

## 원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터베이스 프로그램 개발 (제 2보)

### Development of Intelligent Database Program for PSI/ISI Data Management of Nuclear Power Plant (Part II)

박은수\*, 박익근\*, 엄병국\*\*, 이종포\*\*, 한치현\*\*\*

Un Su Park\*, Ik Keun Park\*, Byong Guk Um\*\*, Jong Po Lee\*\* and Chi Hyun Han\*\*\*

초 록 제 1보에서 Windows 환경 하에서 PSI/ISI 데이터의 효율적 관리 및 다원적평가와 분석이 가능한 고리 원전 PSI/ISI 데이터베이스 구축과 프로그램 개발(IDPIN)에 대해 소개하였다. 제 2보에서는 월성 원자력발전소 PSI/ISI 자료 관리를 위한 지능형 데이터베이스 프로그램(WS-IDPIN)을 개발하였다. 이 프로그램에는 월성 원전 PSI/ISI 관련 자료 분석 기능, PSI/ISI UT 검사 보고서 양식의 표준화와 전산 시스템화, PSI/ISI 비파괴검사 결과의 통계적 신뢰도 평가 프로그램(depth and length sizing performance 등) 등을 개발하여 원전 PSI/ISI 데이터 관리 전문가시스템(expert system)화에 한 단계 접근하였다.

**주요용어** : 원자력발전소, 가동전/중검사, 데이터베이스 프로그램, 자료 관리, 통계적 신뢰도 평가, 검사보고서 표준화

**Abstract** In a previous paper, we have discussed the intelligent Windows 95-based data management program(IDPIN) which was developed for effective and efficient management of large amounts of pre-/in-service inspection(PSI/ISI) data of Kori nuclear power plants. The IDPIN 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 of the past are avoided.

In this study, the intelligent Windows based data management program(WS-IDPIN) has been developed as an effective data management of PSI/ISI data for the Wolsong nuclear power plants. The WS-IDPIN program includes the modules of comprehensive management and analysis of PSI/ISI results, statistical reliability assessment program of PSI/ISI results(depth and length sizing performance etc), standardization of UT report form and computerization of UT results. In addition, the program can be further developed as a unique PSI/ISI data management expert system which can be part of the PSI/ISI total support system for Korean nuclear power plants.

**Keywords**: nuclear power plant, pre-/in-service inspection(PSI/ISI), database program, data management, statistical reliability assessment, report form standardization

#### 1. 서 론

요 기기들에 대한 가동전/중검사(PSI/ISI)는 관련기술기준(고리, 영광, 울진 원자력발전소의 경우 ASME Code Sec.XI, 월성 원자력발전소의 경우 CAN/CSA

N 285.4-M83, 94)에 따라 철저히 수행되고 있다. 이들 검사의 중요성과 결합분석 및 데이터처리의 중요성은 날로 증가되어가고 있는 시점에 있으며, 국내 원자력발전소의 기수가 늘어나고 가동 연수가 증가함에 따라 많은 양의 원자력발전소 가동전·중 부품검사와 시험데이터가 발생하고 있다. 이러한 데이터들의 효율적 관리나 다원적이고 종합적인 평가와 분석 및 효율적 활용은 아직 미진하여 부분적이고 체계적이지 못한 것이 현실이다. 그 동안 고리 원전의 경우 20여 년간 수행되어온 방대한 분량의 원전 가동전/중검사 자료는 현장이나 검사업체에서 보관하고 있으나 아직 이들 데이터에 대한 데이터베이스화를 통한 종합관리 및 체계적인 분석은 미흡한 수준에 있으며, 가동중검사의 신뢰성, 검사방법의 적절성, 검사프로그램의 적합성 등이 제대로 평가되지 못하였다. 최근 한국전력연구원[1,2]에서는 국내 원전의 PSI/ISI 수행되는 검사, 평가 및 보수작업을 일관성 있는 기준 및 판단에 의해 수행하고 현장의 문제점들을 효율적으로 해결하기 위한 종합 지원체계(total support system; TSS)를 수립하고 데이터베이스 총괄운용을 위한 비파괴평가 데이터와 FMA 응력 데이터의 데이터베이스 중앙체계화 등을 추진하고 있으나 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다.

국내 원전 PSI/ISI 데이터 관리 및 연구개발 현황을 살펴보면, 본 연구에 선행하여 서울산업대학교 비파괴평가 기술연구소에서는 한국원자력안전기술원(KINS)과 공동 연구로 고리 원자력발전소의 압력용기 및 배관에서 발견된 결함에 대한 조사분석 기술과 PSI/ISI 데이터의 효율적 관리 및 다원적 평가와 분석을 위해 고리 원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 데이터베이스 프로그램(an intelligent database program for PSI/ISI data management of NPP; 이하 IDPIN이라 한다)을 개발한 바 있다[3-10]. 한국전력연구원[1,2]에서는 원전 가동전·중검사 종합지원체계(TSS) 구축 프로그램에 따라 ISI 관리 프로그램을 계획하고 있다. 이 프로그램의 내용에는 프로그램화된 ISI long term project tool의 개발, 검사부위 선정방법 및 분배 프로그램의 개발, 결함 합격/불합격 판정 및 이상결함 추적/관리 프로그램의 개발 등에 대해 향후 연구가 계획되어 있다.

또한 국내 원전 가동전/가동중검사(PSI/ISI) 결과의 통계적 신뢰도 평가를 위한 기초 연구로 Mini-PIRR(pipe inspection round robin) test에 의한 국내 원전 ISI에 적용되고 있는 비파괴검사 결과의 신뢰도 분석을 위한 Test Protocol이 개발되고, Mini-PIRR test에 의한 국내 원전 ISI에 적용되고 있는 비파괴시험 결과의 신뢰도 분석을

위한 모델이 제시된 바 있다[5].

본 연구에서는 제 1보[6]에서 소개한 연구결과에 근거하여 그 후 계속 진행된 연구내용을 소개하고자 한다. 제 1보에서는 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 프로그램 개발에 대해 소개하였다. 제 2보에서는 고리 원자력발전소(ASME Code)와는 PSI/ISI의 적용코드가 다른 월성 원자력발전소(CSA Code) PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터베이스 프로그램(이하 WS-IDPIN라 한다)을 개발하고자 한다. 이 프로그램에는 월성 원전 PSI/ISI 관련 자료분석 기능, PSI/ISI UT 검사 보고서 양식의 표준화와 전산 시스템화, 자동 결합평가 기능, PSI/ISI 비파괴검사 결과의 통계적 신뢰도 평가 모듈을 개발하여 원전 PSI/ISI 데이터 관리시스템의 전문가시스템(expert system) 개발에 한 단계 접근하고자 한다.

## 2. 월성 원전 PSI/ISI 자료관리 프로그램

본 연구에서 월성 원전 PSI/ISI 데이터베이스 관리 프로그램은 제 1보에서 소개한 IDPIN 프로그램과 같이 원전 PSI/ISI 관련 종사자 뿐만 아니라 일반 엔지니어도 쉽게 활용할 수 있도록 사용자와의 효과적인 인터페이스 및 지속적인 업그레이드가 가능한 마이크로소프트 윈도우즈(MS-Windows) 환경 하에서 개발되었다. WS-IDPIN 프로그램에서 새롭게 추가되고 다른 점은 사용자 인터페이스부, PSI/ISI 데이터베이스부 외에 신뢰도 평가부, 자동 결합 평가부, PSI/ISI UT 검사 보고서 양식의 표준화와 전산 시스템화 등이 추가되어 있다. 특히 본 프로그램에 사용된 문서는 인터넷 등 새로운 정보 통신 기술의 발달로 전자 도서관 또는 디지털 도서관(digital library)에서 다양한 형식의 원문 정보는 물론, 컬러사진, 이미지 도형, 비디오, 오디오, 동영상(영화) 데이터를 함께 담은 멀티미디어 파일을 원본 그대로 전산망에서 열람 또는 시청할 수 있는 포터블 문서 양식인 PDF(portable document format)로 문서 작성을 하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 개발한 WS-IDPIN 프로그램의 주 화면으로 각각의 메뉴 구성을 나타내고 있다. 프로그램의 실행방법은 여러 가지가 있으나 프로그램 설치 시 등록된 시작프로그램의 서브 프로그램 창에서 단축아이콘으로 실행하여 프로그램을 실행하면 주 화면이 나타나게 된다. 메인 메뉴의 구성은 월성 원전의 각 호기(unit), 문



신뢰도 분석 프로그램의 분석부에서는 기량검증에 대한 데이터를 이용하여 통계처리를 할 수 있다. 여기서, 실측 데이터와 측정데이터 입력 난에 각각의 데이터를 입력하고 sizing 버튼을 클릭하면 분석프로그램이 실행되어 통계적 파라미터를 산출할 수 있다.

Fig. 4는 신뢰도 평가 프로그램을 이용하여 PSI/ISI에서 발견된 결함의 길이와 깊이에 대한 sizing 성능 결과를 ASME Code Sec. XI, Appendix VIII의 sizing acceptance criteria에 근거하여 결함크기·깊이(length and depth sizing)에 대한 신뢰도 평가를 위해 회귀선도(linear regression fit)처리한 결과를 나타내고 있다. 전보[5]에서의 결과와 비교해 볼 때 잘 일치함을 알 수 있다.

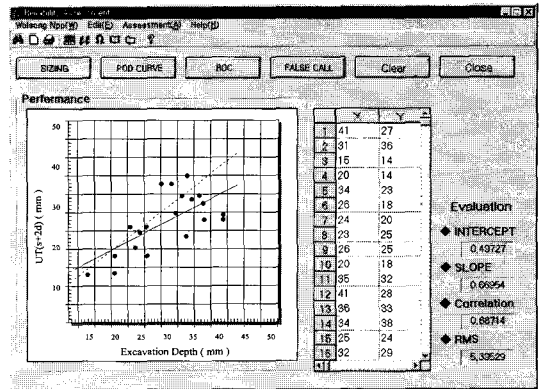
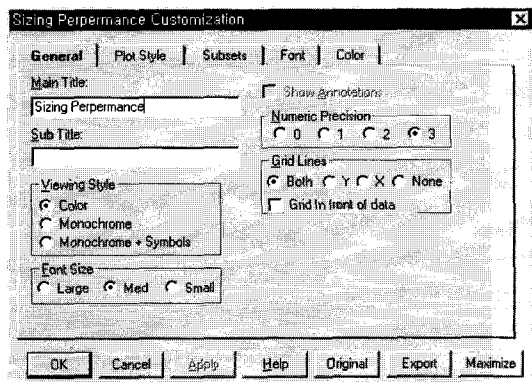


Fig. 4 Length sizing performance using WS-IDPIN program

4. UT 검사보고서의 표준화와 전산화

PSI/ISI 데이터의 효율적 관리를 위해서는 검사보고서의 표준화와 전산화는 매우 중요하다. 최근에는 PSI/ISI 검사기관이 자유경쟁에 의해 참여함으로 검사업체 변경

시 검사업체별 데이터의 기록/보고서의 양식이 상이하기 때문에 검사보고서의 표준화가 필요하다. WS-IDPIN 프로그램에는 UT 검사보고서의 표준화와 전산화 기능을 제공하고 있다.



UT record sheet를 클릭하면 2가지의 UT 검사보고서 양식을 선택할 수 있는 창이 생성된다. Fig. 5은 UT 장비 교정보고서를 표준화하고 전산화한 예를 보여주고 있다. Fig. 6은 UT장비, 탐촉자, Calibration 기초 데이터 등의 입력과 자료관리가 가능하며, Fig. 7은 초음파장비 교정 보고서의 출력 예를 나타내고 있다.

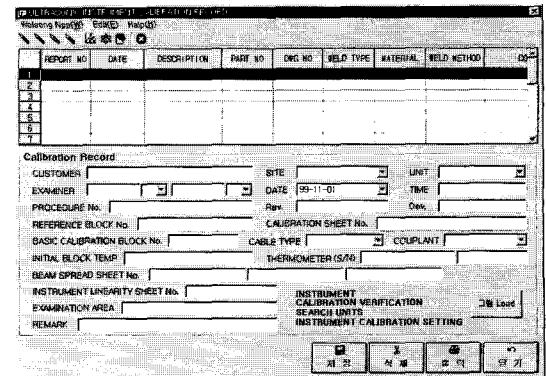
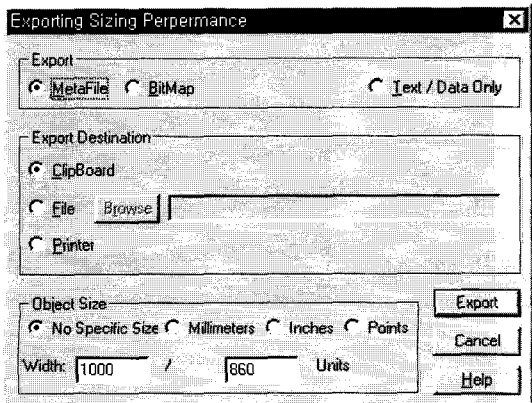


Fig. 3 Graph edit and file I/O windows

Fig. 5 Report form of ultrasonic instrument calibration record

Fig. 6 Sub-form of ultrasonic instrument calibration record

Fig. 9 Sub-form of ultrasonic examination record

Fig. 7 Output example of ultrasonic instrument calibration record

Fig. 10 Output example of ultrasonic examination record

Fig. 8 Report form of ultrasonic examination record

5. 결론 및 향후 추진계획

본 연구에서는 PSI/ISI에 CSA Code가 적용되고 있는

월성 원자력발전소 PSI/ISI 데이터의 효율적 관리 및 다원적 평가가 가능한 지능형 데이터베이스 프로그램 (WS-IDPIN)을 개발하였다. 이 프로그램에는 월성 원전 PSI/ISI 관련 자료분석 기능, PSI/ISI 비파괴검사 결과의 통계적 신뢰도 평가 모듈(depth and length sizing performance 등), 표준화와 전산 시스템화된 UT 검사보고서 양식 등을 개발하여 원전 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 전문가시스템(expert system) 개발에 한 단계 접근하였다.

앞으로의 연구과제는 각 주요 components 별로 PSI/ISI UT 비파괴검사 자동 결합평가 및 합격/불합격 판정 프로그램(UT 자동결합 평가와 UT 자동결합 합부 판정) 기능의 보완과 PSI/ISI 데이터베이스 프로그램을 사용자가 더욱 편리하게 활용할 수 있는 지속적인 업그레이드에 관한 연구개발이 필요하다.

## 후기

본 연구는 과학기술부에서 시행한 원자력연구개발사업 실용화연구지원사업(1998.12.1-1999.11.30)의 연구 결과의 일부입니다. 관계자 여러분께 감사드립니다. 그리고, 본 연구 수행 중 기술적으로 적극적인 협조를 하여주신 한전 기공(주) 박문호 박사님과 한국전력연구원의 장기상 박사님께 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- [1] 정이환, "원전 가동전·중검사 종합지원체계", 한국원자력안전기술원, 제5회 원전 기기 안전성 WORKSHOP, PP 523-535, (1998. 5)
- [2] 장기상, "원전 ISI 관리시스템", 한전기공(주) 원전 PSI/ISI 기술정보 교류 워크숍, pp 151-170, (1999. 3)
- [3] 박은수, 박익근 외 3인, "국내 원전의 압력용기 및 배관에서 발견된 결함에 대한 조사분석", KINS 연구결과보고서, KINS/HR-180, (1997)
- [4] 박은수, 박익근 외 3인, "국내 가동중검사에서 발견된 결함에 대한 조사분석", KINS 연구결과보고서, KINS/HR-206, (1998)
- [5] 박익근, 박은수, 엄병국, 박윤원, 강석철, 이종포, 박치승, "원전 압력용기 용접부의 결함보수 현황과 초음파 검사의 신뢰도", 한국비파괴검사학회 '99 춘계학술발표회 논문집 KSNT/SC9911, pp 110-120, (1999)
- [6] 박은수, 박익근, 엄병국, 박윤원, 강석철, "원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터 베이스 프로그램 개발", 한국비파괴검사학회지 Vol. 18, No. 5, pp 389-397, (1998)
- [7] 박은수, 박익근, 엄병국, 박윤원, 강석철, 이종포, 박치승, 장기상, "월성 원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 지능형 데이터 베이스 프로그램 개발", 한국비파괴검사학회 '99 추계학술발표회 논문집 KSNT/FC9929, pp 293-299, (1999)
- [8] 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)
- [9] Ik Keun Park, Un Su Park, Byong Guk Um, Yun Won Park, Suk Chul Kang, Jong Po Lee and Chi Seung Park, "Development of Intelligent data base program and Preliminary Probabilistic Reliability Assessment of PSI/ISI Inspection results in nuclear power plant", FENDT'99, pp 483-490, (1999)
- [10] 박익근, "월성 원자력발전소 PSI/ISI 데이터 관리를 위한 데이터베이스 프로그램 개발과 가동중검사에서 발견된 결함에 대한 조사분석", 한전기공(주) 원전 PSI/ISI 기술정보 교류 워크숍, pp 61-71, (1999. 3)
- [11] Berens, A. P., and P. W. Hovey, "Flaw detection reliability criteria", AFWEL-TR-84-4022, University of Dayton Research Institute, (1981)
- [12] Steven R. Doctor and George J. Schuster, "Overview of NDE Reliability Research Activities", SAFE 98-9, pp 2-14, (1998)
- [13] Watson, P. D., and R. L. Edwards, "Fabrication of Test Specimens Simulating IGSCC for Demonstration and Inspection Technology Evaluation", 14th International Conference on NDE in the Nuclear and Pressure Vessel Industries, Stockholm, Sweden, 24-26, September, (1996)
- [14] James R. Dickens and Don E. Bray, "Human performance considerations in nondestructive testing", Materials evaluation/September, pp 1033-1041, (1994)
- [15] Mark P. Connolly, "Reliability based assessment of inspection requirements", Materials evaluation/October, pp 1911-1197, (1993)
- [16] Fujimoto, Y., Swilem, A. M., Iwata, M. "Estimation of Probabilities of Crack Detection and False Indication in Visual Inspection of Structures", 日本造船學會論文集, 168, 487, (1990)
- [17] P. G. Heasler, S. R. Doctor, "Piping Inspection Round Robin", NUREG/CR-5068, PNLL-10475
- [18] Appendix VIII of ASME B & PV Code Sec.XI, Performance Demonstration for Ultrasonic Examination System