

원자력발전소 용접부 검사 관리시스템 개발

Development of Weld Examination Management System in NPP

최 성남*, 유 현주*, 김 세경*, 황 원걸**

* 한전 전력연구원 원자력연구실

** 전남대학교 공과대학 기계공학과

ABSTRACT Weld examination is one of the most important processes to ensure the integrity of facilities of Nuclear Power Plants. Weld examination must be the implemented based on the approved plan, the qualified examiners and equipments. Weld examination management system provides functionalities for planning of inspection, reporting the examination results, and managing the examiners and equipments.

1. 서 론

원자력발전소 주요기기의 건전성 확인을 위해 용접부에 대한 주기적인 비파괴검사를 수행한다. 비파괴검사는 원자력발전소 가동중 기기 운전경과에 따른 설비 건전성 확인을 위하여 점검계획서 및 비파괴검사 절차서에 따라 수행되며, 검사결과는 선행 점검결과와 비교평가하여 설비들의 건전성 및 신뢰도를 확인한다. 또한, 가동중점검 결과는 후속기 설계에 반영되어 설계개선을 유도함으로써 궁극적으로 원전의 안전성 향상에 이용되어야 하므로, 가동중점검 데이터들은 체계적으로 분류되어 검사 부위별 결함발생 추이 파악에 이용되어야 하고, 향후 결함 추적시 당시 검사 조건을 재현하기 위해서는 검사 절차의 표준화가 필요하다. 비파괴검사 결과 이상 지시가 발견되었을 경우 기기의 건전성 평가를 적기에 수행하여야 설비 이용률 저하를 방지할 수 있다. 따라서, 원자력발전소 용접부 검사 관리시스템을 개발함으로써 비파괴검사 관련업무의 표준화 및 전산화를 이룩하였으며, 개발된 시스템을 현장 계획예방정비 기간중 직접 운영하여 시스템의 유용성을 확인하였다.

2. 용접부 비파괴검사 결과 관리시스템 개발

2.1 개요

원자력발전소는 건설과정에서 기기 및 배관 용접부의 건전성 확인 및 후속 검사의 기초데이터 확보를 위해 건설관련 기술기준 요건에 따라 선정된 모든 용접부를 대상으로 원자력발전소의 상업운영전 비파괴검사를 수행하는 가동전검사(Pre-Service Inspection : PSI)와 원자력발전소 운영중 장기점검계획에 따라 주기별 비파괴검사를 수행하여 용접부의 건전성 확인 및 결함지시의 성장여부 등을 확인하는 가동중검사(In-Service Inspection : ISI)를 수행한다.

본 시스템은 원자력발전소 가동중·중검사이 발생하는 용접부 비파괴검사관련 데이터베이스 구축, 사용자 편의성, 시스템 확장성 및 구현의 용이성을 고려하여 개발하였다.

2.2 시스템 개발 환경

현재 정보시스템 구축의 주류를 이루고 있는 웹을 기본으로 개발환경을 선정하였다. 웹 환경은 속도 및 트랜잭션 처리 등과 같은 단점도 있으나, 이러한 문제점들은 지속적으로 보완되고 발전추세임으로 기술적인 장애는 극복될 수 있을 것으로 판단되었다. 본 시스템은 검사정보 데이터베이스 서버, 웹 서버, 클라이언트 모듈관리를 수행하는 메인서버를 구축하고, 현장에서는 웹을 통해 메인서버에 접속시켜 클라이언트 구동모듈, 데이터베이스 등을

다운받아 운영할 수 있는 시스템 운영 환경을 설정하였다. 시스템 사용자는 본 웹 시스템에 접근하여 인증을 획득한 후 시스템을 사용할 수 있도록 구성되었다.

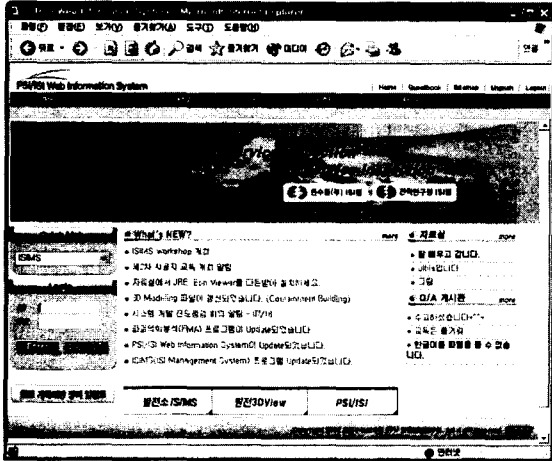


Fig. 1 Web System

2.2 시스템 구성

원자력발전소의 용접부 비파괴검사 업무를 대상으로 검사계획의 수립에서 결함지시의 처리에 이르기까지의 전 검사과정을 지원하며, 검사보고서 및 각종 참고자료를 종합관리 하도록 개발되었다. 본 시스템은 크게 검사자원의 등록·관리, 검사계획 수립·관리, 검사보고서 작성·조회, 공정관리, 참고자료 관리 및 사용자관리 기능으로 구성되어 있다.

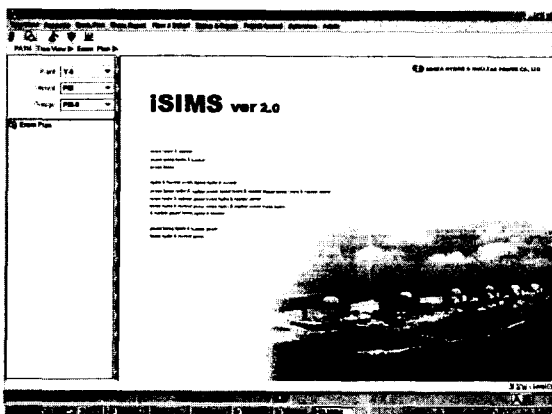


Fig. 2 Weld Exam. Management System

2.2.1 검사계획 및 수립 관리

원자력발전소 10년 장주기 점검계획서(Long Term Plan : LTP)가 입력되어 계획예방정비 기간중 검사 하게 될 용접부와 검사방법, 절차서 및 교정블럭 등이 검색 가능하며, 필요시 점검계획서 변경 및 출력이 가능하도록 구성되어 있다.

2.2.2 검사보고서 작성 및 관리

용접부의 건전성 확인을 위해 적용되는 비파괴검사방법은 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing : UT), 자분탐상검사(Magnetic Particle Testing : MT), 액체침투탐상검사(Liquid Penetrant Testing : PT) 및 육안검사(Visual Testing : VT) 등 이며, 웹에서 직접 위와 같은 검사보고서를 입력, 조회 및 출력이 가능하고 검사자 입력사항을 최소화하여 오류를 방지하도록 구성하였다.

2.2.3 결함분석 및 처리사항 관리

용접부 비파괴검사 결과 이상지시가 발견되었을 경우, 분석보고서 작성 및 조회가 가능하며, ASME B&PV Sec. XI, IWX-3000 허용기준 초과여부를 웹에서 직접 확인이 가능하며, 필요시 파괴역학분석이 가능하도록 구성하였다.

Exam. Category	Component and Part Examined	Acceptance Standard	Selection
W-A25-D	Welded joints	ASME 3510	<input type="checkbox"/>
W-D	Full penetration welded joints in vessels	ASME 3512	<input type="checkbox"/>
D.F.B-J	Distiller and similar distal vessels in piping and vessel nozzles	ASME 3511	<input type="checkbox"/>
B-G-1	Boiling or water less than 2 in. in diameter	ASME 3515	<input type="checkbox"/>
		ASME 3517	<input type="checkbox"/>
B-G-2	Boiling 2 in. in diameter and less	ASME 3517	<input type="checkbox"/>
B-K	Welded attachments for vessels, piping, pumps, and valves	ASME 3518	<input type="checkbox"/>
B-L 1.B.M-1	Welds in pumps and valves	ASME 3518	<input type="checkbox"/>
B-L 2.B.M-2	Pump casings and valve bodies	ASME 3518	<input type="checkbox"/>
B-M 1.B.M-2	Welding surfaces and internal components of reactor vessels	ASME 3520	<input type="checkbox"/>
W-Q	Control rod drive housing welds	ASME 3523	<input type="checkbox"/>
B-P	Pressure retaining boundary	ASME 3522	<input type="checkbox"/>
B-Q	Steam generator tubes	ASME 3524	<input type="checkbox"/>

Fig. 3 Indication Acceptance Evaluation

2.2.4 공정관리

계획예방정비 기간중 비파괴검사 계획대비 실적을 검사방법, 기기 및 날짜별로 조회할 수 있으며, 비파괴검사관련 교신문서 및 조치사항을 관리할 수 있도록 구성되어 있다.

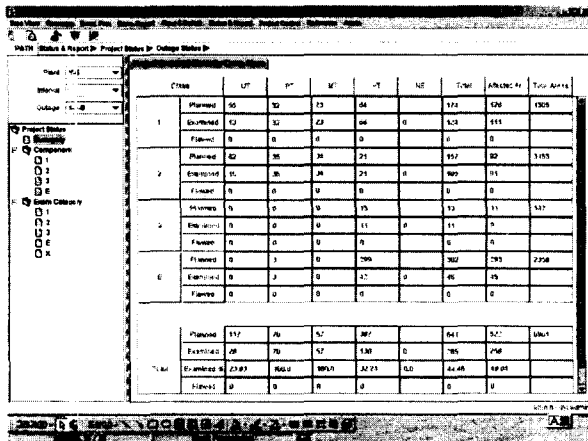


Fig. 4 Project Control

2.2.5 검사자원 관리

비파괴검사에 필요한 비파괴검사 기술기준, 절차서, 장비 및 검사자를 등록 및 조회할 수 있으며, 계획예방정비 기간중 인증된 검사자 및 장비를 검사보고서에 입력 가능하도록 구성되어 있다.

2.2.1 사용자 관리

본 시스템에 접근하기 위해서는 사용자 등록 및 인증을 거친 사용자만이 가능하며, 사용자 별 5단계로 구분하여 시스템 메뉴 접근을 제한하여, 구축된 검사결과 데이터 손상을 방지하도록 구성하였다.

3. 용접부 관리시스템 현장적용

원자력발전소 비파괴검사 업무의 전산화를 위해 개발된 본 시스템을 영광 5, 6호기 계획예방정비 기간중 현장에서 직접운영 하였다. 용접부에 대한 점검계획서 작성, 인증된 비파괴 검사절차서, 장비 및 검사자를 시스템에 등록하였다. 비파괴검사자는 해당 검사 용접부, 절차서, 장비 등을 확인하고, 검사완료 후 시스템에 직접 검사보고서를 작성 입력하였으며, 검사책임자, 품질담당자 및 공인검사자는 입력된 검사보고서를 웹에서 검토 승인하였다. 수시로 검사 실적을 확인 가능하였으며, 계획된 검사 완료 및 지시발견 여부 등을 실시간으로 확인이 가능하였다. 하지만, 본 시스템은 웹 기반 시스템으로 사내 인트라넷에 접속하여 운영하기에는 네트워크 속도가 느려 자체 현장 네

트워크를 구성하여 운영하였다.

4. 결 론

본 시스템은 원자력발전소 용접부 검사 관리 시스템으로 복잡한 비파괴검사 업무 절차를 표준화 및 전산화하였으며, 비파괴검사 결과 지시(Indication)가 발견될 경우 기술기준 허용여부를 즉시 확인할 수 있으며, 필요시 파괴역학 분석을 수행하여 결함을 갖는 기기의 건전성 평가가 가능하도록 구성되었다.

본 시스템 개발로 용접부 검사계획, 검사, 보고서 작성 및 관리를 표준화 및 전산화하여 용접부 검사관리를 효율화함으로써 원자력발전소 이용률 및 안전성 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

향후, 전 원자력발전소에 확대 적용을 검토하고 있으며, 개발완료 후 모든 원자력발전소 용접부 비파괴검사 결과의 집중관리가 가능하다.

후 기

본 개발은 한국수력원자력(주) 연구개발 및 기술지원용역의 일환으로 수행되었으며, 관계자들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. ASME B&PV Code Sec. XI : Rules of Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, Division 1, 1995 (in English)
2. ASME B&PV Code Sec. V : Non-Destructive Examination, 1995 (in English)
3. 장기상 외: 가압경수로 1차계통 주요기기의 파괴역학 평가체계 개발, 한국전력연구원, 1999
4. 울진원자력 1호기 제2주기 3차 가동중점검 최종보고서, 한국전력공사(주), 2000
5. 영광원자력 5호기 제 1주기 1차 가동중점검 최종보고서, 한국수력원자력(주), 2003