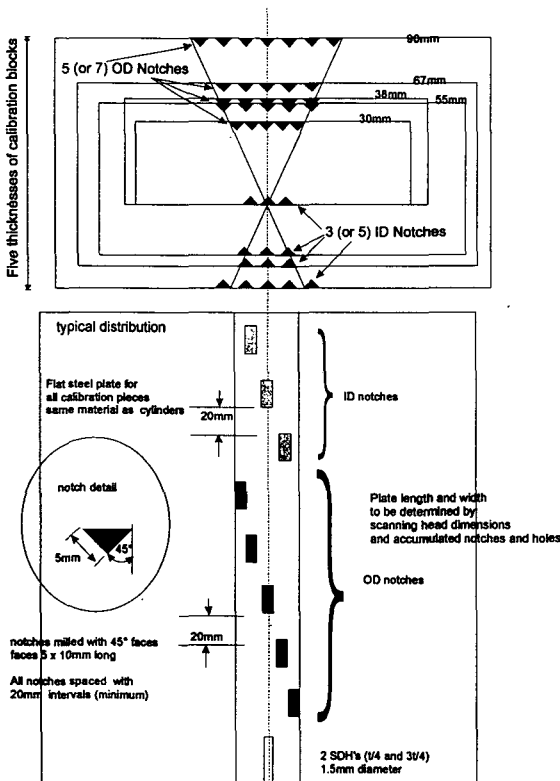


Fig. 2. Calibration block drawing

법을 사용하였다.

TOFD법은 Fig. 3과 같이 송신과 수신기능을 가진 2개의 탐촉자로써 1개의 channel을 구성하며, 초음파의 굴절에 있어서의 시간차를 이용하여 결함의 위치와 크기를 평가하는 기법이다.

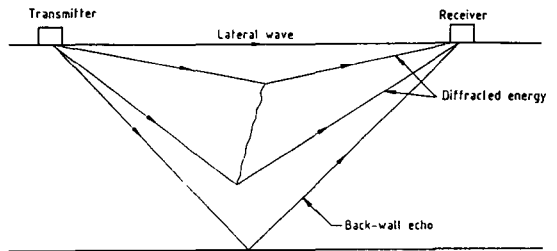


Fig. 3. TOFD의 원리

3. Acquisition, Analysis & Display

3.1. Acquisition

검사하고자 하는 부위의 두께에 맞는 범위를 Table. 1에서 선택하고, 각각의 probe에 대해 pulse-ech의 one skip은 용접부 표면에서 1/4t, half skip 용접부의 root부에서 1/4t, TOFD는 용접부 중앙의 2/4t를 탐상할 수 있도록 setup을 실시한다.

Scanning pattern은 용접부를 따라 평행으로 주사

하는 line scan 방법을 채택하였고, 한 용접부에 대한 scanning 횟수는 모재두께에 따라 초음파가 검사 대상 부위를 여러각도에서 완전히 투과할 수 있도록 3~5회를 실시하였다.

3.2. Analysis & Display

Acquisition 과정을 거쳐 얻어진 data의 지시치에 대한 sizing은 기본적으로 pulse-echo probe에 의해 6dB drop 방법으로 하고, TOFD B-scan은 지시치의 종류 및 크기를 평가하는데 사용된다.

data에 대한 해석은 먼저 top, side, end view의 volumetric화면(Fig. 4)을 이용하여 지시치 유무여부를 확인하고, 지시치를 갖는 data에 대해서는 각각의 pulse-echo의 A-scan(Fig. 5)과 B-scan(Fig. 6) 및 C-scan(Fig. 7)의 channel을 확인하여 결함을 판정, sizing 한다.

아울러, TOFD B-scan(Fig. 8)을 이용하여 지시치의 종류 및 크기를 평가한다.

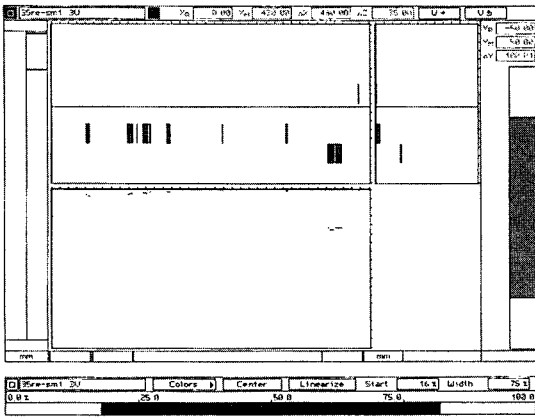


Fig. 4. Volumetric display

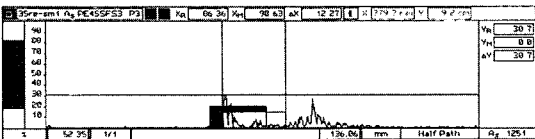


Fig. 5. Pulse echo A-scan display

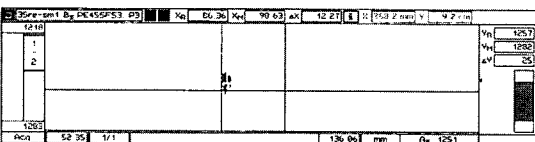


Fig. 6. Pulse echo B-scan display

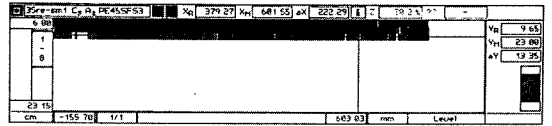


Fig. 7. Pulse echo C-scan display

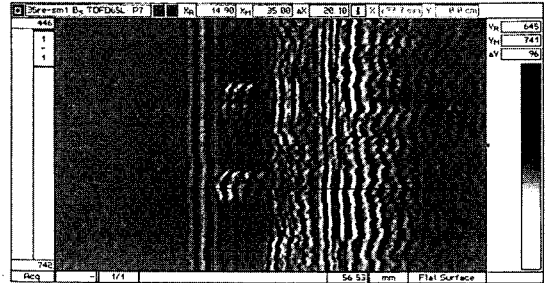


Fig. 8. TOFD B-scan display

3.3. Data 저장

검사후 data 해석이 완료된 모든 정보는 주문주의 요구가 있을때는 언제든지 review가 가능하도록 optical disk에 보존하였으며, 보존되는 이 data는 각 구조물의 수명진단을 위한 추이관리를 하는데 유용하게 쓸 수 있다.

4. 결론

본 검사 system을 처음 구축하여 실제검사에 적용하는데는 많은 비용과 시간이 소요되었지만 세계적인 정유회사인 chevron project의 검사를 성공적으로 수행하였으며, 이 실적을 근거로 하여 Bechtel 사로부터 본 system 질차서의 승인을 받게 되었다.

Chevron사의 해양 구조물과 초대형 압력용기 등을 제작하는 Bechtel사의 화공설비 용접부 검사에 방사선 투과검사를 대체하여 본 system을 적용함으로써 생산의 납기준수 및 품질확보는 물론 국내 비파괴기술 수준을 해외 주문주들에게 새롭게 인식시킬 수 있을 것으로 생각한다.

아울러 본 system을 교량 및 LNG운반선 등의 비파괴 검사에도 확대 적용하기 위해 기술 개발중이며, 이러한 신기술 개발이 국내 비파괴기술 향상은 물론 검사원의 방사선 문제로부터의 해방, 품질에 대한 신뢰성 확보 및 공사기간 단축 등에 크게 기여할 것으로 기대한다.