

RBI 소프트웨어의 기능에 관한 조사연구

† 송정수 · 심상훈* · 노응환** · 박중현** · 최송천*** · 권정락*** · 김지윤*** · 윤기봉
중앙대학교 기계공학부, *(주)플랜티스,
한국중부발전(주), *한국가스안전공사 가스안전시험연구원
(2001년 8월 30일 접수, 2001년 11월 10일 채택)

A Study on Surveying Functions of RBI Software

J S Song · S H Shim* · W H No** · J H Park** · S C Choi*** ·
J R Kwon*** · J Y Kim*** and K B Yoon
*Department of Mechanical Engineering, Chung-Ang University,
*PLANTIS Inc., **Korea Midland Power Corporation,
***Facilities R&D Division, Korea Gas Safety Corporation
(Received 30 August 2001 ; Accepted 10 November 2001)*

요 약

최근 여러 산업설비에서 주목받고 있는 RBI 소프트웨어는 개발한 회사에 따라 그 분석 수준, 적용분야, 반영하는 손상기구 등이 다양하다. 본 논문에서는 국내 여러 개의 기관이 공동으로 참여한 다자간 공동연구과제인, 해외 RBI 소프트웨어의 기능에 대한 조사연구에 대해 소개하였으며 연구 내용의 일부를 사례로서 보여주었다. 이 연구에서는 RBI 소프트웨어를 개발한 국외 기관별로 수집된 자료와 데모 프로그램을 통해서 기존 RBI 진단시스템의 장단점을 비교·분석하였으며, 향후 RBI 소프트웨어를 개발하는 경우 필요한 최적 기능에 대해 연구하였다.

Abstract - Recently RBI softwares have received widespread interests from various industries. The available RBI softwares have variety of levels of analysis, fields of applications and damage mechanisms considered, which depend on the software developing institutes. In this paper results of a GSP(Group Sponsored Project) entitled "Study on Surveying Functions of Foreign RBI Softwares" are summarized. A part of the study is explained in detail as a sample case for showing the contents of the project. Based on the demo softwares as well as the open documents and contents obtained in the web pages of the developer critical comparisons of the well-known RBI softwares were made. The required functions of the optimal RBI software is also discussed from the review results of this study.

Key words : RBI, risk ranking, VCE, BLEVE, FFS, qualitative analysis, quantitative analysis, process hazard analysis, process safety management

1. 서 론

최근 국내외에서 정유·석유화학 등의 공정 플랜트의 검사, 진단, 관리 및 보존공학(maintenance

engineering)에서 관심을 끌고 있는 주제 중 하나는 RBI (risk based inspection) 기법이다. 또한 이 기법에 대한 관심은 화력발전 플랜트, 가스배관 분야의 관리에서도 마찬가지이다.

이와 같은 RBI기법의 광범위한 적용성 때문에 국내에서도 여러 중화학 업체, 가스 관련 업체 및 화학발전 관련 기관 등에서 RBI기법의 도입 또는 자체 개발을 모색하고 있으며, 향후 RBI기법을 사용한 보유 설비의 관리를 독자적으로 수행하기 위해 RBI software의 확보를 추진하고 있다. 그러나, RBI software는 개발한 기관에 따라, 종합적인 정량적 평가(quantitative analysis)가 가능한 소프트웨어와 정성적 평가(qualitative analysis) 또는 준정량적 평가인 risk ranking 평가만 가능한 소프트웨어 등 그 기능과 목적에 많은 차이를 보이고 있다. 따라서, 국내 기관이 많은 비용을 투자하여 국외 기술을 도입하기 전에, 각 기관의 필요성에 부합하는 소프트웨어를 효율적으로 도입 또는 개발하기 위해서는 필요한 기능을 명확히 하여 소프트웨어가 요구하는 기능을 최적화할 필요가 있다.

이를 위해 본 조사연구에서는 이미 RBI 기법을 보유하고 있다고 주장하는 국외 기관의 기존 RBI software 및 이에 적용된 RBI 기법을 인터넷 온라인 및 공개된 오프라인 자료를 기초로 하여 비판적인 관점에서 비교·검토하였다. 본 연구를 수행함에 있어 연구자가 최대한 객관적인 관점을 유지하려 노력하였으나, 연구 결과는 공개된 자료만을 가지고 연구하였으므로 자료의 제한성 때문에 실제 소프트웨어의 기능과 달리 조사되었을 수도 있다.

본 논문에서는 3개의 기관이 참여하여 공동 조사한 일부 사례를 보여줌으로써 연구의 수행내용에 대한 이해를 돕고자 한다.

Table 1. RBI softwares developed by foreign organizations.

국외 기관/업체	소프트웨어
ABS Group Inc.	RMPlanner
AEA Technology	RBMS
API	API-RBI '98
APTECH Eng.	RDMIP
Bass-Trigon	IAP, ORION
Capstone Eng.	RBMI
Credosoft	Credo
Hartfort Steam & Boiler	STRAP
DNV	ORBIT
MPA	QRA
Tischuk International	T-OCA, T-REx
TWI	RISKWISE PIPEWISE TANKWISE LIFEWISE

2. 국외 기관의 RBI 기법 관련 소프트웨어

본 연구 과정에서 조사된 국외 RBI 관련 개발기관과 RBI 소프트웨어의 일부를 Table 1에 보여 주었다. 이 표에 보여준 소프트웨어에 대해 인터넷 홈페이지에 올라 있는 자료, 논문으로 발표된 내용 및 소프트웨어 설명서 등을 조사하였다.

3. 주요 RBI 소프트웨어에 대한 조사 분석

2절에 설명한 바와 같이 공개된 자료로부터 조사할 수 있는 모든 대상 소프트웨어에 대해 자료를 수집하여 본 연구과제에 참여한 기관들이 자료를 공유하였다. 이후 참여기관의 협의를 거쳐 본 참여기관이 관심 있는 소프트웨어들 및 기능이 비교적 잘 알려진 소프트웨어들을 대상으로 상세 자료를 수집하여 이들의 RBI 소프트웨어의 기능을 비교·검토하였다. 일부 사례는 다음과 같다. 상용 소프트웨어의 이름에 대한 거론을 배제하기 위해 본 논문에서는 임의의 알파벳으로 이름을 대체하였다.

3.1. R-software

1978년부터 한 회사는 화학, 석유화학, 유전, 원자력, 광산, 수송, 국방과 항공 분야에서 PHA (Process hazard analysis), 신뢰도/가용도 공학, QRA (Quantitative risk analysis), PSM (Process safety management), RMP (Risk management programs) 등 위험도 평가 및 설비 건전성 확보에 활발한 활동을 보였다. R-software는 EPA의 RMP rule (40 CFR 68)을 기반으로 한 회사가 개발한 위험도 관리 프로그램이다. 유독성/가연성 물질 저장량은 위험도 평가에서 아주 중요한 인자이므로 R-software는 위험도 평가대상 설비정의 시 대상설비 내 가연성/유독성 물질을 쉽게 선택하거나 기입할 수 있도록 기능을 설정했다. Fig. 1과 같이 해당 공정 내 혼합 가연성 유체를 정의할 수 있다.

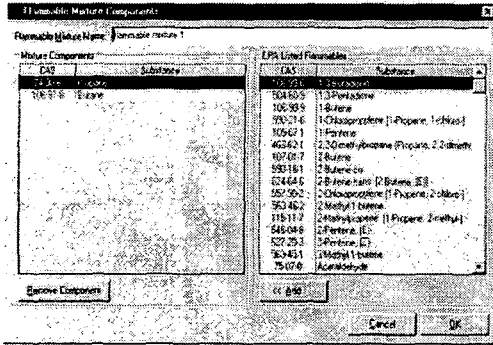


Fig. 1. Definition of flammable mixtures for processes in R-software.

R-software에서는 Fig. 2와 같이 해당 설비 내 누출 가능량 평가에서 사용자의 쉬운 접근 방법을 제공한다. Substance quantity calculator를 이용하여 vessel-by-vessel 방법 그리고 substance-by-substance 방법을 이용하여 설비 내 저장량을 계산할 수 있도록 하였다[1].

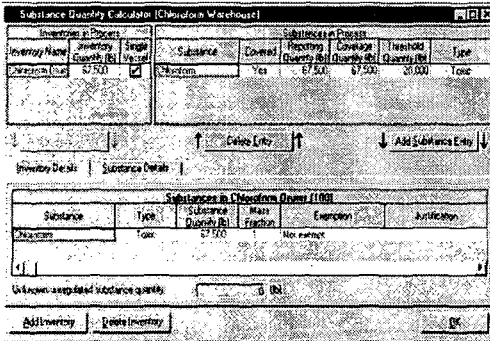


Fig. 2. Improved substance inventory input in R-software.

또한 Fig. 3과 같이 각 누출사고시 파손피해 모듈에서는 선택되어진 공정과 누출 유체의 성질에 따라 자동적으로 누출사고 유형 즉 유독성 유체 누출, VCE, flash fire, pool fire, BLEVE fireball 등이 결정되어 프로그램 상에 황색/비활성 형태로 표시가 된다. EPA OCA 계산 모듈을 이용하여 누출시 누출량, 그리고 예상 피해 반경 계산이 가능하다.

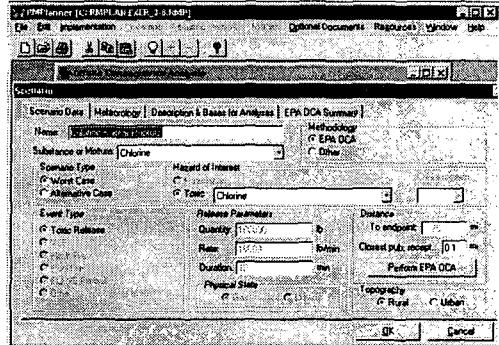


Fig. 3. Scenario of release in R-software

Fig. 4에서는 대상 설비의 사고이력 기입 모듈에서는 누출된 화학물질, 누출사고시 사고 유형/누출된 설비/발생한 피해, 구체적인 사고의 원인, 날씨, 기타 다른 인자를 시각적으로 반영하고 있다.

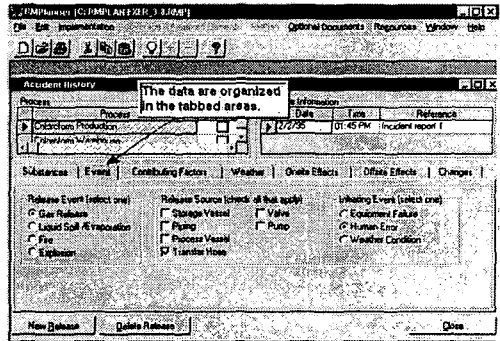


Fig. 4. Accident history in R-software.

3.2. A-software

A-software는 API-RBI BRD를 기본으로 API의 위탁을 받아 한 엔지니어링 회사가 개발한 소프트웨어이다. 위 API-RBI BRD에 사용된 파손빈도, 파손에 의한 재료교체 비용, 파손피해 비용, 운전정지에 의한 생산 피해, 누출에 의한 환경피해 등 기타 데이터들은 정유설비에 기본을 두고 있고, A-software는 과거에 플랜트에서 가연성/유독성 물질 누출사고에 의한 피해 및 파손빈도, 파손 보수/유지에 투입된 비용, 각각의 설비 재료의 비용, 가동중단에

의한 생산차질로 인한 손해까지도 데이터베이스화하여 내장하고 있다. 하지만 사용자의 직접 데이터베이스에 접근하여 데이터를 변경할 수 있는 기능도 있다. 또 대상 설비가 위치한 지역의 평균 최하온도, 지진의 영향, 날씨 등까지 위험도 평가에 반영하고 있다. A-software는 정성적 위험도 평가와 준정량적/정량적 위험도 평가를 구분함으로써 설비의 위험도 평가 비용 및 시간을 고려해 사용자가 효과적으로 관리가 가능하다. 정성적 위험도 평가 단계에서는 잔여수명 평가나 FFS (Fitness for service)에 근거를 두지 않고 모든 설비에 적용이 가능하지는 않다. 하지만 간단한 데이터 입력을 통해서 대략적인 높은 위험도에 노출된 공정을 선정함으로써 차후 검사 주기를 산정하는 준정량적/정량적 위험도 평가 실시에도 도움이 되는 소프트웨어이다. Fig. 5는 A-software의 프로그램 세팅 창이다[2].

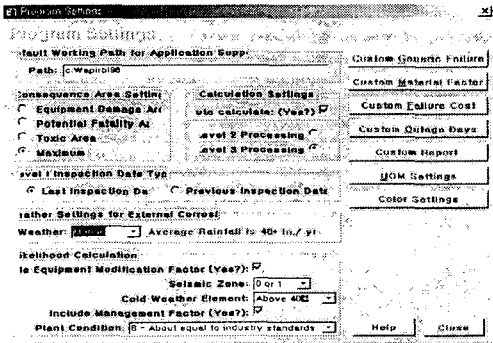


Fig. 5. Program setting for A-software.

3.3. T-software

TR Systems는 정유/가스/석유화학 설비의 플랜트 건전성 시스템 제공을 목적으로 1991년에 설립된 기관이며 한 회사와 공동으로 RBI 시스템인 T-software 시스템을 개발하였다. T-software는 현재 RBI 소프트웨어를 보유한 여러 기관에 제공되고 있다. T-software는 현재 석유화학, 가스, 유전, 정유, 발전, 송유, 저장탱크 등 여러 분야에 적용되고 있고 지속적으로 대상 분야를 확대하고 있다. Fig. 6과 같이 TECH DATA로 설비 내 유체, 절연재, 설비재료, 설계코드, 입출구 온도, 설계온도/압력, 운전온도/압력, 유체의 물성값, 검사 결과 등을 입력하고, MORE DATA를 이용하여 유체의

성분과 검사 기록 등을 반영하여 파손손실과 파손빈도를 계산한다.

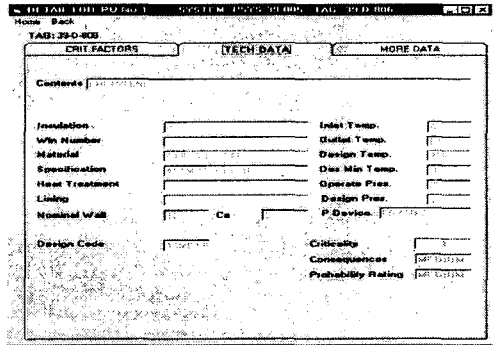


Fig. 6. Technical data associated with the tag item in T-software.

Fig. 7은 T-software 시스템의 3×3 위험도 행렬을 보여준다. T-software는 위험도 평가 모듈, 플랜트 건전성 평가, Taskmaster, What-if scenario builder로 크게 4가지 모듈을 가지고 있다. 주요 위험도 평가 대상은 배관, 고정설비, 안전밸브류, 펌프, 가압기, 제어 밸브류이다[3].

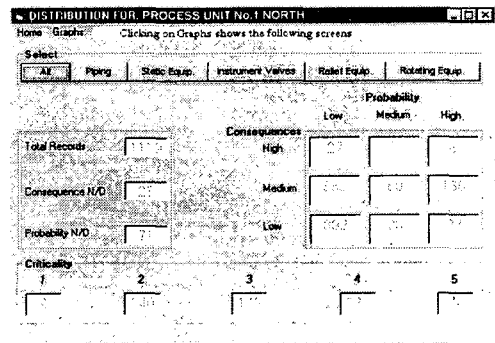


Fig. 7. 3×3 risk matrix of all equipments for T-software.

3.4. W-software

W-software는 정유/가스/석유화학 그리고 발전설비 등의 파손유형/빈도와 파손손실을 평가해 최종적으로 대상 설비의 상대적인 위험도 순위를 5×5 위험도 행렬로 산출하는 기능을 갖고 있다. 위험도 평가는 준정량적인 방법으로

로 접근한다. W-software는 각 단위설비의 파손빈도와 파손손실 값을 평가해 구한 파손 위험도를 적절히 감소시키기 위해 현재 검사프로그램을 효과적으로 수행할 수 있게 하는 기능을 포함하고 있다. W-software는 평가대상의 설비에서 가장 손상에 노출된 민감한 부위를 결정할 수 있어 적절한 검사 위치를 결정할 수 있으며, 적절한 검사 시기 산출뿐만 아니라 검사 방법과 시간이 경과함에 따라 평가된 설비의 위험도 변화를 결정할 수 있도록 한다.

W-software는 Fig. 8과 같이 많은 손상 메카니즘을 고려하고 있으며 크게 감육, 환경적 손상, 재료적/기계적 손상으로 구분한다. 감육은 절연재 내부의 부식, 침식, 노변 부식, 고온 sulphidation, 산화 등으로 구분하고, 환경적 손상은 acid attack, chlorides, hydrogen cracking, SCC 등으로 구분하고, 재료적/기계적 손상에는 부식피로, 크리프, LCF/크리프-피로, HCF, 시그마상 취화, 템퍼 취화 등이 있다.

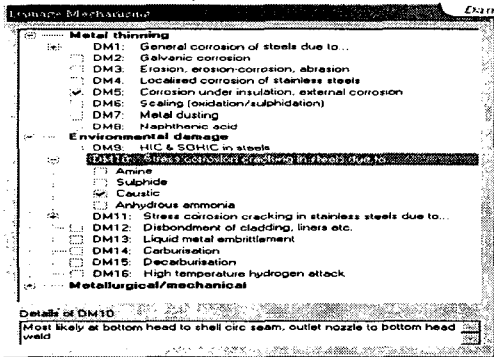


Fig. 8. Damage mechanisms considered in W-software.

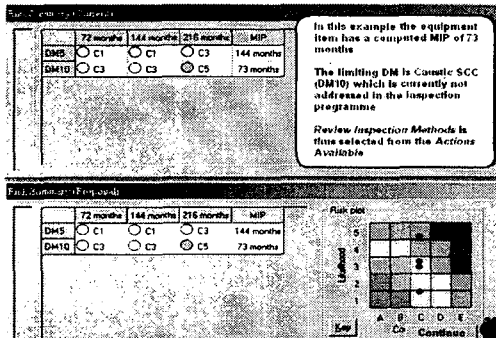


Fig. 9. Risk summary of W-software.

Fig. 9는 파악된 현재 검사주기 및 그 위험도와 W-software를 통해 평가되어 추천된 검사주기 및 위험도를 나타내는 예이다[4].

이상의 예에서 보여준 바와 같이 대상 소프트웨어 각각에 대해 위험도 분석수준, RBI 해석이 가능한 대상 설비, 고려된 손상 기구 및 소프트웨어 각 화면의 구성 등을 검토하여 각 소프트웨어의 성능 등에 대한 연구 결과를 얻었으며, 위에 언급한 사례에 대해 정리하면 Table 2에 보인 바와 같다. 이를 근거로 RBI 소프트웨어를 자체 개발하는 경우 필요한 기능 및 최적의 화면 구성 등에 대해 연구결과를 얻게 되며 이를 향후 소프트웨어 개발에 활용할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 국내 여러 개의 기관이 공동으로 참여한 다자간 공동연구과제인, “해외 RBI 소프트웨어의 기능에 대한 조사연구”에 대해 소개하였으며 연구 내용의 일부를 사례로서 보여주었다. 이 연구에서는 RBI 소프트웨어를 개발한 국외 기관별로 수집된 자료와 데모 프로그램을 통해서 기존 RBI 진단시스템의 장단점을 비교·분석하였으며, 향후 국내의 RBI 소프트웨어를 개발하는 경우 필요한 최적 기능에 대해 연구하였다.

RBI 소프트웨어는 EPA 권고에 부합하는 RBI 관련 프로그램이 개발·공급되고 있으며, 파이프라인에 적합한 RBI 프로그램과 증기터빈에 적합한 프로그램도 제공되고 있었다. API-RBI BRD를 근거로 개발된 정유플랜트용으로 개발된 소프트웨어는 방대한 근거 데이터와 파손모드와 파손빈도를 데이터베이스화하여 내장하고 있다. 유럽에서는 유럽 산업설비에서 검사활동 및 예방정비 시스템을 효과적으로 관리하고 보다 넓은 산업분야에 적용 가능한 RBI 절차개발 프로젝트를 진행 중에 있다. 한 기관의 경우에는 정유/가스/석유화학설비의 RBI 프로그램을 다른 여러 RBI기법 개발기관에 보급하고 있었다.

본 연구결과 각 업체나 기관마다 RBI 적용분야가 다르고 그 분석 수준에도 차이를 보이고 있었으며, 현재 수집된 자료를 근거로 각 소프트웨어의 기능 및 분석수준을 Table 2와 같이 분류할 수 있었다.

Table 2. Examples of comparison results of various RBI softwares.

	R-software	A-software	T-software	W-software
분석 수준	준정량적	정성적 준정량/정량적	정성적 준정량적	준정량적
적용 설비	화학, 정유 석유화학, 위험물 수송	정유, 석유화학	가스, 정유, 석유화학, 발전 저장탱크, 파이프라인	정유, 석유화학 파이프라인, 저장탱크, 화력/원자력발전,
RBI 방식	EPA의 RMP rule (40 CFR 68)	API-RBI BRD (API 581)	TR Systems	ASME RBI API 580, 581
파손 모드	-	Thinning, SCC, HTHA, Creep, Piping fatigue, Lining, Brittle fracture, External damage	Internal corrosion, Weld corrosion, External corrosion, Erosion, Creep, Fatigue, SCC, Fouling, Embrittlement, Wet hydrogen cracking, Hot hydrogen attack	Thinning, Acid attack, Chlorides, SCC, Caustic gouging, Hydrogen cracking, Oxide jacking, Corrosion fatigue, Creep, Creep-fatigue, Graphitization, HCF, Sigma phase embrittlement, Temper embrittlement, Weldment cracking

감 사

본 연구는 한국과학기술재단 산하 산업설비 안전성평가 연구센터(SAFE) 주관으로 한국중부발전(주) 및 한국가스안전공사가 연구비를 지원하였고 중앙대학교 및 (주)프랜티스가 수행한 연구결과입니다. 연구비 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] RMPlanner Demo program, ABS Group Inc, 1997

[2] API - RBI Base Resource Document 1st edition, API, 2000

[3] T-OCA / T-REx Demo programs, Tischuk International, 2000

[4] RISKWISE / PIPEWISE / TANKWISE / LIFEWISE Demo programs, TWI, 1999

[5] 송정수, 심상훈, 윤기봉, "상용 RBI software 기능의 비교평가", GSP 최종보고서, 산업설비 안전성평가 연구센터(SAFE), 2001.5

[6] RBI Guidelines - ASME Task Group Reports, ASME, 1992