

KNF-
SW-01

원전 노심설계 코드 패키지

설계연구실 이창규
T. 042-868-1450 E. cklee@knfc.co.kr

가압경수로형 노심의
안전성 · 운전성 · 경제성 확보를 위한
노심설계코드 패키지는 핵설계, 열수력 설계,
집합체 및 연료봉 설계 코드로 구성됨.

기술 내용

● 배경

- 원전 노심설계 코드 패키지를 이용하여 중성자 및 열수력 거동과 연료봉 건전성을 평가하고, 관련 안전해석 인자를 생산함. 정상 운전 시 연료봉 손상을 방지하기 위하여 노심의 3차원 출력 분포를 예측하고, 사고 발생 시 원전의 안전성을 확인하기 위한 자료를 생산함.

● 코드 구성 및 특징

- KARMA, ASTRA, THALES, ROPER 및 DYTRAC 등이 원전 노심설계코드 패키지의 주요 코드임. 핵설계 코드 체계(KARMA/ASTRA)의 구성 요소인 KARMA는 MOC 방법론을 채택하여 ASTRA에서 사용되는 균정수를 생산함. ASTRA는 SANM를 채택하여 정상 및 천이 상태에서 노심내 집합체 및 연료봉 출력분포를 3차원으로 계산하며, 노심의 동특성 인자를 생산하기 위하여 Adjoint 중성자속을 계산함. KARMA와 ASTRA 코드의 특징은 다음과 같음.

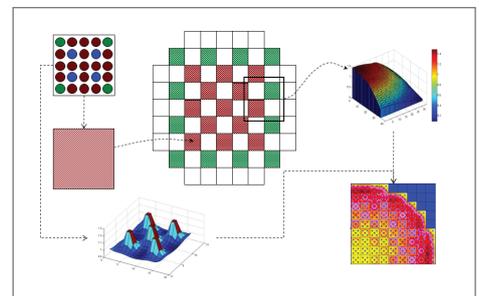
- KARMA(Kernel Analyzer by Ray-Tracing Method for Fuel Assembly) 코드

- Application of MOC (Method Of Characteristics)
- Application of CMFD(Coarse Mesh Finite Difference) acceleration method

- Power iteration method to solve eigenvalue problem
- Simplified one-dimensional model for reflector group constants
- Krylov subspace method using Taylor series expansion for depletion calculation
- Critical spectrum correction by B1 fundamental mode spectrum calculation

- ASTRA(Advanced Static and Transient Reactor Analyzer) 코드

- Two or multi-group calculation capability for steady or transient core
- Adoption of SANM(Semi-Analytical Nodal Method)
- Accurate simulation of control rod ejection using flux exponential transform

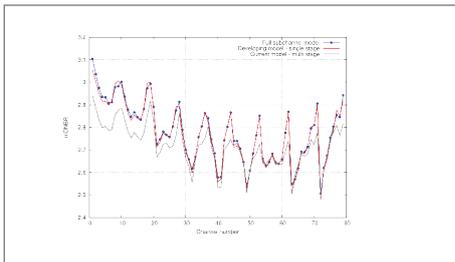


< KARMA/ASTRA 코드의 균질화 및
탈 균질화 방법 개념도 >

- 열수력 설계코드인 THALES는 가압경수로형 원전의 3차원 노심열수력 해석을 위한 부수로 해석코드로 균질 유동장에 대하여 질량, 운동량 그리고 에너지 보존 방정식을 풀어 연료봉의 건전성을 확인함. THALES 코드의 특징은 다음과 같음.

- THALES(Thermal Hydraulic Analyzer for Enhanced Simulation of Core) 코드

- Sub-cooled boiling and void drift flux model
- Stable convergence of core analysis model
- Accurate core analysis model
- Use of pressure gradient evaluation matrix
- PBCGM and Gaussian elimination solver
- Water/steam property: ASME, NIST, Simplified water/steam tables

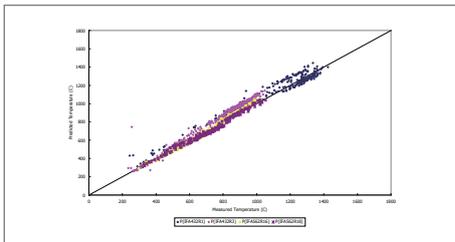


<THALES DNBR 예측 성능 >

- 연료봉 설계 코드인 ROPER는 연료봉의 건전성을 평가하기 위하여 연료봉의 중성자 조사 성능을 예측하고 설계 제한치의 만족 여부를 판단함. ROPER 코드의 특징은 다음과 같음.

- ROPER(Fuel ROD PERFORMANCE Analysis Code) 코드

- Single channel enthalpy rise model
- Fuel temperature with finite differential method
- Burnup degradation of fuel thermal conductivity
- Semi-mechanistic steady-state fission gas release
- Clad stress/strain analysis under generalized plain strain condition

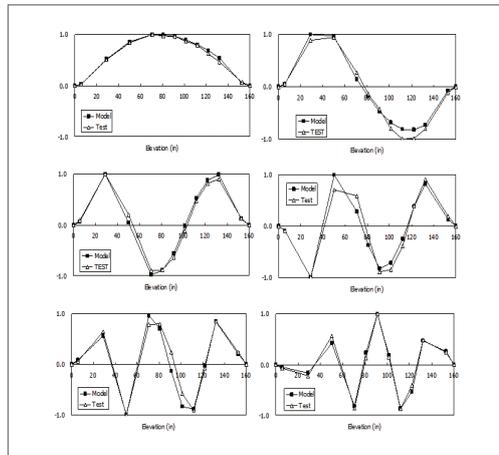


< ROPER 코드의 원자력연료 중심선 온도 측정치 및 예측치 비교 >

- DYTRAC은 발전소 지진 및 냉각재 상실 사고 시 집합체의 기계적 건전성 평가에 사용되는 유한 요소 해석 코드임. DYTRAC 코드의 특징은 다음과 같음.

- DYTRAC(DYNAMIC TRansient Analysis Code) 코드

- Fuel assembly detail analysis
- Beam-spring-mass simplified fuel assembly model
- Optimization design algorithm for the generation of simplified fuel assembly model
- Newmark-beta time integration for dynamic analysis
- Same simplified model for mixed core analysis



< 원자력연료 동특성에 대한 DYTRAC 단순모델 검증 >

기술 우수성

- 각각의 코드는 노심설계 및 해석을 위한 최신 방법론을 채택하고 있으며, 설계 절차를 단순화하기 위한 기능을 탑재하고 있음.
- 단순화된 설계절차와 코드 사용을 위한 입력 편의성을 증대하여 설계 오류를 최소화함.

기술 적용현황

- 신고리 3호기 2주기 재장전노심 설계
- 신고리 5·6호기 초기노심 설계
- UAE에 노심설계 기술 전수
- OPR1000 HIPER RTSR 설계

제공 가능 품목

- 각 설계분야 코드 시스템
- 노심설계기술 교육 및 매뉴얼
- 지속적인 코드 유지보수

기술완성도 (TRL)

- 양산 및 초기시장 진입

사업 방향

- 기술 이전
- 라이선싱
- 공동 연구
- 응역 수행
- 기타