

A Sensitivity Study on Number of Rail Clamp

레일 클램프 수에 따른
민감도 평가

2024. 10. 25

Kepeco E&C 이성규



목 차

1 개요

2 평가 방법 및 결과

3 결 언



개 요

1. 개요

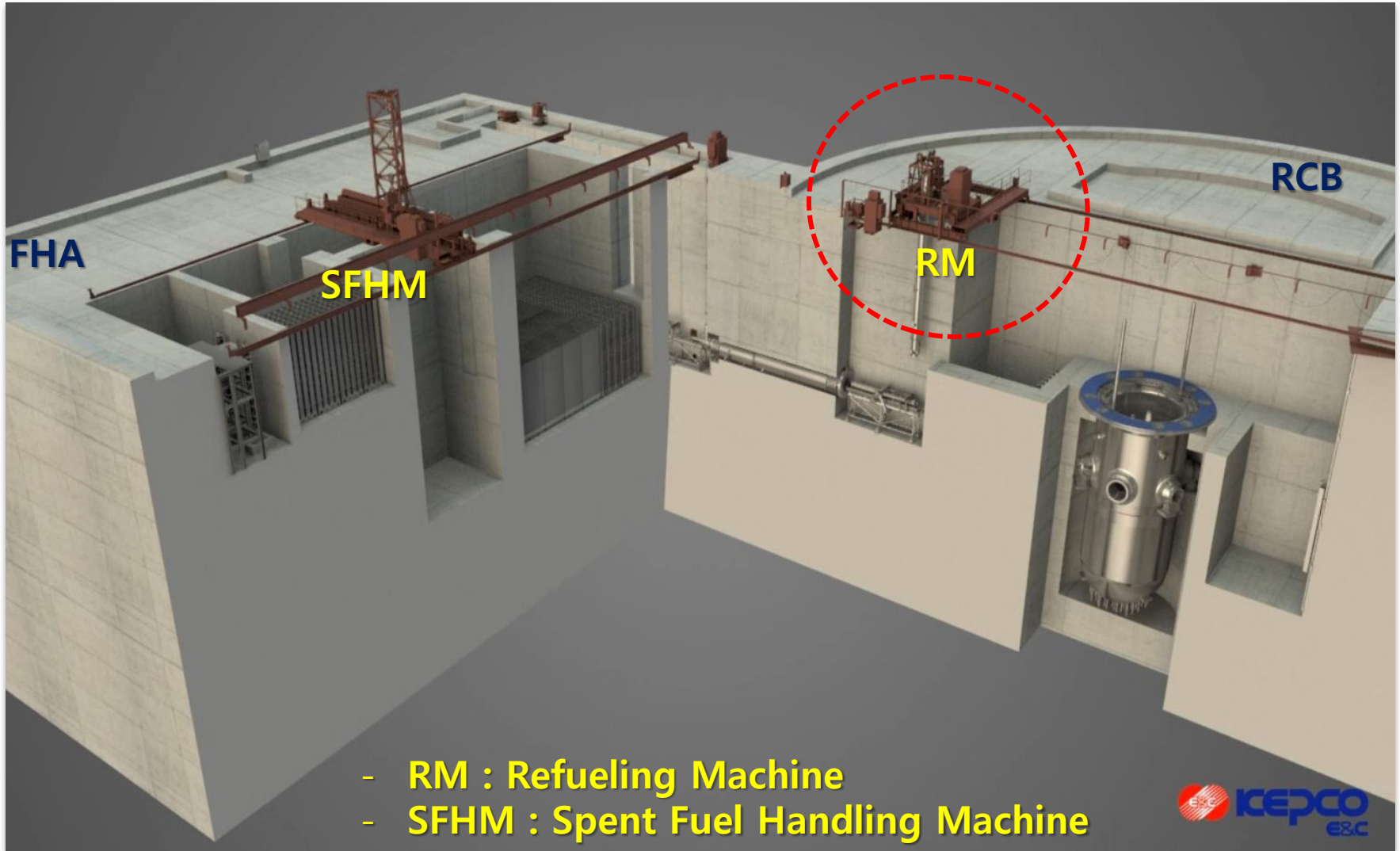
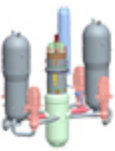
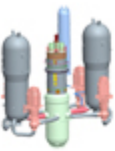


그림 1. 원자로건물 및 연료취급지역 기기 배치(APR1400)

1. 개요



■ Refueling Machine 구성

- Bridge, Trolley, Hoist, **Bridge Rail**, Trolley Rail, etc

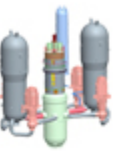
(blank)

(blank)

그림 2. RM 구성

그림 3. Bridge Rail 현장사진

1. 개요



■ Rail Configuration

- Standard Specification for Crane Rails; Hot Rolled Flat Bottom Crane Rails(Type A); Dimensions, Section Parameters and Steel Grades, DIN 536-1

A55 RAIL

DIN 536

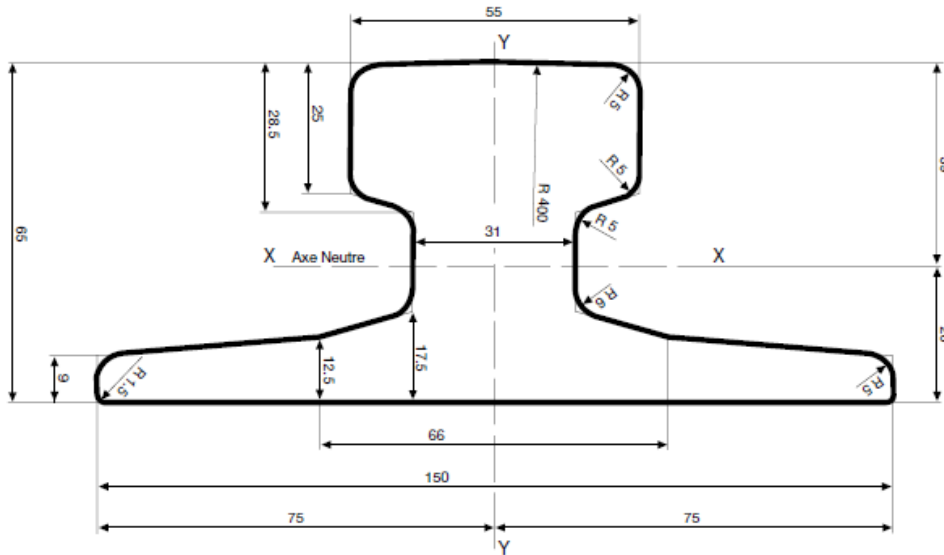


그림 4. A55 Rail 치수

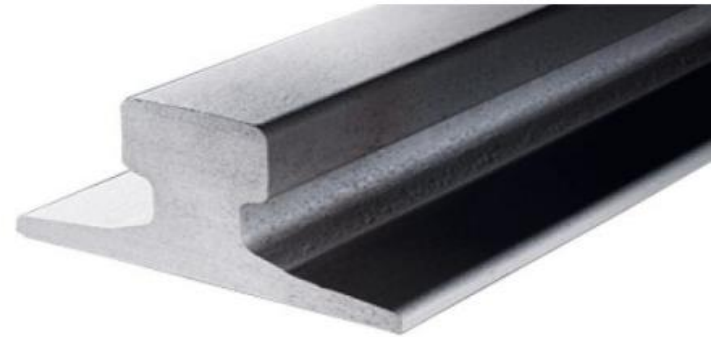


그림 5. A55 Rail 그림

MECHANICAL PROPERTIES

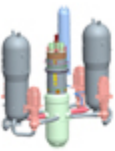
| | | | |
|--|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Tensile Strength (Min.): N/mm ² | 690 | Section Modulus - Foot: | 68.5 cm ³ |
| Yield Point (Min.): N/mm ² | 355 | Section Modulus - Head: | 45.6 cm ³ |
| Moment of Inertia: I _x | 178.0 cm ⁴ | Elongation (%): | 12 min. |
| Moment of Inertia: I _y | 337.0 cm ⁴ | Area: | 40.5 cm ² |
| Standard Length: | 12.00 m | Calculated Mass: | 31.8 kg/m |

CHEMICAL COMPOSITION (%) Indicative

| | | | | |
|---------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|
| Carbon | Silicon | Manganese | Phosphorus | Sulphur |
| 0.40 - 0.60 | < 0.35 | 0.80 - 1.20 | < 0.045 | < 0.045 |

그림 6. A55 Rail Properties

1. 개요



■ Refueling Machine Rail 구성

- Rail 구성 : Rail, Rail Clamp, Stud, Nut, Alignment Plate, Grout, Embedment Plate
- Rail 길이 : 약 10000mm × 4EA
- Rail 연계 기기 : Wheel, Holddown Bracket
- Rail 설치 순서
: Embedment Plate 설치 → Embedment Plate에 Nut 용접 및 Stud 설치 → Alignment Plate 설치
→ Grout 설치 → Rail 설치 → Rail Clamp 설치 (설치기간 약 2주 이상 소요)

(blank)

(blank)

(blank)

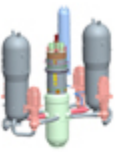
그림 7. Rail 구성 및 단면

그림 8. RM Wheel

그림 9. RM Holddown Bracket

✓ 레일 설치에 따른 비용 및 시간 단축방안으로 레일 클램프 수에 따른 민감도 평가(Sensitivity Study) 수행

1. 개요



■ Refueling Machine Wheel Load

- 하중 종류 : Dead Weight, Seismic Load, Operating Load
- 하중 방향 : 수직방향(A, B, C), 수평방향(D, E)

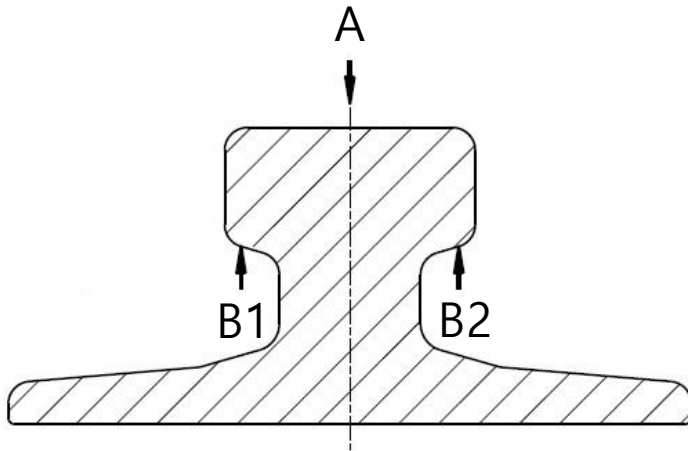


그림 10. RM 레일에 작용하는 하중1

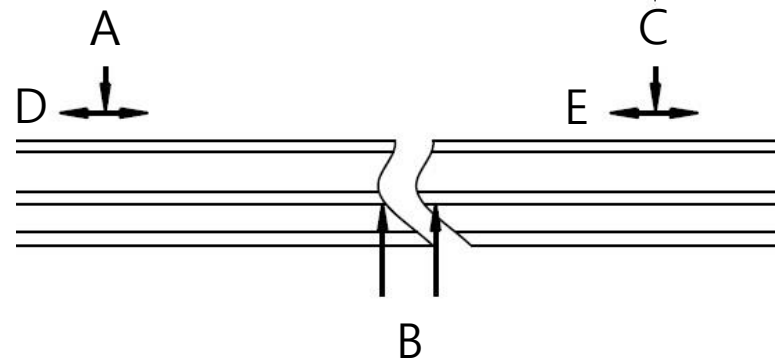
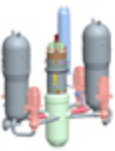


그림 11. RM 레일에 작용하는 하중2



평가 방법 및 결과

2. 평가 방법 및 결과



■ FE Model and Boundary Condition

- 현장 레일 : Rail A55, 레일길이 약 10000mm, 약 30개의 Clamp
- FE Model : Rail A55, 레일길이 $3a$ ($a=100\text{mm}, 200\text{mm}, 300\text{mm}, 400\text{mm}, 500\text{mm}, 600\text{mm}$)
- Boundary Condition : 4개 Clamp 구속, Clamp에 영향이 가장 크다고 판단되는 Seismic(Up) Load($F=21400\text{N}$)를 Rail의 중심에 적용

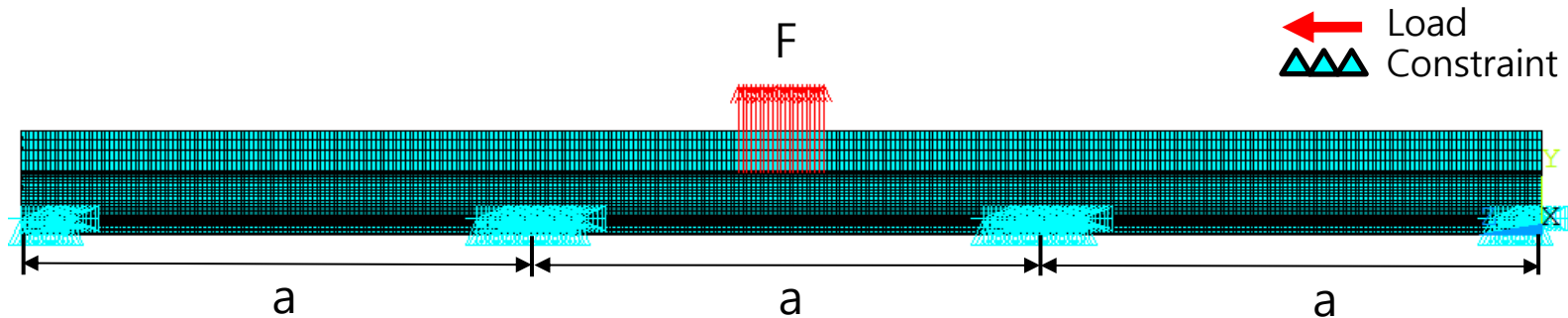
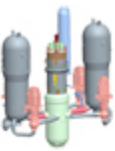


그림 12. RM 레일의 FE Model 및 Boundary Condition

2. 평가 방법 및 결과



■ 결과

- 응력은 하중에 인접한 두개의 Clamp에 집중됨.
- 10000mm 레일 기준으로 Clamp 간격(a)를 100~600mm 적용에 따라 Clamp 개수(변수)가 산출됨.
- Clamp 개수에 따라 하중과 인접한 Clamp에서 최대 214.9MPa(Clamp 17개), 최소 83.5MPa(Clamp 100개) 응력이 발생함.

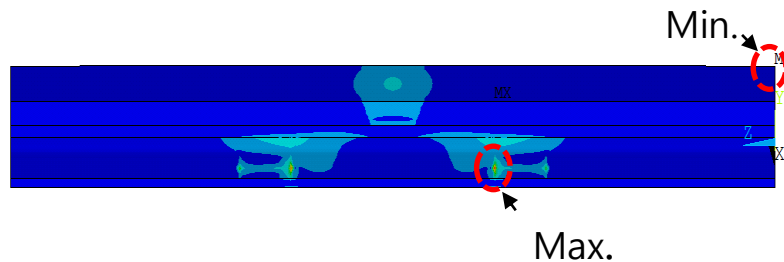
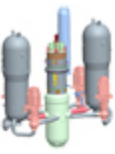


그림 13. RM 레일의 응력분포

| | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Clamp interval (a) | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| Number of Clamp | 17 | 20 | 25 | 34 | 50 | 100 |
| Stress (MPa) | 215.9 | 194.1 | 176.1 | 161.4 | 141.3 | 83.5 |

표 1. RM 레일의 응력분포

2. 평가 방법 및 결과



■ 결과

- Clamp 개수(변수)에 따라 발생하는 최대응력은 그래프와 같이 비선형적으로 나타남.
- Clamp 개수 17~20까지는 급격하게 응력이 감소하지만, Clamp 개수 25부터는 선형적인 형태로 응력이 감소함.
- Rail 설치의 경제적 효율성을 고려한다면, 응력의 감소의 기울기가 작아지는 Clamp 개수 25가 적절할 것으로 판단됨.

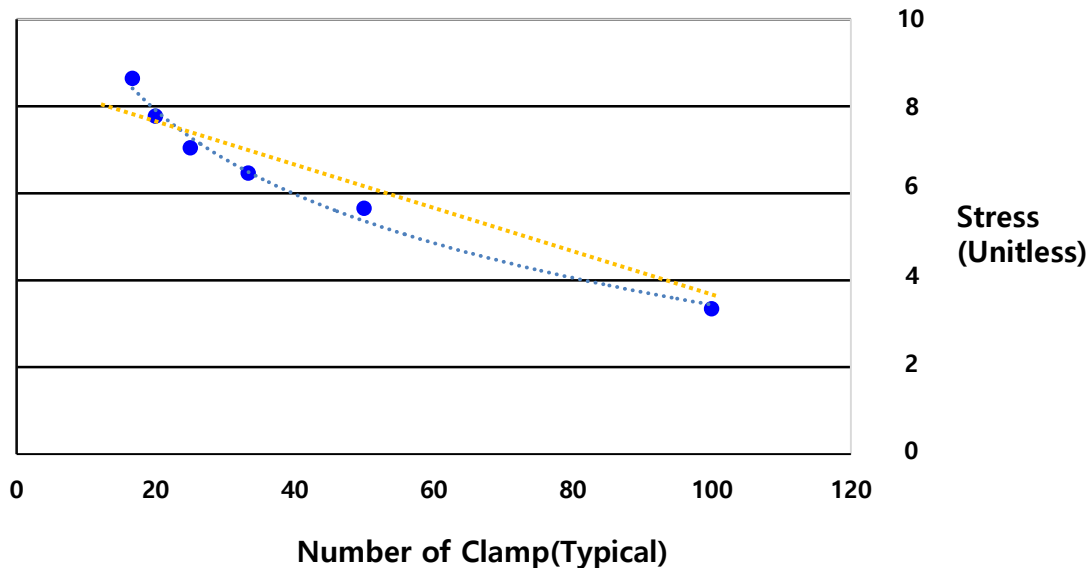
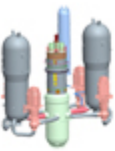


그림 14. Clamp 개수에 따른 레일 최대응력 변화 그래프



결 언

3. 결 언



- ✓ 연료재장전기 레일에 발생하는 Seismic Up 방향 Load를 고려하여, 10000mm 레일에 일정한 간격으로 배치한 Clamp의 개수를 변수로 민감도를 확인한 결과, 레일 설치의 효율성 관점에서 Clamp 개수 25가 적절한 것으로 판단됨.
- ✓ 추후, 연료재장전기 레일에 발생하는 모든 하중 및 레일의 실제 길이를 반영하여 클램프 개수에 따른 민감도, 설계기준(Acceptance Criteria) 및 경제적 효율성을 고려한 적정 클램프 수 산정 검토가 필요할 것으로 판단함.



감사합니다.