

원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터 베이스 프로그램 개발

박은수*, 박익근*, 엄병국*, 박윤원**, 강석철**

* 서울산업대학교 비파괴평가기술연구소

** 한국원자력안전기술원

초 록 Windows 95 환경하에서 PSI/ISI 데이터의 효율적 관리를 위한 종합지원시스템의 구축과 다원적평가와 분석이 가능하고, 비파괴검사에 의한 원전기기의 건전성 평가시 규제측면에서 기술적인 지원을 할 수 있는 고리 원전 PSI/ISI 데이터 베이스 구축과 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 활용하면 현재까지 수행된 고리 원전 PSI/ISI의 수행현황과 지금까지 발견된 결함에 대한 조사분석이 가능하며, 향후 국내 PSI/ISI 결과의 자료분석이 가능한 전문가 시스템(expert system) 개발에 한단계 접근하게 되었다. 그리고, PSI/ISI에서 발견된 결함에 대한 조사분석 결과를 근거로 결함의 종류, 형태, 처리방법 등에 대한 자세한 분석을 통하여 국내 원전 PSI/ISI 결과의 확률론적 신뢰도 평가 또는 확률론적 안전성평가를 위한 결함검출확률곡선의 작성과 위험도에 근거한 가동중검사제도의 도입에 필요한 기초 자료를 제공하였다. 더 나아가 지금까지의 자료분석을 바탕으로 보다 경제적이며 신뢰성이 높은 PSI/ISI의 수행으로 원전 압력경계기기의 건전성과 신뢰성 확보 및 수명예측을 위한 기초자료를 제공하였다.

1. 서 론

원자력발전소(nuclear power plant; NPP)는 원자로(reactor vessel), 증기발생기(steam generator), 가압기(pressurizer) 등의 압력용기와 이들 압력용기를 연결하는 배관(piping), 그리고 펌프(pump), 밸브(valve), 열교환기(heater exchanger) 등의 여러기기(component)들로 구성된다. 이들 원전 기기들 중에서 특히 배관은 1000MW급 원전의 경우, 한 호기당 총연장이 100km 이상되며, 이중 70km 이상이 원전 안전에 중요한 안전성 관련 배관(safety related piping)이다. 원전에 설치되어 가동중인 기기는 일반

기기보다 상대적으로 고온, 고압 등의 가혹한 환경에서 운전되고 있고 원전기기에 손상이 발생하면 방사능이 유출될 가능성이 있으므로 내압기기의 건전성 확보는 원전에서 가장 중요한 요소중의 하나이다. 그리고, 이들 주요기기는 운전년한이 증가함에 따라 기기에 가해지는 응력 및 피로 등의 하중과 방사선, 열 및 부식 등의 환경의 영향으로 인해 점차 노후화 된다. 이러한 원인으로 결함이 발생하여 주요기기의 건전성이 상실되면 원전의 안전성에 심각한 영향을 미칠 수 있으므로 원전 주요기기의 건전성 유지는 원전의 안전성과 관련하여 매우 중요한 문제이다.

최근, 국내에서 일어난 성수대교 및 백화점 붕괴 사고와 같은 대형사고는 국민들에게 대형 구조물에 대한 비파괴검사의 중요성을 일깨워 주는 좋은 계기가 되었다. 국내 원전의 경우 고리 원자력 1호기의 건설과 상업운전을 시발로 원전의 건설과 운전은 급속히 증대되어 왔으며, 에너지 자원이 부족한 우리나라 현실을 감안할 때, 앞으로도 계속될 전망이다. 지금까지 국내에 건설되어 가동되고 있는 원자력 발전설비 등 거대설비·기기들은 운전년수가 증가함에 따라 이로 인한 건전성에 대한 우려가 높아지고 있는 것이 현실이다. 특히, 소련의 체르노빌, 미국의 TMI사고 이후 일반 국민의 원전의 안전성에 대한 관심은 점점 높아지고 있으며, 원전의 안전에 직결되는 가동전/중검사(preservice/in-service inspection: PSI/ISI)에 보다 신중을 기해야 할 때이기도 하다.

원자력발전설비의 건전성 및 신뢰성 확보와 잔존수명예측기법의 확보를 위해서는 고감도, 고정도의 정량적 비파괴진단·평가(quantitative nondestructive evaluation: QNDE)기법의 확립이 불가결하다. 비파괴검사는 이제 모든 산업발전소의 안전운전에 있어서 본질적인 요소중의 하나로 인식되고 있고, 가동중에 원전 압력계기기기의 건전성을 확인하기 위한 방법으로서 ASME Code. Sec. XI에 의거 가동전검사와 함께 주기적으로 가동중검사가 수행되고 있으며, 거의 대부분의 비파괴검사방법(UT, RT, MT, PT, ECT, LT, VT)이 이용되고 있다. 한국원자력연구소(KAERI)의 창업회사인 (주)카이텍은 1979년 고리원자력 1호기의 제 1차 가동중 검사에 직접 참여한 이래 현재 가동중인 원자력발전소의 건전성확보를 위해 주기적인 가동중검사나 온라인 모니터링(on-line monitoring)을 통한 운전중 감시를 하고 있다¹⁻⁵⁾.

원자력발전소의 주요 기기들에 대한 가동중검사는 관련법규에 따라 철저히 수행되고 있다. 그러나 최근 선진국에서는 이에 만족하지 않고 원전 기기의 안전성을 더욱 확고히 하기 위해 기존의 가동중 검사 요건을 계속 강화하고 있다. 그 결과 원전 가동중 검사 규격에 “초음파검사자 자격인정 요건”과 “초음파탐상검사 시스템(검사자, 장비 및 절차서)에 대한 기량 검증 요건” 등이 새로 부가되기도 하였다⁶⁻¹¹⁾.

그동안 원전 가동전/중검사와 관련하여 비파괴검사결과에의 신뢰성 향상에 결정적으로 영향을 미치는

최적의 비파괴검사방법 및 조건의 적용 등에 의한 정량적 비파괴평가기법의 확보, 수동검사의 적용한계로 잘 알려져 있는 검사자의 정보전달율의 한계극복을 위한 비파괴검사공정의 자동화를 통한 검사장비의 전문가 시스템(expert system)화, 시간적 재현성이 있는 검사결과에의 확보를 위한 비파괴검사기출자의 자격인정 및 인증제도의 확립¹²⁾ 등, 이 분야의 국내 기술수준은 기술의 도입, 소화 및 토착화를 이루어 기술발전 주기중 기술의 안정화 단계에 접어들었다고 할 수 있다. 그러나, 부분적으로 비파괴검사 기술에 대한 연구 활동은 매우 미흡하여 수십년간 가동중검사를 하여온 것에 비하면 매우 미흡한 상태에 있다고 할 수 있다¹³⁻¹⁵⁾.

특히, 국내에서 20여년간 수행되어온 방대한 분량의 검사자료는 현장이나 검사업체에서 보관하고 있으나 아직 이들 데이터에 대한 data base화를 통한 종합관리 및 체계적인 분석이 시도되지 않아 가동중검사의 신뢰성, 검사방법의 적절성, 검사프로그램의 적합성 등이 제대로 평가되지 못하고 있는 실정이다. 다소 늦은 감이 있지만 전력연구원에서는 국내 원전의 PSI/ISI시 수행되는 검사, 평가 및 보수작업을 일관성있는 기준 및 판단에 의해 수행하고 현장의 문제점들을 효율적으로 해결하기 위한 종합지원체계(total support system: TSS)를 수립하고 data-base 총괄운용을 위한 비파괴평가 데이터와 FMA 응력 데이터의 data base 중앙체계화를 추진하고 있다¹⁶⁾.

본 연구에서는 Windows 95 환경하에서 PSI/ISI 데이터의 효율적 관리 및 다원적평가와 분석이 가능하고 비파괴검사에 의한 건전성 평가시 규제측면에서의 기술적인 지원을 할 수 있는 고리 원전 PSI/ISI 데이터베이스 구축과 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 활용하여 현재까지 수행된 고리 원전 PSI/ISI의 수행현황과 지금까지 발견된 결함에 대한 조사분석을 수행하며, 향후 국내 PSI/ISI 결과의 자료분석이 가능한 전문가시스템 개발에 한단계 접근하고자 한다. 그리고, PSI/ISI에서 발견된 결함에 대한 조사분석 결과를 근거로 결함의 종류, 형태, 처리방법 등에 대한 자세한 분석을 통하여 국내 원전 PSI/ISI 결과의 확률론적 신뢰도 평가(probabilistic reliability assessment: PRA) 또는 확률론적 안전성평가(probabilistic safety assessment: PSA)를 위한 결함검출확률(probability of detection: POD)곡선

의 작성과 PDI와 같은 검증시험제도와 위험도에 근거한 가동중검사(risk informed inservice inspection : RIISI) 제도의 도입에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

본 연구 개발에는 증기발생기 전열관 와전류검사(ECT)를 제외한 UT, PT, MT, VT 검사결과를 검토하였으나 VT는 데이터 관리의 중요성 면에서 제외를 하였다.

2. PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램 개발

본 연구에서 개발한 PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램은 결함이 존재하는 배관에 대한 평가지침서인 ASME Code. Sec. XI 평가절차에 근거하여 일반 엔지니어도 쉽게 활용할 수 있도록 하였으며, 사용자와의 효과적인 인터페이스 및 지속적인 업그레이드를 위하여 마이크로소프트 윈도우즈(MS-Windows) 환경하에서 개발하였다. PSI/ISI 데이터베이스 프로그램은 사용자인터페이스부, PSI/ISI 데이터베이스부, 조사분석평가부 등으로 구성되어 있다. 이 프로그램은 Window 95 환경하에서 Delphi 3.0+Visual Basic 5.0을 개발툴로 하여 한글 96, MS-Office(MS-Word, Excel, Powerpoint, Access)에서 운용이 가능하게 하였으며 마우스, 툴바, 도움말 기능 등을 제공하며 사용자가 Windows 95 환경하에서 한글 96, MS-Office(Word, Excel, Powerpoint, Access)와 같은 상용 유틸리티의 창을 동시에 열고 사용할 수 있다.

2.1. PSI/ISI 데이터 베이스부의 구성

Fig. 1은 본 연구에서 개발한 PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램의 주화면을 나타내고 있다. 프로그램의 실행방법은 여러 가지가 있으나 바탕화면상에서 단축아이콘으로 실행한다. 먼저 바탕화면상에서 KORI의 단축아이콘을 더블클릭하여 프로그램을 실행하면 Fig. 1과 같은 화면이 나타나게 된다.

메뉴중 사용자가 자주 사용하는 부분에 대해서는 빠르고 편리하게 하기 위해 툴바형태로 작성하였으며 마우스로 단지 클릭함으로써 각 모듈을 직접 실행할 수 있다. Fig. 1에서 각 호기의 버튼을 실행함으로써 곧바로 해당 호기로 직접 들어가 데이터를 읽을 수 있도록 속성을 지정했으며 PSI/ISI 업무수행에 공통적으로 필요한 PSI/ISI 적용코드 및 년도,

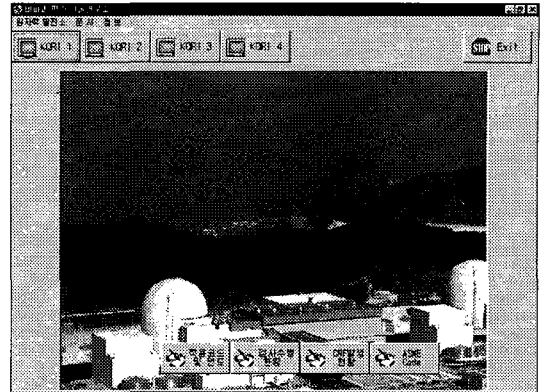


Fig. 1 The main screen of PSI/ISI database program (KORI NPP)

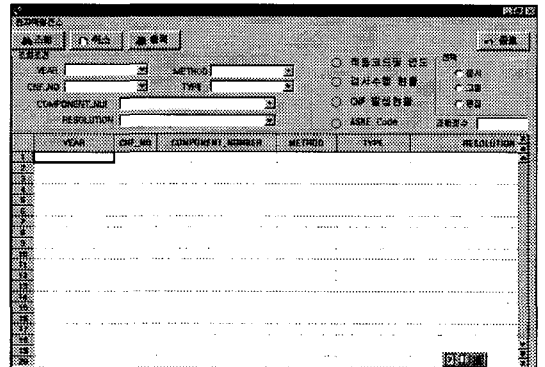


Fig. 2 The initial screen of PSI/ISI database program (KORI NPP)

PSI/ISI 검사수행 현황, 부적격사항보고서(customer notification form: CNF) 발생현황, ASME Code Sec. XI 등의 기초자료를 열어볼 수 있는 메뉴를 만들었다.

주화면에서 만약 2호기의 아이콘을 클릭하면 Fig. 2와 같은 활성창이 생성된다. 이 활성창으로부터 2호기의 데이터를 불러보면 Fig. 3과 같은 화면이 얻어진다. Fig. 2는 고리 원전 PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램에서 구성한 초기화면을 나타내고 있다. 초기화면에서는 고리 원전 각호기별로 수행된 현재까지의 PSI/ISI 수행 결과에 관한 모든 통계적인 데이터를 데이터 베이스화하고 이 자료를 쉽게 활용할 수 있게 개발한 프로그램의 기본창이다. 이 기본창에는 주기, 연도, 부적격사항보고서(CNF), component-number, NDT method, flaw type, 조치사항(resolution) 등의 기초자료를 MS-Office Access로

데이터베이스를 구축하였다. 그리고, 고리 원전 PSI/ISI 적용코드 및 연도, 검사수행 현황, CNF 발생현황 등의 통계자료는 한글 96과 MS-Office(Word, Excel, Powerpoint, Access) 환경하에서 문서와 그림 등으로 편집되고 조사분석 자료로 활용된다. 만약 ISI 수행이 끝나고 새로운 데이터를 입력하고자 할 때는 데이터 스프레드 시트 최하단부로 이동하여 편집을 선택하면 데이터를 입력할 수 있다.

2.2. PSI/ISI 데이터 베이스 구축

2.2.1. PSI/ISI 적용 코드 및 연도

비파괴검사는 이제 모든 원자력발전소의 안전운전에 있어서 본질적인 요소중의 하나로 인식되고 있고, 가동중에 원전 압력경계기의 건전성을 확인하기 위한 방법으로써 ASME Code. Sec. XI에 의거 가동전검사와 함께 주기적으로 가동중검사가 수행되고 있으며, 거의 대부분의 비파괴검사방법(UT, RT, MT, PT, ECT, LT, VT)이 이용되고 있다. 한국원자력연구소(KAERI)의 창업회사인 (주)카이텍은 1979년 고리원자력 1호기의 제 1차 가동중 검사에 직접 참여한 이래 현재 가동중인 원자력발전소의 건전성확보를 위해 주기적인 가동중검사나 온라인 모니터링(on-line monitoring)을 통한 운전중 감시를 하고 있다.

본 자료에서는 지금까지 고리 원전 1, 2, 3, 4호기에 수행하여 온 PSI/ISI 적용코드 및 연도를 한글 96년 환경하에서 문서와 표로 작성하였으며 앞으로 계속 추가해 나가면 검사계획서나 결과보고서의 작성시 유용하게 활용할 수 있다. Fig. 6은 출력 화면의 예를 보여주고 있다.

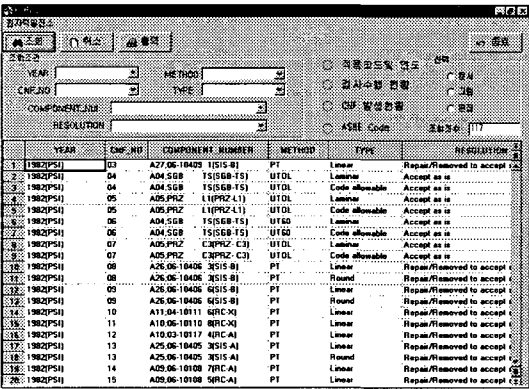


Fig. 3 The searching screen of PSI/ISI database program(KORI unit 2)

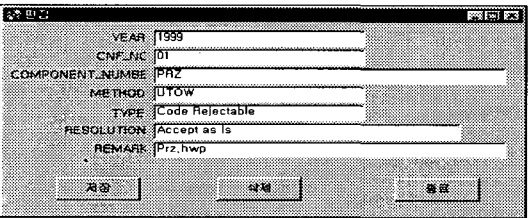


Fig. 4 Dialog box of the new PSI/ISI data input (KORI NPP)

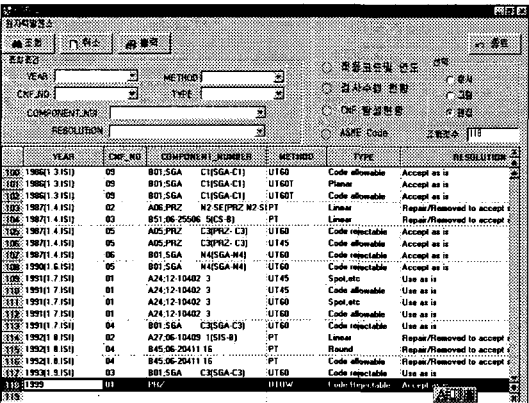


Fig. 5 The results of the new PSI/ISI data input (KORI NPP)

PSI / ISI (UNIT 1)	수행연도, 월	적용규격 연도 ASME Sec. XI
PSI(Manual)	1976.8 - 1977.5	1968
PSI(MUT & VT)	"	1968
제1주기 제1차 ISI	1979. 11	1978
제2차 ISI	1981. 1	1978
제3차 ISI	1982. 5	1978
제4차 ISI	1983. 5	1978

Fig. 6 Applicable code addition/addend in PSI/ISI (NPP)

2.2.2. 검사 수행 현황

지금까지 고리 원전 1, 2, 3, 4호기가 수행하여 온 PSI/ISI 검사수행 현황을 한글 96 환경하에서 문서

와 표로 작성하였다. Fig. 7은 출력화면의 예를 보여 주고 있다.

Line/System	Class	Method	Class 1				Class 2				System Total
			MT	PT	UT	VT	MT	PT	UT	VT	
VESSELS	PRV		96	4	48	48					196
	PRZ		1		11						12
	S/G			2	2	8					12
	HX			12	6						18
PIPING	RC			337	3	31					371
	CVC			139		2					140
	RHR			53		5				58	
	RHR			12		1				13	
PUMPS	SIS			84	1	6					91
	RCP				24	24					48

Fig. 7 Example of NDT situation executed during PSI/ISI

2.2.3. 부적격사항보고서(CNF) 발생현황

Fig. 8은 고리 원전 1호기, 2호기, 3호기, 4호기에 적용된 PSI/ISI 수행 결과를 주기, 연도, 부적격 사항보고서(CNF), component-number, NDT method, flaw type, 조치사항(resolution) 등의 기초 자료를 MS-Office의 Access를 사용하여 Fig. 8의 형식으로 데이터 베이스화한 결과로서 고리 1호기의 PSI/ISI결과를 출력한 예를 보여주고 있다.

연도	CNF No.	Component Number	Method	Type	비고
1978(1.15)	02	A20.02.10124.45	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	03	A20.02.10124.41	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	06	A09.12.10107.W.6	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.7	UTOL	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.7	UTOW	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.8	UTOW	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A03.PRV.MUTS	MT	Linear	Accept as is
1981(1.2.15)	01	B26.06.20207.13	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	02	A07.26.10101.29.8	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	03	B.26.06.20207.3	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	04	B65.16.20064.5	WT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	05	A14.03.10116.4	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	06	B42.06.20206.46	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1982(1.3.15)	68	B28.06.20205.14	PT	Laminar	Accept as is
1982(1.4.15)	09	A20.02.10124.47	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	08	A20.02.10124.47	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	08	B29.06.20210.17	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	14	A04.PR2.W.7	UTOW	Code allowable	Accept as is
1982(1.4.15)	15	A06.RHE.2.4	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	16	A06.RHE.2.4	PT	Round	Repair/Removed to accept sit

Fig. 8 The output screen of PSI/ISI database

Fig. 8의 출력화면에는 1) Year(1.4.ISI): 제 1주기 제 4차 ISI, 2) CNF-NO: 부적격사항보고서, 3) component-number : S/G, PRZ 등의 component 고유번호, 4) Method : NDT method, 5) Type: Flaw type, 6) Resolution : indication evaluation, 7) Remarks : 조사분석 내용이 있는 한글 파일명 기재 등의 내용이 한글 96으로 표시되며 PSI/ISI 결과의 조사분석에 활용된다.

3. PSI/ISI 주요 결함 조사 분석

고리 원전 1호기 증기발생기(SGA-W6)에 대해 조사분석이 필요하면 Fig. 1에서 1호기를 클릭하고 Fig. 2에서 조회를 클릭하면 Fig. 9의 1호기 데이터 베이스의 초기화면이 출력된다.

이 초기화면으로부터 사용자는 원하는 임의의 모든 파라메타에 대해 추출(sorting)이 가능하다. 만약 SGA-W6 PSI/ISI 결과 데이터의 출력을 원하면 Fig. 9의 component-number의 메뉴를 선택하면 데이터 베이스내에 존재하는 component의 리스트가 Fig. 10과 같이 나타난다. 여기서, SGA-W6을 선택 하든가 component-number에 직접 입력하면 Fig. 11과 같이 데이터 베이스 프로그램으로부터 고리 원전 제 1호기의 SGA-W6의 PSI/ISI 결과를 추출 (sorting)하여 준다. 이 창の内容으로부터 SGA-W6의 PSI/ISI 이력사항을 알 수 있다.

YEAR	CNF NO.	COMPONENT NUMBER	METHOD	TYPE	REMARKS
1978(1.15)	02	A20.02.10124.45	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	03	A20.02.10124.41	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	06	A09.12.10107.W.6	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.7	UTOL	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.7	UTOW	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A04.PR2.W.8	UTOW	Code allowable	Accept as is
1978(1.15)	07	A03.PRV.MUTS	MT	Linear	Accept as is
1981(1.2.15)	01	B26.06.20207.13	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	02	A07.26.10101.29.8	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	03	B.26.06.20207.3	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	04	B65.16.20064.5	WT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	05	A14.03.10116.4	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1981(1.2.15)	06	B42.06.20206.46	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1982(1.3.15)	68	B28.06.20205.14	PT	Laminar	Accept as is
1982(1.4.15)	09	A20.02.10124.47	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	08	A20.02.10124.47	PT	Round	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	08	B29.06.20210.17	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	14	A04.PR2.W.7	UTOW	Code allowable	Accept as is
1982(1.4.15)	15	A06.RHE.2.4	PT	Linear	Repair/Removed to accept sit
1982(1.4.15)	16	A06.RHE.2.4	PT	Round	Repair/Removed to accept sit

Fig. 9 The initial screen of PSI/ISI database program(KORI unit 1)

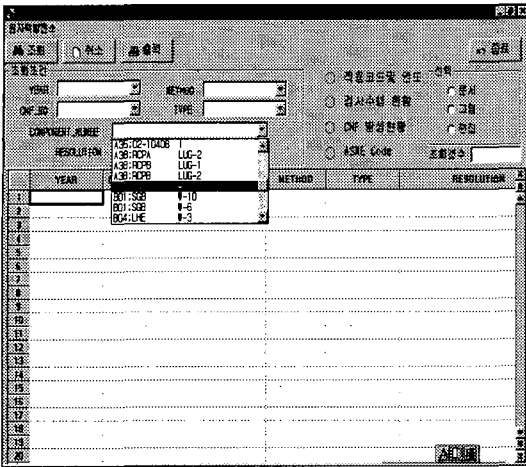


Fig. 10 Example of the sorted PSI/ISI data(KORI unit 1)

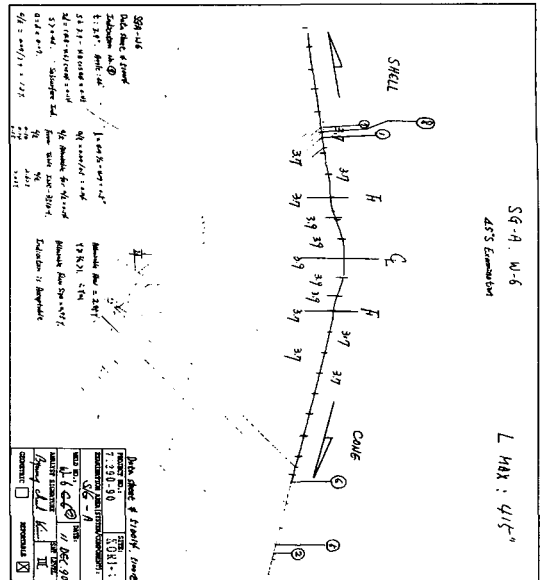


Fig. 13 SGA-W6 PSI/ISI resolution record (KORI unit 1 2.2.ISI)

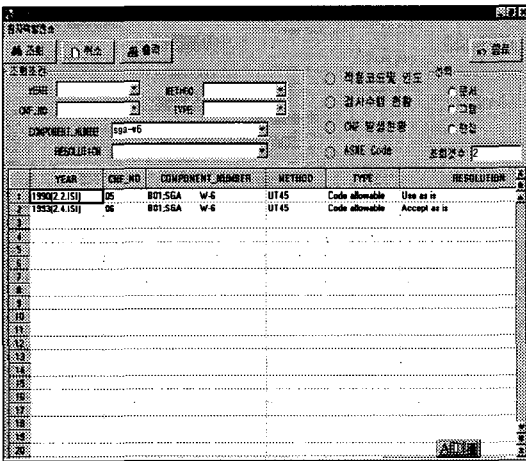


Fig. 11 Sorted PSI/ISI data(KORI unit 1 SGA-W6)

한편, 초기화면상에서 REMARK에 .HWP 파일이 존재하면 해당 셀을 더블클릭하여 한글 환경에서 SGA-W6에 대한 자료를 활성화할 수 있다. SGA-W6 COMPONENT는 PSI나 ISI 수행과정에 결함이 발견되었거나 현재 결함의 성장 징후가 있는 추적대상으로 지금까지 PSI/ISI 결과를 조사분석 정리한 내용을 Fig. 12와 같이 한글 환경하에서 요약 정리되어 있으며, 계속적으로 내용의 수정이나 추가입력, 복사 편집이 가능하여 검사결과보고서의 작성 등에 유용하게 활용될 수 있다.

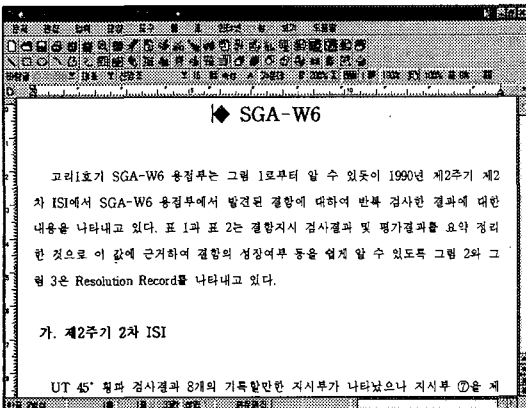


Fig. 12 The contents of investigation and analysis of sorted PSI/ISI data(KORI unit 1 SGA-W6)

고리1호기 SGA-W6 용접부는 Fig. 11로부터 알 수 있듯이 1990년 제 2주기 제 2차 ISI에서 SGA-W6 용접부에서 결함이 발견되어, 1993년 제 2주기 제 4차 ISI에서 반복 검사한 결과에 대한 내용을 보여주고, Fig. 12의 조사분석 내용 데이터에 결함지시 검사결과 및 평가결과를 요약 정리하고 있어 이 데이터에 근거하여 결함의 성장여부 등을 쉽게 알 수 있다. Fig. 13과 Fig. 14는 resolution record를 나타내고 있다.

4. 결론 및 향후 추진 계획

고리 원자력발전소의 PSI/ISI 검사 결과를 Windows 95 환경하에서 PSI/ISI 데이터의 효율적

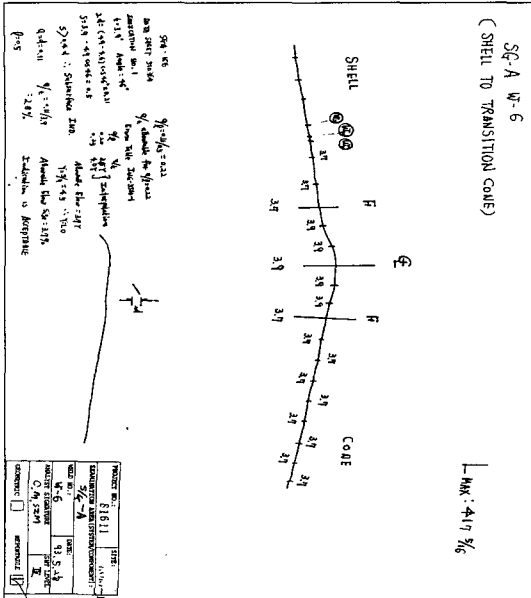


Fig. 14 SGA-W6 PSI/ISI resolution record (KORI unit 1 2.4SI)

관리 및 다윈적 평가와 분석이 가능한 고리 원전 PSI/ISI 데이터 베이스 구축과 프로그램을 개발하고, 고리 원전 압력경계기의 건전성 및 신뢰성 확보를 위해 수행되고 있는 PSI/ISI 데이터의 다윈적평가와 분석을 수행한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 1) 고리 원전 1, 2, 3, 4호기의 PSI/ISI 수행년도, 적용규격, 수행현황의 데이터 베이스를 구축하였다.
- 2) 고리 원전 1, 2, 3, 4호기의 PSI/ISI 결과의 데이터 베이스를 구축하였다.
- 3) PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램은 Windows 95 환경하에서 한글 96, Ms-office (Word, Excel, Powerpoint, Access)를 동시에 사용하기 때문에 사용자가 쉽게 활용할 수 있으며 그 유용성을 검증하였다.
- 4) 데이터 베이스 프로그램 개발을 이용한 고리 원전 1, 2, 3, 4호기의 PSI/ISI 결과의 다윈적 평가와 조사 분석이 가능하다.
- 5) 고리 원전 PSI/ISI 결과의 확률론적 신뢰도 평가(PRA) 또는 확률론적안전성평가(PSA)를 위한 결합검출확률(POD)곡선의 작성과 PDI와 같은 검증시험제도와 위험도에 근거한 가동중검사(RIISI)제도의 도입에 필요한 기초 자료를 제공하였다.

앞으로의 연구과제는 고리 원전 PSI/ISI 데이터 베이스 구축과 개발한 프로그램을 영광, 월성, 울진 발전소에 확장 적용하고 이들 유사호기 PSI/ISI 데이터의 비교 분석이 필요하다. 이것이 완료되면 국내 원전 전체 PSI/ISI 데이터의 다윈적 평가와 종합 분석이 가능하게 된다. 아울러 이번에 개발한 PSI/ISI 데이터 베이스 프로그램을 사용자가 더욱 편리하게 활용할 수 있는 지속적인 업 그라이드에 관한 연구개발이 필요하다.

후 기

본 연구는 1996년-1997년 한국원자력안전기술원(KINS) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 관계자 여러분께 이에 감사드립니다. 그리고, 연구에 필요한 자료 제공과 도움을 준 한국전력공사(KEPCO) 고리 원자력발전소와 (주)카이텍(KAITEC) 관계자들에게 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- 1) 고리원자력발전소 제 1, 2, 3, 4호기 가동점검사(PSI) 최종보고서, 한국원자력연구소
- 2) 고리원자력발전소 제 1, 2, 3, 4호기 제 1주기 가동중검사(ISI) 최종보고서, 한국원자력연구소
- 3) 고리원자력발전소 제 1, 2, 3, 4호기 제 2주기 가동중검사(ISI) 최종보고서, 한국원자력연구소
- 4) Rules for inservice inspection of nuclear power plant components, ASME B&PV Code Sec. XI
- 5) Performance demonstration for ultrasonic examination system, Appendix VIII of ASME B&PV Code Sec. XI
- 6) 이종오, 이주석, "원자력발전소의 가동중 검사에 대한 공인검사", 원전 기기설비 건전성평가 Workshop, 한국원자력안전기술원, pp. 6-1-6-23, (1997)
- 7) 강석철, "초음파검사 검증시험제도에 관한 연구", 한국비파괴검사학회 추계학술발표회 논문집, pp. 97-104, (1995)
- 8) 강석철, "비파괴검증시험에 대한 현황 검토", 원전 기기설비 건전성평가 Workshop, 한국원자력안전기술원, pp. 6-1-6-23, (1997)

- 9) 이종포, “原電 稼動中器機 檢査 超音波探傷 要員에 대한 資格 認定 要件”, 한국비파괴검사학회지 Vol. 13, No. 1, pp. 29-39, (1993)
- 10) 이종포, 최하림, “原電 器機의 超音波探傷檢査 시스템에 대한 技量 檢證”, 한국비파괴검사학회지 Vol. 13, No. 2, pp. 48-60, (1993)
- 11) Inservice inspection requirements for snubbers, ASME Sec. XI, IWF-5000, (1989)
- 12) “Personnel qualification and certification in nondestructive testing”, ASNT Recommended Practice No. SNT-TC-1A, (1984)
- 13) 박은수, 박익근, 이정순, 박운원, 강석철, “국내 원전의 압력용기 및 배관에서 발견된 결함에 대한 분석”, “원전 기기설비 건전성평가 Workshop”, 한국원자력안전기술원, pp. 5-1-5-8, (1997)
- 14) Ik Keun Park, Un Su Park, Jung Sun Lee, Yoon Won Park and Suk Chul Kang, “Construction of intelligent data base program for PSI/ISI data management of nuclear power plant”, FENDT'97, pp. 487-492, (1997)
- 15) 박은수, 박익근, 엄병국, 박운원, 강석철, “원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터베이스 프로그램 개발”, 한국비파괴검사학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 382-390, (1998)
- 16) 정이환, “원전 가동전·중검사 종합지원체계”, 한국원자력안전기술원 제 5회 원전 기기 건전성 Workshop, pp. 523-535, (1998)

Development of Intelligent Database Program for PSI/ISI Data Management of Nuclear Power Plant

Un Su Park*, Ik Keun Park*, Byong Guk Um*, Yun Won Park** and Suk Chul Kang**

* Research Institute of NDE Technology,

Seoul National University of Technology, Seoul 139-743

** Korea Institute of Nuclear Safety, Yuseong, Taejon 305-600

Abstract For an effective and efficient management of large amounts of preservice/in-service inspection(PSI/ISI) data in nuclear power plants, an intelligent Windows 95-based data management program was developed. This program enables the prompt extraction of previously conducted PSI/ISI conditions and results so that the time-consuming data management, painstaking data processing and analysis in the past are avoided. The program extracts, and the associated remedies. Furthermore, additional inspection data and comments can be easily added or deleted for subsequent PSI/ISI operation. Although the initial version of the program was applied to Kori nuclear power plant, this program can be equally applied to other nuclear power plant. And also this program can be used to offer the fundamental data for application of evaluation data related to fracture mechanics analysis(FMA), probabilistic reliability assessment(PRA) of PSI/ISI results, performance demonstration initiative(PDI) and risk-informed ISI based on probability of detection(POD) information of ultrasonic examination. Besides, the program can be further developed as a unique PSI/ISI data management expert system that can be apart of PSI/ISI data management expert system that can be a part of PSI/ISI Total Support System(TSS) for Korean nuclear power plants.