

중대사고경위 연계계산의 과정으로부터 얻은 입력 보완 경험 Experiences Learned from Input Generation for Linking to Severe Accident Scenarios

Ko Ryu, Kim[†], Sun Hee Park, Dong Ha Kim

Department of Thermal Hydraulic Safety Research, Korea Atomic Energy Research Institute
305-353, 150 Duckjin-dong, Yusong-ku, Daejeon, Korea

krkim@kaeri.re.kr, shpark2@kaeri.re.kr, dhkim8@kaeri.re.kr

1. *

설계 기준사고와 중대사고 같이 영역을 달리하는 두 코드간의 연계 계산은 오랫동안 많은 논의가 있어온 주제로, RELAP 과 MAAP[1], RELAP 과 CONTAIN, RELAP 과 MELCOR[2] 등 다양한 형태의 연계계산을 위한 시도가 있었으며 SCDAP/RELAP 과 같이 코드 차원에서 통합된 경우도 있다. 본 논문에서는 설계기준사고 해석코드인 MARS 와 중대사고 해석코드인 MIDAS 의 연계 계산을 위한 MIDAS 입력 작업 내용과 MARS 와의 출력데이터 연속성 비교 도중 발생했던 계산결과에 대한 차이점을 최소화 시키는 과정에서 행해졌던 MIDAS 입력조정작업에 대해 기술하고자 한다.

2. 연계 방법

설계기준 사고와 중대사고 코드간의 연계 방법은 SCDAP/RELAP 의 경우와 같이 일차계통 제어체적의 모델링을 RELAP 에게 의존하고 SCDAP 코드는 중대사고시 노심 계산만을 수행하기 위한 형태로 코드 차원에서 통합되어 병렬 계산의 형태를 취하는 경우가 있는가 하면, PVM 이라는 데이터 통신 툴을 사용하여 두 코드간에 필요한 데이터를 상호 정의한 뒤 이를 주고 받는 형식, RELAP - MAAP 과 같이 재실행과일을 작성하여 연계하는 방식 등 다양하다. 이러한 방식들은 각각 장단점이 있지만, 어느 경우든 MARS 또는 RELAP 등 설계기준 코드의 초기계산 결과를 MIDAS, MAAP 등의 중대사고 해석코드의 입력으로 사용한다는 점에서는 같다. 본 논문에서는 MARS 와 MIDAS 간의 연계방식으로 MARS 출력데이터를 받아서 이를 토대로 입력과일을 작성하는 방식을 사용한다.

일반적으로 MARS 코드의 구역화는 MIDAS 의 구역화에 비해 훨씬 상세하다. 이는 중대사고의 경우 원자로내 구조물 자체의 손상으로 인해 형태가 변경되는 등 정확한 거동 계산이 어렵고, 고온 고압의 극한 조건으로 인해 많은 불확실성을 내포하고 있어, 설계기준사고 해석과는 달리 대부분의 경우 중대사고 진행에 대한 경향을 파악하는 것에 목적을 두기

때문이다. 따라서 연계계산을 위해 서로 다르게 정의된 구역에 대한 연계(mapping)가 이루어져야 하며, 여기에는 단순히 여러 데이터를 취합하고 평균하는 과정 이외에도 제어체적의 모델링 차이에 따른 변수간의 의미 파악도 중요한 사항이다. MARS 나 MIDAS 는 발전소 모의를 위해 제어체적, 노심, 열구조물, 유로 및 제어논리 등을 사용하고 있어 많은 부분에서 비교적 용이한 연계가 이루어질 수 있는 반면, 제어체적의 경우 MARS 는 이상유동모델을 MIDAS 는 Pool-Atmosphere 개념에 바탕을 둔 Bbubble Rise 모델을 사용하고 있어 차이가 있다. 또한 노심에 대한 구분방식은 근본적인 차이가 있고 노심온도가 1000K 이상인 경우 입력작성에 여러가지 어려운 점들이 발생하여 그 이전에 중대사고 진입조건을 고려하였다. 마지막으로 MIDAS 입장에서는 처음부터 사고모의를 하는 것이 아니라 사고진행 도중에 연계하게 되므로 초기 입력에서는 사용하지 않던 입력이 추가로 필요하게 되며, 제어체적과 유로내의 유체 및 기체 속도, 제어체적 비평형상태에 대한 고려, 유로내의 압력 정의 문제, 열구조물 내부의 온도 분포등이 대표적 사항이다. MARS - MIDAS 간의 데이터 전달은 에너지형태로 전달됨이 바람직하지만, 현재 각 부서에서 많이 사용하고 있는 입력방식을 존중해 압력-온도 형태의 데이터 전달을 우선적으로 시도하였다.

3. 입력 보완

2 절에서 언급한 방법으로 MIDAS 입력이 작성되어 연계 계산을 수행하였으나 초기에는 많은 차이점이 발견되어 여기에 대한 논의가 있었다. 따라서 방법론의 건전성을 입증하기 위해 MIDAS 와 MIDAS 간의 연계 계산을 수행하여 방법론에 대한 검증을 하였으며, 이를 토대로 MAR 와 MIDAS 간의 연계 계산을 수행하였다.

3.1 power, 제어체적 모델

MARS 와 MIDAS 연계 계산에서 처음 발생한 문제는 사고진행의 속도이다. 이 차이점을 극복하기 위해 여러 각도에서 원인을 분석하였으며, 연계시점에서 MARS 코드가

MIDAS 코드에 비해 power 가 높음을 알 수 있었다. 이는 MARS 코드의 경우 보수적 계산을 위해 붕괴열에 의한 파워를 20%정도 높게 잡고 있어 일어난 현상이었으며, MIDAS 에서 MARS 와 power 를 맞추어 1 시간 정도의 중대사고 진행시간 차이를 해소하였다. 이외에도 원자로 및 공동에서의 수위에 대한 거동 분석결과 제어체적 상태를 비평형상태로 하여야 신뢰성 있는 결과가 얻어짐을 확인할 수 있었다.

3.2 가압기 PSRV 제어논리 및 영향분석

중대사고 진행에 영향을 미치는 것 중 가압기 상단의 PSRV 가 있다. PSRV 는 영광 5,6 호기의 경우 설정압력 175.8 Bar 에서 완전히 개방되며, 18.4% 낮은 압력에서 순간적으로 닫힌다. 즉, PSRV 의 개방시 격납건물내 방사능 누출이 발생함으로 설정압력까지 개방이 이루어지지 않지만 설정압력에 도달하면 100% 개방되고, 이후 압력이 감소함에 따라 141.46 Bar 까지 용수철의 탄성계수에 의해 서서히 닫히게 된다. PSRV 밸브 개폐방식은 가압기내 냉각재 재고량 크기와 밀접한 관계가 있음을 확인하였고, 가압기내 냉각재 재고량은 원자로가 고압인 상황에서 가압기내에 갇혀 있다 증기발생기 복구 등과 같은 사유로 노심이 냉각되면 노내로 흘러 들어와 중대사고 진행에 커다란 영향이 있음을 확인하였다.

3.3 DT 와 Vessel Failure

MIDAS 의 중대사고 원자로파손 모의는 DT 와 무관하지 않다. DT 를 크게 설정했을 때와 작게 설정했을 때 원자로 파손시점이 상당히 다르게 나타나게 되는 것을 쉽게 확인할 수 있는데, 이는 원자로 하반구에서의 순간 발생열의 크기와 관계가 있을 것으로 추측된다. DT 가 크게 설정되면 단위시간의 발생열이 커져서 용기가 쉽게 파손되며, 작게 설정되면 발생열도 작고, 하반구 내의 유체흐름에도 영향을 받아 쉽게 냉각되는 것으로 추측된다. 이러한 현상은 코드 계산 기법상 어쩔 수 없는 현상으로 생각되며, 원자로 내의 실제 현상도 불확실하여 정확한 결론을 얻기가 힘들었다. MARS-MIDAS 연계 계산에서 일관된 결과를 얻기 위해 다양한 DT 값으로 계산을 하였으며, 경험치에 의하면 0.3 초를 단위시간으로 설정했을 때 가장 일관된 계산결과를 보여주었다.

4. 결론

본 논문에서는 설계기준 사고 해석코드인 MARS 와 중대사고 해석코드인 MIDAS 를

연계하여 중대사고 경위를 모의함에 있어 행해졌던 MIDAS 입력작성과 계산 결과분석에 따른 입력보완작업에 대해 논하였다. 연계 초기에는 연계결과에 대한 회의가 많았던 것이 사실이며, 연계 방법이 정해지고 MIDAS-MIDAS, MARS-MIDAS 간의 연계가 이루어지면서 결과에 어느 정도의 신뢰성이 있음을 알 수 있었다. 본 논문에서 언급된 입력보완 작업은 어디까지나 경험적인 측면에서 이루어진 것이며, 앞으로 보다 정확한 검증 작업이 필요할 것으로 생각된다. 그림 1,2 는 MARS-MIDAS 코드간의 연계계산 결과 얻어진 power, 원자로 down comer 의 수위에 대한 비교 그래프이며 연계 계산이 잘 이루어지고 있음을 보여주고 있다.

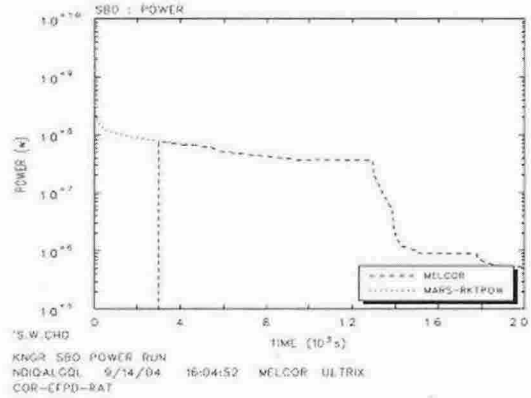


그림 1. MARS - MIDAS 출력 비교

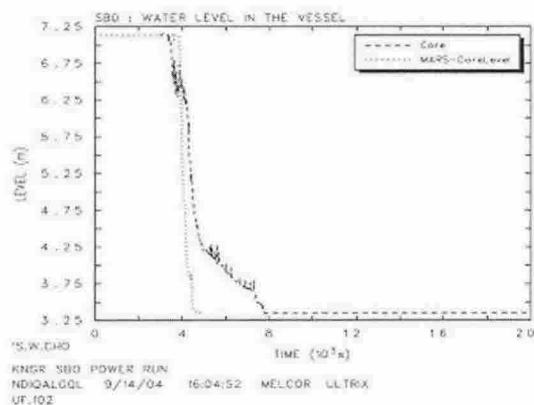


그림 2. MARS - MIDAS 수위 비교(D/C)

REFERENCES

[1] C. H. Park, S. M. lee, U. C. Lee and K. Y. Suh., Linked Calculation of RELAP5 and MAAP4 for a Large Break LOCA in APR1400, NURETH-10, p. 198, 2003.
 [2] R. K. Cole, Jr, Coupling of MELCOR to Other Codes under an Executive Program Using PVM Message Exchange, 2002 RELAP5 Users Seminar, Park City, Utah, September 4-6, 2002