

CHECWORKS 코드를 이용한 국내 원전 2차계통 배관감육 해석

황경모*· 진태은*· 이성호**· 김위수**

Wall Thinning Analyses for Secondary Side Piping of Domestic NPPs Using CHECWORKS Code

K. M. Hwang, T. E. Jin, S. H. Lee, and W. S. Kim

Key Words: Wall Thinning(감육), WCA(수화학해석), NFA(네트웍해석), WRA(감육해석)

Abstract

This paper represents the wall thinning analysis results for secondary side piping of two types of domestic nuclear power plants based on the DB establishment and FAC analysis study for NPP secondary system piping. CHECWORKS code utilized in this study has been applied world widely to wall thinning analyses for secondary side piping and its reliability has also been proved. The predicted wear rates for several piping systems of a pressurized water reactor NPP are compared with those of a pressurized heavy water reactor NPP and with the measured wear rates. On the basis of comparison results of the predicted and measured wear rates, the analysis results can be effectively applied to the development of a standard thinned pipe management program targeted all domestic nuclear power plants.

1. 서 론

원전 2차측 배관의 감육(Wall Thinning)으로 인한 손상 및 사고사례는 국내외를 망라하여 1980년 대 이후 상당수 보고되고 있으며, 원전 수명 증가에 비례하여 발생횟수도 점차 증가하고 있는 추세이다. 이러한 경향에 따라 국내 원전 현장에서는 발전소별로 자체 관리기준에 따라 감육배관에 대한 관리를 하고 있으나 검사주기, 검사대상 배관부위 선정방법, 감육배관 측정, 평가 등에 있어서 일관된 기준이 적용되지 않고 있는 실정이다. 이에 따라 국내 모든 발전소에 공통적으로 적용이 가능한 감육배관 관리 표준기술체계 개발의 일환으로 '국내 원전 2차계통 배관 데이터베이스 구축 및 감육해석' 연구를 수행하고 있다. 본 고는 상기 연구 수행 중 국내 두 가지 유형의 원전을 대상으로 데이터베이스를 구축하고 감

육해석을 수행한 결과를 소개하는데 중점을 두었다. 감육해석은 현재 전세계적으로 가장 널리 활용되고 있으며, 신뢰성도 충분히 입증된 CHECWORKS 코드를 활용하였다.

본 고에서는 상기 코드를 이용하여 감육해석을 수행하는 방법과 국내에서 운전되고 있는 가압경수로형 원전 및 가압중수로형 원전을 대상으로 수행한 감육해석 수행사례 그리고 본 연구의 최종목표인 2차측 감육배관 관리 표준기술체계 확립에 반영할 수 있을 지의 여부를 검토한다.

2. CHECWORKS 전산코드 주요기능

EPRI에서 개발한 CHECWORKS 전산코드는 원전 2차측 배관의 온도, 압력, 엔탈피, Steam Quality, pH, 유속, 배관형상 등의 운전 조건을 반영하여 검사대상 배관 우선순위 결정에 필요한 배관 컴포넌트별 감육률 예측, 배관 교체여부 판정, 검사주기 설정을 위한 잔여수명 예측 등에 이용될 수 있으며, 발전소 배관 데이터베이스의 기능과 배관설계 기술

* 한국전력기술(주)

** 한전 전력연구원

개선 등에도 활용할 수 있다. CHECWORKS 전산코드는 크게 해석(Analysis) 기능과 지원(Support) 기능으로 구분할 수 있다. 해석기능에는 WCA(Water Chemistry Analysis), NFA(Network Flow Analysis), WRA (Wear Rate Analysis), CAE(Component Acceptance Evaluation), UT Analysis가 있으며, 지원기능에는 Plant Data Management, Isometric Viewer, HBD (Heat Balance Diagram), FACTRAK, Import Utility가 있다⁽¹⁾.

CHECWORKS 전산코드를 이용하여 원전 2차측 배관의 감속해석을 수행하기 위해서는 크게 세 가지 단계, 즉 배관을 체계적으로 분류하는 기초작업(Basic Work)과 배관 개개의 정보를 DB화하는 작업, 그리고 구축된 DB를 기초로 감속해석을 수행하는 세 단계를 거쳐야 한다. Fig. 1은 CHECWORKS 전산코드를 이용하여 배관감속 해석을 수행하는 절차를 제시한 것이다.

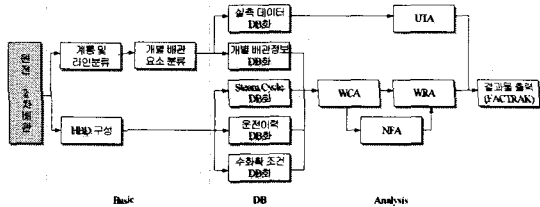


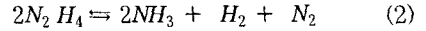
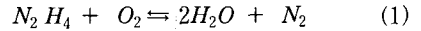
Fig. 1 Wear Rate Analysis Procedure

실제 현장에서 관리되고 있는 원전 2차측 배관은 10여 개 계통 정도이지만 이를 코드에 입력해야 하는 개개의 배관 컴포넌트로 구분할 경우에는 원전 출력규모에 따라 4,000~6,000개에 달하므로 이를 체계적으로 분류하여 각 컴포넌트명이 중복되지 않도록 해야 한다. 그리고 2차측의 열평형도(Heat Balance Diagram)를 작성하여 배관라인의 위치를 열평형도에 지정해 줌으로써 조건에 맞는 데이터를 코드에서 인식하여 배관감속 해석에 반영할 수 있도록 해야 한다. 이러한 작업이 완료되면 설계압력, 설계온도, 사용재료, 치수 등의 개별 배관정보와 실제 운전시점부터 현재까지의 수처리 이력, 운전이력 등을 DB화하여 배관감속 해석에 반영될 수 있도록 해야 한다.

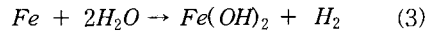
배관의 기초정보가 CHECWORKS 전산코드에 DB로 구축되면 2차계통 주요 배관부위에서 취득된 수화학 데이터를 이용하여 개별 배관의 감속 해석에 운전환경이 반영될 수 있도록 수화학 해석을 수행한다. 배관감속 현상에 영향을 미치는

수화학 변수는 pH, 용존산소농도 및 하이드라진(N₂H₄) 농도로서 2차계통에 주입되는 pH 조절용 아민(암모니아; NH₃)과 하이드라진, 용존산소, 철 등의 상호 화학반응 메카니즘은 다음과 같다.

- 하이드라진 산화/환원 반응



- 철 용해반응



상기와 같은 반응조건은 운전온도에 밀접한 연관성이 있기 때문에 수화학 해석에서는 개별 컴포넌트에서의 Hot pH, 암모니아, 하이드라진 농도 등이 계산된다. 수화학 해석이 완료되면 배관라인 입출구 사이에서 압력과 엔탈피의 변화가 크게 나타날 수 있고 2상(Two Phase) 유체가 흐를 가능성이 있는 추계통 라인 및 습분분리기 배수/배기 라인과 1, 2 단 재열기 배수/배기 라인 등에서 입구측과 출구측의 알고 있는 유량, 엔탈피, 압력 등을 이용하여 네트워크 해석(Network Flow Analysis)을 수행한다. 네트워크 해석을 수행하지 않더라도 CHECWORKS 전산코드에서는 수동으로 입력된 데이터를 이용하여 감속 해석을 수행할 수도 있지만 이는 보다 정확한 해석 결과를 얻기 위함이다. 네트워크 해석 결과는 컴포넌트별 Steam Quality, 압력, 온도, 엔탈피, 손실계수(Loss Coefficient) 등이며, 이는 배관감속 해석시 CHECWORKS 전산코드 내에서 자동적으로 반영된다.

수화학 해석과 네트워크 해석이 완료되면 최종적으로 배관 컴포넌트의 감속해석을 수행한다. 감속 해석에는 지금까지 입력된 모든 설계정보 및 운전이력과 수화학 해석, 네트워크 해석 결과가 반영되어 개별 컴포넌트별 평균 감속률, 현재 감속률, 현재두께, 최소요구두께, 최소요구두께까지의 잔여수명 등이 계산된다. CHECWORKS 전산코드 내에서 감속해석을 수행하는 기초이론은 Chexal-Horowitz Erosion-Corrosion 모델이며, 기본 수식은 다음과 같다.

$$W = F_1(T) * F_2(AC) * F_3(MT) * F_4(O_2) * F_5(pH) * F_6(G) * F_7(a) * F_8(N_2H_4) \quad (5)$$

여기서 W, F₁(T), F₂(AC), F₃(MT), F₄(O₂), F₅(pH), F₆(G), F₇(a), F₈(N₂H₄)은 각각 온도, 합금 함량, 물질전달, 용존산소, pH, 기하학적 형상, 공

극, 하이드라진 효과에 대한 인자를 나타낸다. 감속률에 영향을 미치는 상기 인자들 대부분은 많은 실험과 운전경험 데이터에 근거하여 각 인자들 간의 상관관계가 결정되고 보정 되었으며, 이러한 상관관계가 Chexal-Horowitz 모델에 반영되었다.

상기 인자들 중 단상 및 2상 유체 감속률에 모두 영향을 미치는 인자는 물질전달 인자로서 물질전달계수(Mass Transfer Coefficient : K)는 수리학 조건에 의존하며, 이는 식 (6)과 같이 무차원 Sh수(Sherwood Number)로 표현된다. Sh수는 일반적으로 식 (7)의 Re수(Reynolds Number)와 식 (8)의 Sc수(Schmidt Number)의 상관 관계식으로 나타낼 수 있다. 따라서 물질전달계수는 식 (9)와 같은 형태로 CHECWORKS 코드에 반영된다. 상수 a, b, c는 실험실이나 실제 운전 데이터로부터 구할 수 있다.

$$Sh = \frac{Kd}{D} \quad (6)$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad (7)$$

$$Sc = \frac{\nu}{D} \quad (8)$$

$$Sh = a Re^b Sc^c \quad (9)$$

여기서, d는 배관 직경, D는 유체 속 철이온의 확산계수(Diffusion Coefficient), V는 액상 유속, ν 는 동점도를 각각 나타낸다. 2상 유체인 경우 Re수는 유체 흐름 중에 포함된 액상의 유속에 의존한다. 식 (10)은 2상 유체에서 액상의 유속을 나타낸 것이다.

$$V = \frac{W(1-x)}{A\rho_f(1-a)} \quad (10)$$

여기서, W는 전체 질량유속, A는 배관 단면적, x는 건도(Steam Quality), ρ_f 는 액상 밀도, a는 공극률(Void Fraction)을 나타낸다.

3. DB 구축

3.1 글로벌 DB 구축

발전소 글로벌 DB란 CHECWORKS 전산코드를 활용한 감속해석 수행시 개별적으로 반영되는 데이터가 아니라 해당 호기의 2차측 배관에 전반적으로 적용되는 기초정보로서 상호 연계성을 가진다. 코드에 반영되는 글로벌 데이터로는 HBD

와 증기사이클 데이터, 발전소 운전주기(이력), 수화학 환경 등이 있다.

HBD는 해당 호기의 2차계통 주기와 배관계통의 배열 상황을 보여주는 것으로서 CHECWORKS 전산코드의 Heat Balance Editor 기능을 이용하여 모델링 하였다. HBD는 해석이 수행되는 배관을 가시적으로 나타내어 줌으로써 배관감속 해석 및 관리를 용이하게 할 수 있도록 도와준다.

증기사이클 데이터는 100% 전출력에서의 Heat Balance를 기준으로 하였다. 이는 국내 원전이 가저부하를 담당하므로 본 고의 대상 원전 역시 100% 전출력으로 운전된 것으로 간주해도 무리가 없는 것으로 판단되기 때문이다. 또한 CHECWORKS 전산코드는 하나의 운전주기에 대해 하나의 출력준위를 일치시켜야 하는 코드상의 한계도 존재한다. CHECWORKS 코드에서 운전주기는 배관감속 해석과 UT 데이터 해석 과정에서 배관감속률을 계산할 때 실제 운전시간을 반영하기 위하여 사용되며, 코드에는 운전기간(Cycle)과 계획예방정비기간(RFO : Refueling Outage)으로 입력된다. 운전기간 입력시에는 운전시작 및 종료시점과 실제 운전시간, 해당 운전주기에 대한 수처리 방식이 동시에 고려된다. 본 고에서 제시하고 있는 가압경수로형 원전은 19주기 그리고 가압중수로형 원전은 14주기에 대하여 운전주기별 수화학 환경, 출력준위 및 운전시간을 입력하였다. 여기서 각 주기에 대한 운전시간은 발전기 계통병입 상태에서 정상적인 출력운전이 이루어진 시간을 합산하여 입력한 것이다.

CHECWORKS 전산코드에 반영되는 수화학 인자는 pH, 용존산소농도, pH 조절용 아민농도, 하이드라진 농도 등이다. 복수계통에서의 Cold pH와 증기발생기 입구에서의 용존산소농도를 입력하고 아민의 종류를 선택한 후 수화학 해석을 수행함으로써 2차계통 증기사이클 내 전체 배관에서의 수화학 조건이 결정되고 결과가 각 배관 컴포넌트의 감속해석에 반영된다. 본 고에서 대상으로 하는 가압경수로형 원전은 제17차 계획예방정비 기간 이후 2차계통 수처리 방식을 기존의 암모니아 수처리에서 에탄올아민 수처리 방식으로 변경하였기 때문에 각각에 대한 수처리 데이터 평균값을 입력하였으며, 가압중수로형 원전은 암모니아와 몰포린의 복합 수처리방식을 적용하

고 있기 때문에 각 주기에 대한 수처리 데이터의 평균값을 입력하였다.

3.2 개별배관 DB 구축

감육해석 수행이 필요한 계통이 결정되면 원전 2차측의 배관관리를 용이하게 하기 위하여 배관 라인을 체계적으로 분류한다. 라인은 2차계통을 구성하고 있는 주기기 사이를 연결하는 배관을 의미하며, 코드에는 각 라인명, 계통, 상(Phase)의 형태, 라인그룹, 배관 클래스, 안전등급을 입력한다. 가압중수로형 원전의 라인 데이터베이스는 2차측 8개 계통 배관을 41개 라인그룹과 194개의 라인으로 구분하였다. 그리고 가압중수로형 원전의 라인 데이터베이스는 2차측 11개 계통 배관을 33개 라인그룹과 296개의 라인으로 구분하였다.

배관 라인을 체계적으로 분류하여 DB화 한 후에는 개별 배관 컴포넌트에 대한 각종 설계정보를 입력한다. 여기서 컴포넌트란 증기사이클의 주기기 사이를 연결하는 배관의 구성요소로서 노즐, 엘보우, 티, 리듀서, 익스펜더, 오리피스, 밸브, 직배관 등이 이에 해당된다. 컴포넌트 데이터에는 컴포넌트가 속해 있는 라인명, 컴포넌트명, 기하학적 형상, 공칭외경과 공칭두께, 스케줄, 재질, 설계압력과 온도, 보온재 종류 및 두께, 운전압력과 온도, 엔탈피, Steam Quality, 컴포넌트의 부위별 길이, 최소요구두께, 유량 등이 있으며, 모든 데이터는 배관감육 해석에 활용된다. 컴포넌트에 대한 데이터베이스 구축시 중요한 요소 중의 하나는 수 천 개에 달하는 컴포넌트를 서로 중복되지 않게 명칭을 부여해야 하며, 컴포넌트 명칭에 따라 해당 발전소의 계통과 Iso-drawing과의 관련성을 쉽게 파악할 수 있어야 한다.

4. 배관 감육해석 및 결과분석

CHECWORKS 전산코드를 활용하여 배관감육 해석을 수행하기 위해서는 단락 2.에서 언급한 바와 같이 수화학 해석과 네트워크 해석이 선행되어야 한다. 본 고에서 대상으로 하는 가압중수로형 원전은 제17차 계획예방정비 이후 2차계통 수처리 방식을 기존의 암모니아 수처리에서 에탄올 아민 수처리 방식으로 변경하였기 때문에 2회에 걸쳐 수화학 해석을 수행하였으며, 가압중수로형 원전은 복합 수처리 방식에 대하여 1회에 걸쳐

수화학 해석을 수행하였다. 네트워크 해석은 주기 라인, 습분분리 배수/배기 라인, 1, 2단 재열기 배수/배기 라인 등을 대상으로 수행하였다. 최종적으로 배관 감육해석은 상기에서 수행한 수화학 해석과 네트워크 해석을 기초로 하여 가압중수로형 원전은 8개계통 144개 라인 3,643개 컴포넌트에 대하여 수행하였으며, 가압중수로형 원전은 11개 계통 296개 라인 4,497개 컴포넌트에 대하여 수행하였다. 여기서 해석대상 계통 및 부위에서 차이가 나는 이유는 노형과 발전소 용량이 다르기 때문이다.

Fig. 2와 3은 가압중수로형 및 가압중수로형 원전에 대하여 감육해석을 수행한 결과로서 해석을 수행한 계통 중 대표적인 4개 Main 계통을 대상으로 감육률을 비교한 것이다. 이는 노형에 따른 감육현상의 심화 정도와 감육현상이 심하게 발생하는 배관계통을 확인해 보기 위함이다. 감육률이 큰 순서대로 1번부터 100번까지를 정렬해 본 결과, 전반적으로 가압중수로형 원전 2차계통 배관의 감육률이 가압중수로형 보다 큰 것으로 확인되었다.

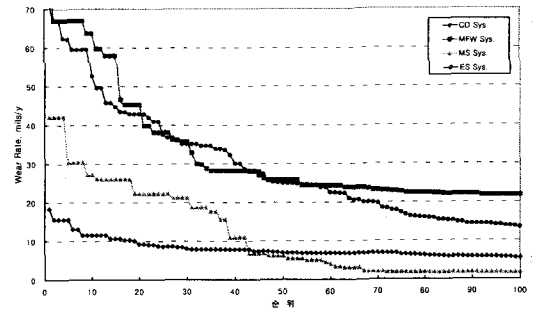


Fig. 2 Comparisons of Wear Rate (PWR)

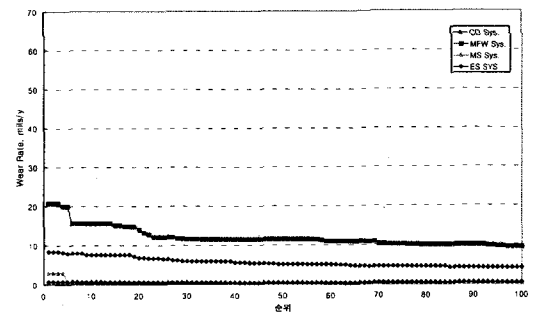


Fig. 3 Comparisons of Wear Rate (PHWR)

Table 1 Wear Rate Comparisons of Major Components by Systems

계통	가압경수로형			가압중수로형		
	부위(라인명)	기기명	감육률, mils/yr	부위(라인명)	기기명	감육률, mils/yr
복수계통	LP HTR 3 to D/A	Tee	18.353	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs	Tee	8.399
	LP HTR 3 to D/A	Nozzle	15.572	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs	Tee	8.194
	LP HTR 3 to D/A	Valve	15.572	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs-3A	Nozzle	7.981
	COND to CEP	Valve	13.071	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs-3A	Valve	7.981
	LP HTR 3 to D/A	Elbow	11.523	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs	Elbow	7.579
	LP HTR 3 to D/A	Elbow	10.612	LP HTR 3A/3B OUT TO VCDs	Elbow	7.579
주급수계통	HP HTR HDR TOWARD SG	Valve	63.673	BFP 2 DISCHARGE TO HDR(1/2)	Nozzle	20.678
	HP HTR HDR TOWARD SG	Valve	38.049	BFP 1 SUCTION FROM HEADER	Nozzle	15.593
	MFP to HP HTR 6(P1)	Tee	36.026	BFP 2 DISCHARGE TO HDR(2/2)	Valve	15.488
	HP HTR HDR TOWARD SG	Expander	35.657	BFP 3 DISCHARGE TO HDR(2/2)	Valve	15.488
	HP HTR HDR TOWARD SG	Expander	35.657	BFP 1 DISCHARGE TO HDR(2/2)	Valve	15.488
	HP HTR 6 to SG(P1)	Tee	32.773	HP HTRs SUCTION HEADER	Tee	14.988
주증기계통	HP TBN to MSR	Nozzle	42.125	MAIN STEAM TO SILENCER(SL3)	Valve	3.072
	HP TBN to MSR	Straight Pipe	30.319	MAIN STEAM TO SILENCER(SL4)	Valve	3.034
	HP TBN to MSR	Straight Pipe	27.094	MAIN STEAM TO SILENCER(SL3)	Nozzle	0.826
	HP TBN to MSR	Elbow	25.991	MAIN STEAM TO SILENCER(SL4)	Expander	0.822
	HP TBN to MSR	Elbow	25.990	MAIN STEAM TO SILENCER(SL2)	Nozzle	0.816
	HP TBN to MSR	Elbow	25.981	MAIN STEAM TO SILENCER(SL4)	Straight Pipe	0.753
추기증기계통	HP EXT. to HTR 5	Tee	71.696	LP TBN1 1ST EXT STM TO HDR02	Nozzle	0.702
	HP EXT. to HTR 5	Tee	67.003	LP TBN1 1ST EXT STM TO HDR02	Straight Pipe	0.558
	HP EXT. to HTR 5	Tee	67.003	LP TBN EXT STM HDR02	Tee	0.531
	HP EXT. to HTR 5	Tee	62.419	HP EXT STM SEP B1.2 TO HTR05A	Tee	0.52
	HP EXT. to HTR 5	Tee	62.156	HP EXT STM SEP B1.2 TO HTR05A	Tee	0.502
	HP EXT. to HTR 5	Nozzle	59.510	LP TBN EXT STM HDR02	Tee	0.497

그리고 상기 4개 계통 중 가압경수로형 원전은 주급수계통과 추기증기계통이 다른 계통보다 감육이 심하게 나타나는 것을 알 수 있었으며, 가압중수로형 원전은 주급수계통과 복수계통에서 감육률이 큰 것으로 확인되었다.

Table 1은 각 노형에 대하여 계통별 주요 컴포넌트의 감육률을 비교한 것으로서 각 계통별로 감육률이 큰 상위 6개 컴포넌트를 제시한 것이다. 가압경수로형 원전의 경우 각 계통별 감육률이 큰 것으로 계산된 배관부위는 다음과 같다.

- 복수계통 : 저압가열기 3번~탈기
- 주급수계통 : 고압가열기 6번~증기발생기
- 주증기계통 : 고압터빈~습분분리재열기관
- 추기계통 : 고압터빈~고압가열기 5번

가압중수로형 원전의 경우 각 계통별 감육률이 큰 것으로 계산된 배관부위는 다음과 같다.

- 복수계통 : 저압가열기 3번~VCD
- 주급수계통 : 주급수펌프 출구 배관
- 주증기계통 : 주증기 헤드~사이렌서
- 추기계통 : 저압터빈 출구 배관

상기에서 볼 수 있듯이 가압경수로형 원전과 가압중수로형 원전 2차계통 배관의 감육현상은 계통별로 정확히 일치하지는 않았지만 복수계통의 저압 가열기 3번 출구 배관라인과 주급수계통의 주급수펌프에서 증기발생기까지의 배관라인에서 감육률이 크게 계산되고 있다는 유사성을 확인할 수 있었다. 한편, 주증기계통에서는 가압중수로형 원전의 Vender 도면 정보부족으로 정확한 비교는 할 수 없었지만 온도저하에 따라 습분함량이 증가하는 배관라인에서 감육률이 크게 계산되고 있는 것도 확인할 수 있었다. 반면 두 노형 모두 각 계통에서 컴포넌트 형상에 따른 감육률은 일정한 경향을 보이지 않고 있었다.

Fig. 4는 CHECWORKS 코드로 해석한 결과의 타당성 검토를 위하여 가압경수로형 원전에서 확보한 3개 계통(주급수계통, 추기증기계통, 습분분리 재열 및 드레인계통) 66개 컴포넌트의 실측 데이터를 이용하여 구한 감육률과 CHECWORKS 코드의 결과물인 배관 컴포넌트별 감육률을 비교하여 제시한 것이다. 그림에서 +50% 선과 -50% 선은 EPRI에서 제시한 코드 해석결과의 유효범위를 제시한 것으로서 EPRI에서 많은 실험

과 실제 데이터를 코드해석 결과와 비교해 본 결과 대부분 상기 $\pm 50\%$ 범위 내에 포함된다는 것을 의미한다. 본 연구의 비교 결과는 코드 예측 값이 약간 위쪽으로 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 CHECWORKS 코드가 상기 3개 계통에서는 약간 보수적으로 예측하고 있음을 의미한다.

Fig. 5는 Fig. 4의 비교 결과를 감육률 순위에 따라 재정렬하여 도시한 것이다.

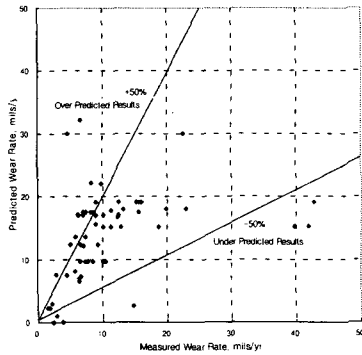


Fig. 4 Comparisons of Predicted and Measured Wear Rate

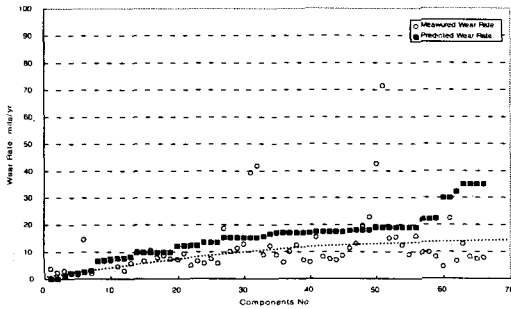


Fig. 5 Comparisons of Predicted and Measured Wear Rate by Ranking of Wear Rate

이는 CHECWORKS 코드를 이용하여 배관감육 현상을 해석한 결과가 최종적으로는 현장의 감육 배관 관리에 반영되기 때문에 본 결과를 이용하여 정립할 감육배관 관리체계가 적절한지의 여부를 확인해 보기 위함이었다. 그림에서 볼 수 있듯이 코드예측 결과는 몇 개 부위를 제외하고는 대부분 실측결과 보다 약간 보수적으로 계산되었으며, 배관라인 부위별 감육률도 유사한 경향을

보이고 있음을 알 수 있다. 여기서 예측치와 현저한 차이를 보이는 부위는 UT 측정예러, 제작공차, 다른 손상원인에 의한 두께감육 등으로 인한 오차인 것으로 추정된다. 상기 결과들로 미루어 볼 때 본 연구의 최종 결과물인 코드해석 결과와 과거 실측이력을 적절하게 반영하여 실제 원전 2차측의 감육배관 관리체계 정립에 활용할 경우 기존의 비효율적인 배관관리 방식보다 많은 시간과 소요인력을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 고는 CHECWORKS 전산코드를 활용하여 국내 특정 가압경수로형 원전과 가압중수로형 원전 2차측 주요 배관의 감육해석 수행 결과를 수록한 것으로서 감육해석 결과는 국내 원전 2차측 배관의 효율적인 관리방안 수립에 활용되기 때문에 결과의 유용성과 감육경향 분석에 중점을 두었다.

국내 두 가지 노형에 대하여 감육해석을 수행한 결과, 가압경수로형 원전에서는 주급수계통과 추기증기계통이 그리고 가압중수로형 원전에서는 주급수계통과 복수계통에서 감육률이 상대적으로 크게 계산된 것을 확인할 수 있었다. 또한 가압경수로형 원전과 가압중수로형 원전 2차계통 배관의 감육현상은 계통별로 정확히 일치하지는 않았지만 복수계통의 저압 가열기 3번 출구 배관라인과 주급수계통의 주급수펌프 출구에서 증기발생기까지의 배관라인에서 감육률이 크게 계산되고 있다는 유사성을 확인할 수 있었다. 그리고 가압경수로형 원전을 대상으로 수행한 해석결과를 실측 데이터에 근거한 감육률과 비교한 결과 전반적으로 실측치 보다 30% 정도 보수적으로 예측하고 있는 것을 확인하였으며, 컴포넌트 부위별 감육경향도 유사한 분포를 보이고 있었다. 이러한 결과에 미루어 볼 때 본 연구의 최종 목표인 2차측 감육배관 관리 표준기술체계 확립을 위하여 CHECWORKS 코드의 결과를 충분히 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) B. Chexal, 1998, CHECWORKS Application Manager, Version 1.0D, TR-103198-P3.