

한국표준형원전 핵연료 재장전기의 궤적오차 보정방법 개선

Improvement of tracking error correction in the Refueling Machine
for KSNP

장상균, 임대현, 황정기, 김인용

한국전력기술(주)
305-353 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

요 약

한국표준형원전에서 노심내 핵연료 위치 검증은 장전된 핵연료의 진 위치가 기준값의 허용 범위내에 포함되는지 확인하는 것으로 원자로 상부안내구조물의 설치 여부를 판단하는 기술적 근거가 되며, 재장전시마다 중요한 절차가 된다. 핵연료 위치 검증에 앞서 핵연료 진 위치에 대한 위치 보정이 선행되어야 한다. 핵연료 위치 보정은 노심 슈라우드 상단 모서리 지점에서 초기노심 장전 전과 장전 후 핵연료 재장전기의 브리지 및 트롤리 궤적 오차를 보정해 줌으로서 수행된다. 본 논문에서는 브리지 및 트롤리 궤적오차 보정방법, 절차 및 문제점에 대해 기술하고, 이를 근거로 개선된 궤적오차 보정방법을 제시하였다. 개선된 보정방법의 적용결과는 이론적으로 보다 정확한 핵연료 진 위치값을 제공함으로써 핵연료 위치 검증의 정확성을 향상시키고 핵연료에 대한 안전성을 확보하며 재장전 효율성을 제고할 것으로 판단된다. 제시된 핵연료 위치 보정 및 검증방법은 상세 검토를 거쳐 한국표준형원전 및 차세대 원전에 적용할 예정이다.

Abstract

A positioning verification for fuel assemblies in the core for the KSNP shall be performed to check whether a true center position of the loaded fuel assembly will be located within allowable limits of a referenced point, which is a basis of decision to ensure proper engagement of the upper guide structure into the upper end fitting of the fuel assembly and thus is a critical procedure for every refueling sequence. A precise positioning correction prior to positioning verification for the fuel assemblies should be preceded. The positioning correction for the fuel assemblies is performed by compensating tracking errors of the bridge and trolley in the refueling machine at the top edge of the core shroud assembly between before initial fuel loading and after every fuel loading. This paper provides the current method and procedure for the tracking error correction and also improved ones about it. The results calculated from the improved correction will provide theoretically truer position for the fuel assemblies and it is expected to secure a safety of the fuel assemblies and to increase a refueling efficiency of the plant by accommodating the accuracy of positioning verification. This positioning correction and verification would be applied for the KSNP's under both operation and construction and KNGR after more detailed reviews.

1.0 서 론

현재 가동중인 한국표준형원전으로 영광 3,4호기와 울진 3,4호기가 있고, 영광 5호기가 2001년 9월 초기 노심 장전이 예정되어 있다. 노심 장전 후 핵연료 위치 보정 및 검증이 수행되어야 하는데, 이는 핵연료 장전 후 핵연료 중심의 진 위치에 대한 보정 및 보정된 핵연료의 진 위치가 허용기준 제한값을 만족하는지를 검증해 줌으로써 원자로 상부안내구조물을 설치하는 기술적 판단 기준이 된다. 노심내 핵연료 위치 허용기준은 핵연료와 관련된 원자로 내부구조물 및 운전기기의 설치 및 운전 관점 등 공학적인 경험을 기준으로 제시되었다[1]. 노심내 핵연료 위치 보정 및 검증은 노심 장전 전 핵연료 재장전기의 브리지 및 트롤리에 의해 측정된 노심 슈라우드 상단 모서리 지점 및 노심내 핵연료가 안착될 지점에서의 좌표값을 기준으로 수행된다. 노심 장전 후 핵연료 위치 좌표는 재장전기의 브리지 및 트롤리 궤적오차(tracking error)로 진 위치를 제공하지 못하고 있으므로 이에 대한 위치 보정이 필요하다. 본 논문에서는 한국표준형원전에 적용된 노심내 핵연료 위치 보정 및 검증방법에 대해 검토하고, 재장전기의 브리지 및 트롤리 궤적오차 보정에 대한 개선방안을 제시하고자 한다.

2.0 노심 및 핵연료 위치 설정

현행 핵연료 위치 보정 및 검증방법은 노심내 각 핵연료에 대해 핵연료 재장전기에 의해 수행되며, 재장전기에 의해 측정된 핵연료의 브리지 및 트롤리 좌표 위치는 핵연료 장전시마다 궤적오차를 갖게 되므로 이에 대한 보정이 요구된다. 여기서, 궤적오차는 초기 노심 장전 전과 노심 장전 후 노심 슈라우드 지점에서 핵연료 재장전기에 의해 측정된 브리지 및 트롤리 좌표값의 차로 정의된다[2]. 궤적 오차의 발생은 핵연료 집합체, 노심지지구조물, 핵연료 재장전기 레일, 재장전기의 운전관련 작동상태 및 절차 등에 기인한다고 판단되며, 관련 기기의 구성은 그림 1과 같다. 본 절에서는 궤적오차와 관련하여 노심 및 핵연료 위치 측정, 보정, 검증방법 및 절차를 검토하고자 한다.

한국표준형원전에서 제시하고 있는 노심내 핵연료 위치 검증 절차는 그림 2와 같다. 핵연료 위치 검증 절차를 위한 예비단계로 노심내 핵연료의 위치 좌표값이 계산된다. 2단계로 가동전 운전시험 기간중에 노심 슈라우드 기준점 및 각 핵연료의 안착지점에서의 위치 좌표 측정값이 설정되며, 3단계는 측정된 각 핵연료 좌표값에 대해 모의 핵연료를 사용하여 장전 시험이 수행된다. 마지막 단계에서는 초기 노심에 대한 핵연료 위치 측정, 보정 및 검증이 수행된다. 각 단계별 수행 업무는 다음과 같다.

2.1 노심내 핵연료 배치

노심내 핵연료 위치좌표에 대한 이론 계산값은 노심 중심선을 브리지 및 트롤리 기준(1778.00 cm, 1778.00 cm)으로 0° , 90° 방향 및 180° , 270° 방향으로 20.77 cm 만큼 각각 가감하여 계산하며, 노심내 핵연료 배치는 그림 3과 같다[3].

2.2 노심 위치 설정(Core Indexing)

노심 위치 설정은 핵연료 재장전기의 브리지 및 트롤리를 사용하여 노심 슈라우드 상단 모서리 8개 기준점 및 각 핵연료의 안착지점에서의 위치 좌표 측정값을 설정한다. 슈라우드 상단 모서리 지점 및 핵연료의 위치좌표 설정 목적은 설치된 노심지지 구조물내에 안착될 각 핵연료에 대한 핵연료 재장전기의 접근성을 확인하고, 노심 장전시 사용할 궤적오차를 결정하기 위함이다. 노심 위치 설정 절차는 다음과 같이 3 단계로 나누어 진행된다.

- 노심내 “설치후”(As-Built) 핵연료 위치 좌표 측정
- “설치후” 노심 슈라우드 상단 기준점 위치 좌표 측정
- 핵연료 재장전기 브리지 및 트롤리의 궤적오차 결정

1) 노심내 “설치후” 핵연료 위치 좌표 측정

노심내 “설치후” 핵연료 위치 좌표 측정은 노심 지지구조물 바닥의 핵연료 안착면에 핵연료 위치 설정용 치구(Core Mapping Fixture)를 설치하고 재장전기의 인양상자(Hoist Box)에 추(Plumb Bob) 혹은 레이저를 사용하여 노심내 각 핵연료 위치 좌표를 측정한다. 노심 위치번호 H8에 설치된 치구(Fixture)의 중심에 브리지 및 트롤리 좌표값을 (1778.00 cm, 1778.00 cm)으로 설정하여 위치 좌표의 측정 기준을 정한다. 핵연료 좌표의 측정은 재장전기 마스트 방향을 180° 로 수동으로 위치시킨 후 노심위치 번호 F1에서 시작하여 P8 까지 진행된다(그림 3). 노심 90° 방향에 위치하는 A6, A7, A8, A9, A10에 대해서는 마스트 방향을 90° 방향으로 위치시켜 노심 위치를 측정하여야 하는데, 이는 노심 슈라우드 집합체와 재장전기의 카메라가 충돌되지 않도록 하기 위함이다. 그림 3은 각 노심 위치에 대한 마스트 및 카메라 방향에 대해 제시하고 있다. 노심 0° 및 270° 방향에 대해서도 앞서 기술한 방법과 동일하게 수행한다. 이 과정에서 노심 중심 위치(H8)에서의 재장전기 카메라 위치를 0° 90° 180° 270° 로 회전하면서 좌표값을 측정하여 동일 지점에서의 브리지 및 트롤리 측정 오차 제한값(TIR, Total Indicator Runout)이 3.2 mm 범위내 존재하는지에 대해서도 확인하게 된다[4].

2) “설치후” 노심 슈라우드 상단 기준점 위치 좌표 측정

“설치후” 노심 슈라우드 모서리 위치 좌표 측정은 그림 3에서 보여주는 바와 같이 재장전기와 측정자를 사용하여 노심 위치 F2, K2, B6, P6, B10, P10, F14, K14 (그림 3 ●표시)에 근접한 노심 슈라우드 모서리 8지점에 대한 브리지 및 트롤리 위치 좌표를 측정하는 것이다. 각 모서리에서의 좌표는 지정된 핵연료(그림 3 +표시) 중심선에서 노심 슈라우드 벽면까지의 거리를 측정하여 계산한다. 측정시 재장전기의 마스트 방향은 그림 3에 맞게 설정되어야 한다. 노심 위치 F2, K2에 근접한 노심 슈라우드 모서리에서의 좌표 측정은 마스트를 180° 방향으로 위치시켜 측정한 값이며, F14, K14에서의 좌표 측정은 0° 방향에서의 측정값이다. B6, P6, B10, P10에서의 좌표 측정은 각각 90° 180° , 180° 270° , 0° 90° , 0° 270° 에서의 측정값이다. 가동중인 한국표준형원전에서는 B6, P6, B10, P10에서 측정된 좌표값만이 노심 장전후 재장전기 브리지 및 트롤리의 궤적오차 보정시 기준값이 된다.

3) 핵연료 재장전기 브리지 및 트롤리의 궤적오차 결정 및 평가

2.2절의 2)에서 측정된 자료를 사용하여 브리지와 트롤리의 궤적오차를 결정하며 노심 슈라우드 기준 핵연료 상단 고정체의 진 위치값을 보정해 주는 자료가 된다. 궤적오차의 측정 방법은 상기 1)항에서 사용한 핵연료 위치 설정용 치구 및 추를 사용하지 않고, 카메라의 십자선(Reticle)를 사용한다. 브리지 및 트롤리의 궤적오차 측정 및 계산은 재장전기의 설계 요건에 따른 기기의 기능요건을 검토하기 위한 기준이며, 허용기준은 재장전기 설계시방서에 따른다. 브리지 및 트롤리 궤적오차의 측정방법 및 허용기준은 표 1과 같다. 브리지 및 트롤리의 궤적오차는 재장전기의 레일 대비 원자로 및 내부구조물의 방향성이 오차의 주요 원인으로 예상할 수 있는데, 이는 각 기기의 설치공차에 기인한다.

표 1 브리지 및 트롤리의 궤적오차의 측정방법 및 허용기준

항 목	측정 방법	허용기준
브리지 궤적오차	-A6, R6 (마스트가 0° 위치) 근접 노심 슈라우드 모서리에서의 트롤리 좌표값의 차 -A10, R10 (마스트가 180° 위치) 근접 노심 슈라우드 모서리에서의 트롤리 좌표값의 차	0.24 cm
	마스트 위치 0° 및 180° 에 대해 트롤리 좌표값 차의 이탈(Offset)값	0.07 cm
트롤리 궤적오차	-K1, K15 (마스트가 90° 위치) 근접 노심 슈라우드 모서리에서의 브리지 좌표값의 차 -F1, F15(마스트가 270° 위치) 근접 노심 슈라우드 모서리에서의 브리지 좌표값의 차	0.64 cm
	마스트 위치 90° 및 270° 에 대해 브리지 좌표값 차의 이탈값	0.07 cm

2.3 모의 핵연료 장전 시험

핵연료 재장전기 및 모의 핵연료를 사용하여 핵연료가 장전되어야 할 위치에 대한 접근성, 핵연료 재장전기와 노심과의 연계사항 및 재장전기의 기능 점검을 수행하게 된다. 시험운전 기간 중에 각 핵연료에 대한 노심내 “설치후” 위치 측정 좌표값을 기준으로 장전 및 인출을 수행하고 실제 측정된 브리지 및 트롤리의 좌표값이 허용기준 0.079 cm을 만족하여야 한다. 마스트 방향 및 장전 순서는 노심내 “설치후” 핵연료 위치 좌표 측정시 순서와 동일하며, 카메라 앵글은 핵연료의 체결을 확인하도록 기울어져 있어야 한다.

2.4 노심 장전후 노심 슈라우드 모서리 위치 좌표 측정

핵연료 장전후 노심내 핵연료 위치 검증이 필요하다. 상부안내구조물을 설치하기전 핵연료 상단 고정체의 외각 안내 포스트와 상부안내구조물 안내 튜브의 접촉시 핵연료 손상 가능성을 확인하기 위한 방법으로 핵연료 재장전기와 카메라를 사용하여 노심내 각 핵연료의 위치 좌표를 확인한다. 2.2절에서 제시된 “설치후” 핵연료 위치 좌표 및 노심 슈라우드 모서리 (B6, P6, B10, P10)에서의 위치 좌표가 기준값이 된다. 장전후 각 모서리에서의 좌표 측정은 마스트의 방향을 180° 로 하고 노심 위치 P10에 근접한 노심 슈라우드의 모서리에 카메라의 십자선 위치를 일치시킨다. 이때 재장전기의 마스트 방향은 핵연료 인출 및 장전시와는 다른 방향에서 놓이게 되며, P10에서의 “설치후” 노심 슈라우드 모서리 좌표값으로 초기화한다. 따라서 카메라의 십자선 위치가 브리지 및 트롤리의 위치 좌표가 된다. 동일한 방법으로 B10에 근접한 노심 슈라우드의 모서리 좌표값을 측정한다. 이때 B10에서의 좌표값을 “설치후” 노심 슈라우드 모서리 좌표값과 비교하여 궤적오차를 계산할 수 있는데, 허용기준 0.7 mm를 만족하여야 한다. 핵연료 좌표값의 측정 순서는 그림 4와 같이 지역별로 나누어 측정된다. 다음 순서로 노심내 0° 방향인 Region I 에서의 핵연료 9열부터 15열까지의 좌표값을 측정한다. 이때 행 A, R에 위치하는 핵연료는 제외한다. 노심내에 장전된 각 핵연료 좌표값은 가동전 시험운전중에 측정한 “설치후” 핵연료 위치 좌표값과의 차가 허용기준 7.62 mm를 만족하여야 한다. 동일한 방법으로 노심 180° 방향 Region II에 대해서는 P6, B6에서의 모서리 측정 좌표값의 이탈이 브리지 및 트롤리의 궤적오차가 된다. 이 지역에서는 노심내 핵연료 위치 1열로부터 8열까지의 좌표값을 측정한다. Region III에서는 P10, P6에서의 모서리가 기준점이 되며, 노심내 핵연료 행 R에서의 핵연료 좌표값을 측정한다. Region IV에서도 B10, B6에서의 모서리가 기준점이 되며, 노심내 핵연료 행 A에서의 핵연료 좌표값을 측정한다. Region III, IV의 궤적오차도 기준점으로부터 브리지 트롤리의 이탈값으로 계산된다.

3.0 궤적오차 보정방법 및 절차

가동중인 한국표준형원전에 적용된 궤적오차의 허용기준, 보정계수의 계산 및 적용방법에 대해 기술하고자 한다. 궤적오차에 대한 보정절차는 그림 5에서 제시하고 있다.

3.1 허용기준

핵연료 노심 장전후 핵연료의 “설치후” 위치값 대비 “실제” 위치 값을 측정하여 궤적오차가 허용기준을 만족하는가를 확인할 수 있다. 노심내 핵연료 위치 검증을 위한 허용기준은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{좌표 차이값} &= |2^* - 1^*| \leq \text{허용기준(**)} ; \text{보정계수 보정전 허용기준} \\ &= |4^* - 1^*| \leq \text{허용기준(**)} ; \text{보정계수 보정후 허용기준} \end{aligned}$$

여기서,

- 1* : 핵연료 재장전기의 브리지/트롤리 “설치후” 위치(가동전 시험운전중 측정)
- 2* : 핵연료 재장전기의 브리지/트롤리 “실제” 위치(노심 장전후 측정)
- 3* : 보정계수(Correction factors)
- 4* : 보정계수로 조정된 값($4^* = 2^* + 3^*$)

허용기준(**) :

- 장전된 핵연료의 브리지 트롤리 좌표값의 이탈 ≤ 7.62 mm

3.2 보정계수의 계산

보정계수의 계산은 노심내 각 지역별로 다음과 같이 계산된다(그림 4).

$$\text{보정계수} = \frac{\text{Tracking Error}}{2 \times N_i} \times [2n-1] \quad (1)$$

여기서,

- N_i : Number of core cells
(Region I : $N_I = 13$ for Bridge and Trolley,
Region II : $N_{II} = 13$ for Bridge and Trolley,
Region III : $N_{III} = 5$ for Bridge,
Region IV : $N_{IV} = 5$ for Bridge)
- i : Core region
- n : Serial number of core cell ($n=1, 2, \dots, N_i$)
- Tracking Error = $2^* - 1^*$ (Const.)

3.3 궤적오차 보정계수 적용 방법의 문제점

노심 지역(I, II, III, IV)별로 브리지와 트롤리의 궤적오차를 보정해 주게 된다. 노심지역 I의 경우, 노심 0° 방향으로 9열에서 15열까지 위치하는 핵연료(그림 4 참조)에 해당되며, 노심위치 P10, B10에서의 “설치후” 노심 슈라우드 모서리 위치 좌표에 대해 초기 노심 장전전과 노심 장전 후 실제 측정 좌표값의 차가 브리지 및 트롤리의 궤적오차가 된다. 궤적오차의 보정방법은 3.2절에서 제시하고 있다. 보정계수의 계산식은 동일 행 및 열에 위치하는 핵연료에 대해 브리지 및 트롤리의 궤적오차 보정을 브리지 좌표 방향에 따라 모두 동일하게 적용하고 있다(그림 6 참조). 트롤리 좌표 방향에 대한 궤적오차(ΔT)는 핵연료 각 행에 위치하는 핵연료에 대해 동일 보정계수(그림 6의 **)를 적용하고, 각 열에 따라 비례적으로 적절히 보정 해주고 있다고 판단된다. 브리지 좌표 방향에 대한 궤적오차(ΔB)는 각 행에 위치하는 핵연료에 대해 일정값(그림 6의 *)으로 보정해 주고 있어 트롤리 이동에 따른 오차를 핵연료에 따라 비례적으로 보정(그림 7의 *)해 주지 못하는 단점이 있어 정확한 보정이 이루어지지 못하였다. 따라서 노심 위치 설정시 궤적오차 보정의 기준점이 되는 “설치후” 노심 슈라우드 모서리 위치 좌표 측정을 현행 B6, P6, B10, P10에 F2, K2, F14,

K14를 추가하여 브리지 좌표 방향에 대한 궤적오차를 정확히 보정해 줄 필요가 있다. 트롤리 좌표 보정의 경우는 B6, P6, B10, P10에서의 궤적오차를 고려하여 보정계수를 계산하고, 브리지의 경우는 F2, K2, F14, K14에서의 위치좌표를 기준점으로 고려하여야 한다.

4.0 궤적오차 보정 및 검증방법 개선

정확한 궤적오차를 보정해 주기 위하여 브리지 및 트롤리 좌표 보정은 적용지역에 따라 노심내 지역을 2지역으로 나누는데, 트롤리 좌표 보정계수 적용시는 그림 8에서 제시한 바와 같이 90° -270° 방향선에 따라 노심 0° 방향과 180° 방향으로 2등분하여 각각의 기준점은 B10, P10 및 B6, P6으로 한다. 이와 마찬가지로 브리지 좌표 보정계수 적용시는 0° -180° 방향선에 따라 노심 90° 방향과 270° 방향으로 2등분하여 각각의 기준점은 F2, K2 및 F14, K14로 계산하여 적용한다.

4.1 트롤리 좌표 보정계수의 계산 및 적용

트롤리 좌표에 대한 보정계수의 계산은 노심내 각 지역별로 그림 8에서 제시한 바와 같이 90° -270° 방향선에 따라 노심 0° 방향과 180° 방향으로 2등분하여 각각의 기준점은 B10, P10 및 B6, P6이 된다. Region I에 대해서는 B10, P10 기준점에서의 브리지 궤적오차, 즉 트롤리 좌표 오차(ΔT)를 식(2)처럼 계산하여 각 행에 위치하는 핵연료에 대해 열의 방향으로 비례적으로 보정해 준다. Region II에서는 기준점 위치 B6, P6를 사용하여 ΔT 를 계산하며, 적용절차는 Region I과 동일하다. 노심내 핵연료 좌표 측정은 Region I, II에서 각각 마스트 위치 180°, 0° 방향에서 카메라 십자선 중심을 핵연료 중앙 포스트에 맞추어 측정한다.

$$\text{보정계수} = \frac{\text{Tracking Error}(\Delta T)}{2 \times N_i} \times [2n-3] \quad (2)$$

여기서,

N_i : Number of core cells

Region I : $N_I = 13$ for Trolley

Region II : $N_{II} = 13$ for Trolley

I : Core region

n : Serial number of core cell (n=1, 2, ..., 15)

Tracking Error = $2^* - 1^*$ (Const.)

4.2 브리지 좌표 보정계수의 계산 및 적용

브리지 좌표에 대한 보정계수 계산도 트롤리 좌표 보정방법과 동일하며, 그림 9에서 제시한 바와 같이 0° -180° 방향선에 따라 노심 90° 방향과 270° 방향으로 2등분하여 각각의 기준점을 F2, F14 및 K2, K14로 정한다. Region I에 대해서는 F2, F14 기준점에서의 트롤리의 궤적오차, 즉 브리지 좌표 오차(ΔB)를 계산하여 식(3)처럼 계산한다. Region II에서는 기준점 위치 K2, K14를 사용하여 ΔB 를 계산하며, 적용 방법은 Region I과 동일하다. 노심내 핵연료 좌표 측정은 Region I, II에서 각각 마스트 위치 270°, 90° 방향에서 카메라 십자선 중심을 핵연료 중앙 포스트에 맞추어 측정한다.

$$\text{보정계수} = \frac{\text{Tracking Error}(\Delta B)}{2 \times N_i} \times [2n-3] \quad (3)$$

여기서,

N_i : Number of core cells

Region I : $N_I = 13$ for Bridge

Region II : $N_{II} = 13$ for Bridge

i : Core region

n : Serial number of core cell ($n=1, 2, \dots, 15$)

Tracking Error = $2^* - 1^*$ (Const.)

5.0 결 론

한국표준형원전에서 노심 장전 후 요구되는 핵연료 위치 보정 및 검증방법을 검토하고, 위치 보정방법에 대한 개선안을 제시하였다. 핵연료 위치 검증에 앞서 수행되는 위치 보정은 핵연료 재장전기 브리지 및 트롤리의 궤적오차를 보정해 줌으로써 수행된다. 현행 궤적 오차 보정시 브리지 및 트롤리가 $90^\circ - 270^\circ$ 방향 이동시의 궤적오차를 $0^\circ - 180^\circ$ 방향의 브리지 좌표 오차 보정에도 적용하고 있어서 $0^\circ - 180^\circ$ 방향으로 설치되는 핵연료의 브리지 좌표 오차 보정시 정확성의 결여가 문제점으로 지적되었다. 따라서 트롤리 및 브리지 각각에 대해 노심 슈라이드 모서리 부분 기준점, B6, P6, B10, P10외에 4지점 (F2, K2, F14, K14)을 추가하여 각 지역별 보정방법 및 절차를 개선하였다. 개선된 보정방법의 적용결과는 이론적으로 보다 정확한 핵연료 진 위치값을 제공함으로써 핵연료 위치 검증의 정확성을 향상시키고 핵연료에 대한 안전성을 확보하며 재장전 효율성을 제고할 것으로 판단된다. 제시된 핵연료 위치 보정 및 검증방법은 상세 검토를 거쳐 한국표준형원전 및 차세대 원전에 적용할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] YDR-ME-15, Design Review Meeting- Fuel Handling System
- [2] N0594-ME-OG170-09, Operations Guidelines for Refueling Operations
- [3] 도면 E-N0594-911-008, Fuel and CEA Location, Cont. Building and Fuel Building
- [4] N0594-ME-DS911-00, Design Specification for Fuel Handling System

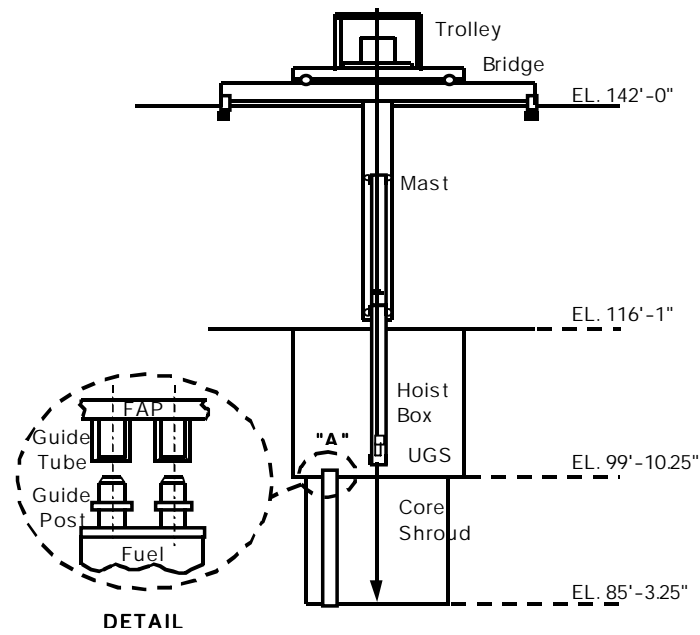


그림 1 궤적오차 연계부품

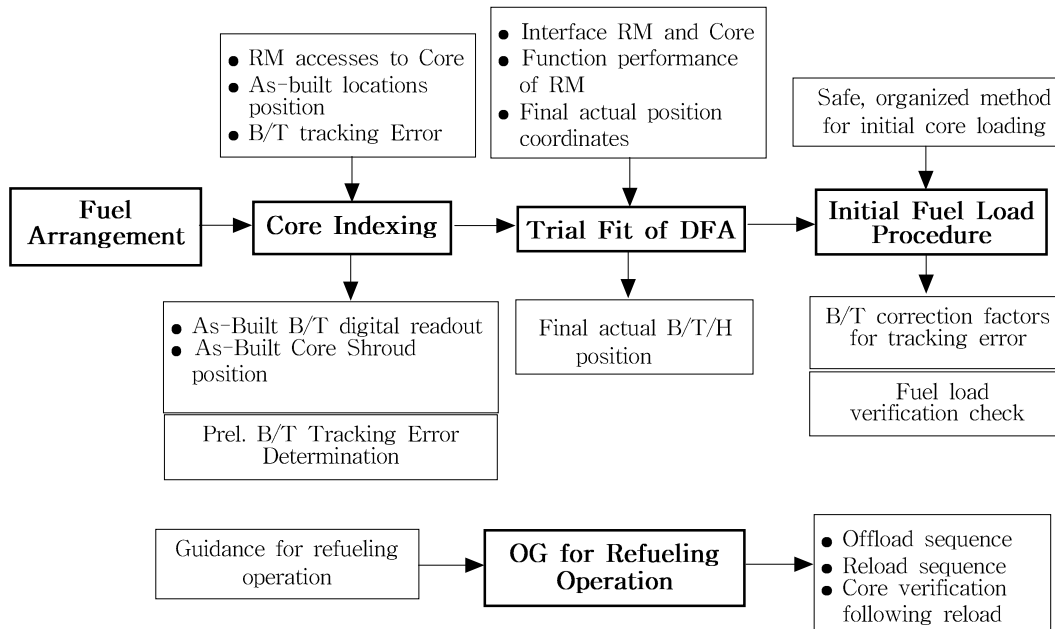


그림 2 궤적오차 검증 업무 수행절차

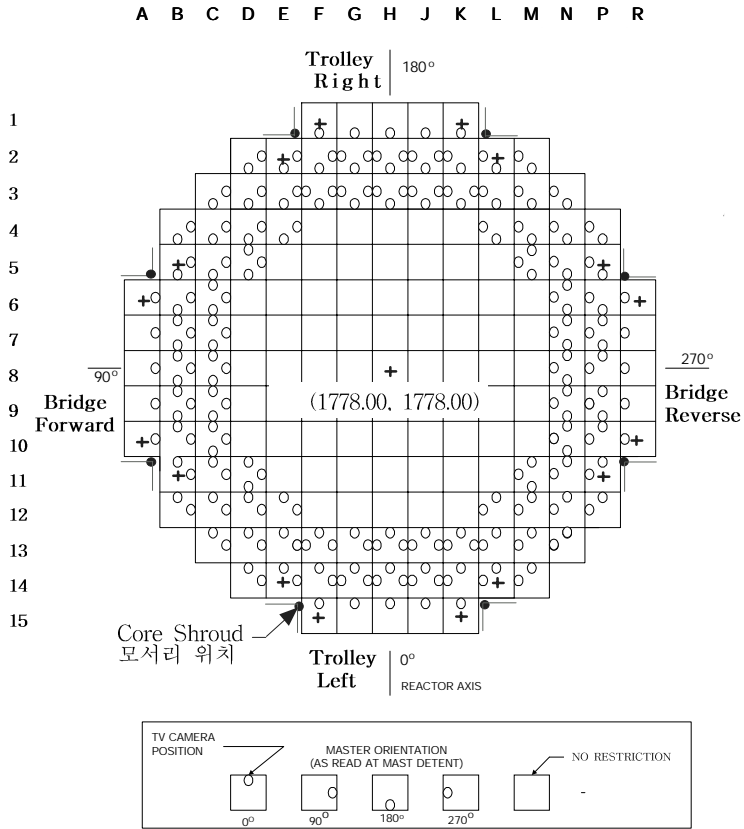


그림 3 노심내 핵연료 배치

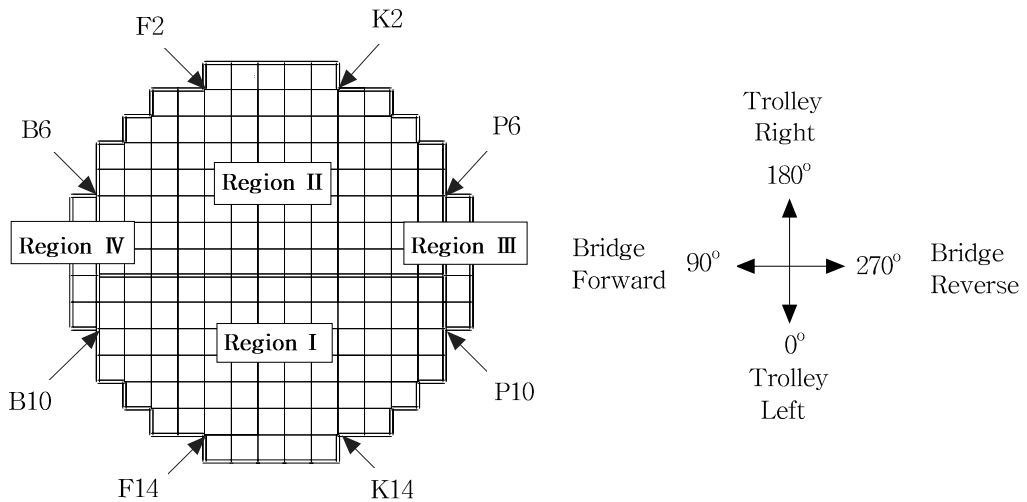


그림 4 브리지 트롤리 보정계수 적용을 위한 노심 Region (기존방식)

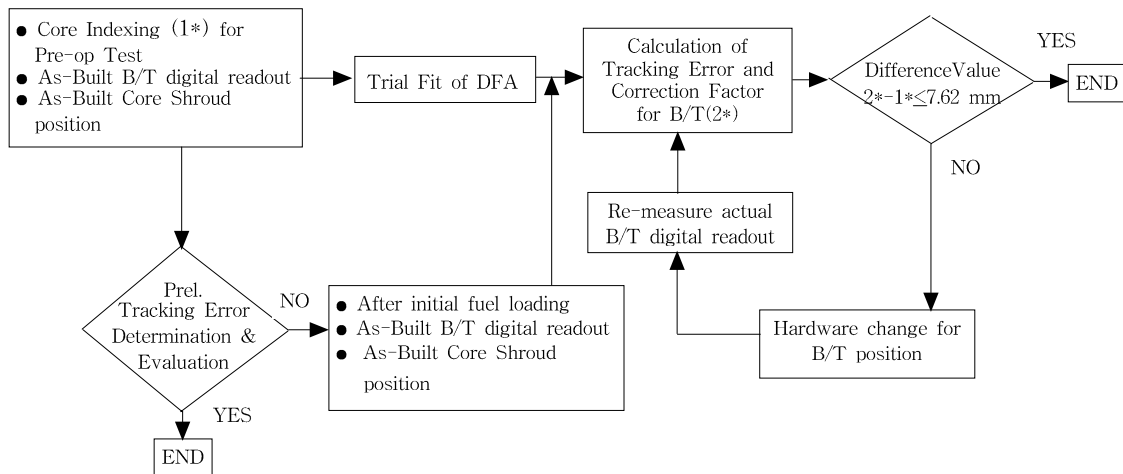


그림 5 궤적오차 보정절차

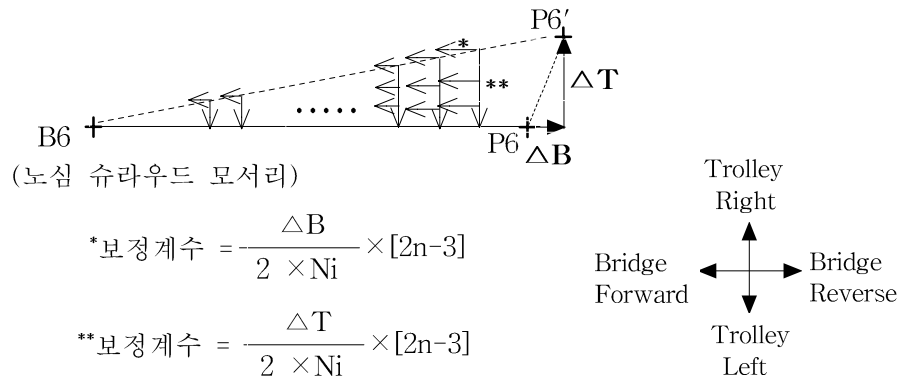


그림 6 보정계수 적용(기존 방식)

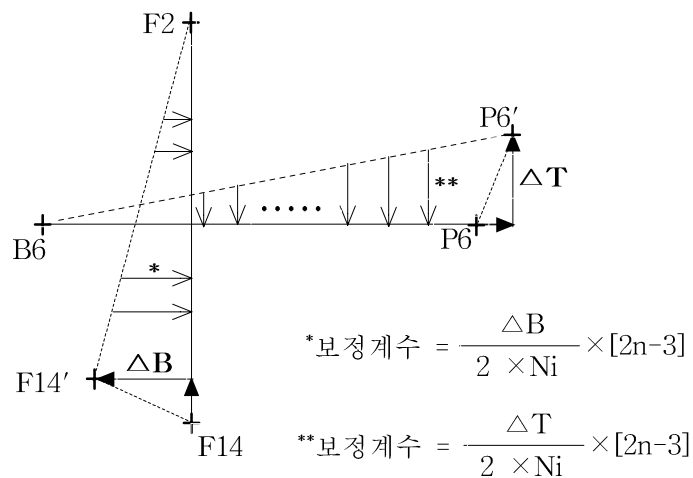


그림 7 보정계수 적용(개선 방식)

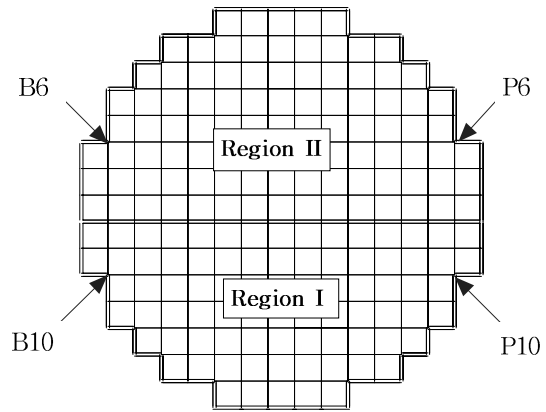


그림 8 트롤리 좌표 보정계수 적용

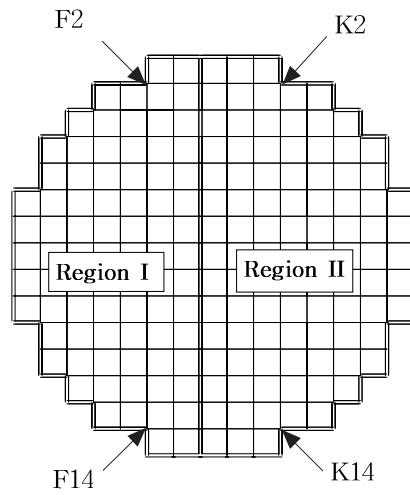


그림 9 브리지 좌표 보정계수 적용