

차세대원전 비상 디젤발전기실의 운전·보수성 개선

Improving the Operability and Maintainability of Emergency Diesel Generator Room in Korean Next Generation Reactor

김성환, 임우상, 정대율

한전 전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

차세대원전은 울진3,4호기와 유사한 형식 및 용량을 갖는 비상 디젤발전기를 고려하고 있으나 울진3,4호기 비상 디젤발전기의 운전 및 정비경험상 어려움이 지속적으로 제기되어 왔다. 본 논문은 울진 3,4호기의 문제점을 검토하고, 현장에서의 개선요구사항들을 수렴하여 차세대원전 비상 디젤발전기실의 기기배치설계를 개선할 목적으로 수행되었다. 설계개선결과, 차세대원전 비상 디젤발전기실의 수평 보수공간은 2개의 엔진실린더를 보수할 수 있도록 하되 기존 기기배치(Rev. 0 기준)에 비하여 약 50% 추가 확장하고, 엔진의 측면으로부터 벽면까지 연결되는 엔진주변의 냉각수 및 윤활유 배관 등을 Trench에 수납시키고, 그 상부에 Plate를 설치하는 방법으로 통로공간을 확보하여 접근성을 개선하였다.

Abstract

Emergency Diesel Generator(EDG) which has similar type and capacity in comparison with EDG in UCN 3,4 units will be adopted in Korean Next Generation Reactor (KNGR). But, difficulties in EDG operation and maintenance experiences in UCN 3,4 units have been presented. In this paper, concrete difficulties in the EDG maintenance of UCN 3,4 units were reviewed in view of operability and maintainability, and field opinions have been collected for improving the general arrangement(GA) design in KNGR EDG room. As a result of design improvement, horizontal laydown area was extended up to 50% compared with that of previous GA(rev. 0) on the base of required area for maintaining 2 sets of engine cylinder, and auxiliary pipe lines adjacent to the diesel engine, such as cooling, lubricating lines and so on, will be accommodated inside the trench between the wall and the engine body. The accessibility was improved by installing the checked plate on the top of this trench and securing the necessary space for maintenance.

1. 서론

차세대원전 비상 디젤발전기(EDG)의 배치는 영광3,4호기 및 울진3,4호기와 유사하게 보조건물 내부에 배치되어 있으며, 차세대원전은 울진3,4호기와 유사한 형식 및 용량을 갖는 비상 디젤발전

기를 고려하고 있으나 울진3,4호기 비상 디젤발전기의 운전 및 정비경험상 어려움이 지속적으로 제기되어 왔다. 본 논문에서는 울진3,4호기의 문제점을 검토하고, 현장에서의 개선요구사항들을 수렴하여 차세대원전 비상 디젤발전기실의 구체적인 기기배치설계를 개선한 내용을 제시한다.

2. 비상 디젤발전기실 배치특성 비교

울진3,4호기와 차세대원전의 비상 디젤발전기실을 기기배치측면에서 비교해보면 표 1에서 보는 바와 같이 발전기실의 높이 및 발전기 및 배기용 Silencer의 배치 등에서 차이가 있음을 알 수 있다.

표 1. 비상 디젤발전기실 배치특성 비교

	울진 3,4호기	차세대원전 (rev.0 기준)
비상 디젤발전기실 위치	-보조건물 내부에 수용	-좌동
발전기의 위치	-보조건물 외벽(removable wall)측에 발전기를 배치	-보조건물 내측에 발전기를 배치하여 울진3,4호기와는 180°회전된 배치형태를 취하고 있음.
배기용 Silencer 위치	-보조건물 Roof에 수평형으로 배치	-비상 디젤발전기실 내부에 수직형으로 배치
수평 보수공간	-발전기측 Laydown 면적은 480 ft ² 이며, 엔진 및 발전기의 측면이 기둥으로 처리되어 있어 부분적으로 활용가능한 면적을 추가 확보하고 있음.	-발전기측 Laydown 면적은 430 ft ² 이며, 엔진 및 발전기의 측면이 벽으로 되어 있어 상대적으로 측면공간의 활용성은 낮음.
기기실 가용높이 (Available Room Height)	-23 ft	-35 ft
보수용 기기	-2개의 Mono Rail Hoist를 사용	-Over Head 크레인을 사용
열교환기의 배치	-발전기측 Laydown 공간과는 별도로 열교환기 보수공간을 설정하였음. -수평공간을 절약하기 위하여 2층 구조(grating 사용)로 열교환기를 배치	-열교환기 보수공간을 발전기측 Laydown 공간과 겸용

3. 울진 3,4호기 비상 디젤발전기 운전중 문제점

비상 디젤발전기의 운전 및 보수경험을 토대로 울진3,4호기에서 도출된 문제점 및 설계개선 필요사항들은 표 2와 같으며, 주로 비상 디젤발전기실의 보수성 부족에서 기인한 것으로 판단된다.

표 2. 울진 3,4호기 비상 디젤발전기실의 설계개선 필요사항

항목	설계개선 필요사항	울진 3,4호기 현장 조사결과
1	엔진 보수공간 부족	-2개의 엔진 실린더를 정비할 수 있는 공간을 확보하고 있음.
2	엔진측면 통로공간 확보	-엔진냉각용 배관 및 지지대가 복잡하게 얽혀 있어 운전원/보수원의 접근시 불편함.
3	NSPB에 의한 기기반출 간섭	-엔진의 보수를 위한 기기 이동시 간섭이 발생되어 NSPB를 사전에 제거해야 하고 사후에 다시 재설치하여야 하는 작업이 필요함.
4	엔진 흡배기관의 수직지지대에 의한 크레인 이동 간섭	-천정에 설치된 흡기관 및 배기관 지지대가 크레인 이동시 간섭되어 발전기측의 각 2조의 Piston 및 Con-rod를 이동할 수 없고 크레인이 Rail을 완전히 이동하지 못하여 L.O 필터 등 기기 이동 어려움.
5	발전기의 건물 외부반출 불편	-발전기가 건물의 외벽에 배치되어 있어 별다른 문제점은 없음. 발전기 이동시 크레인 용량부족으로 일자형 레일을 격자형으로 사용하여 기기를 보수한 경험이 있음.
6	Local Panel과 Viewing Window의 인접 배치	-DG Local Panel과 엔진감시장치가 Cubicle 후면에 설치되어 있어 운전시 Viewing Window를 통하여 DG 운전상태를 확인할 수 없음.
7	공기추출기능 장애발생	-Expansion Tank의 위치가 배관보다 하부에 있어 배관내부의 공기가 원활하게 Venting되지 않아 시운전시 DG가 빈번하게 정지된 사례가 있음. -배관Line에 Vent Line을 별도로 설치하여 Vent기능을 유지하였음.

4. 차세대원전 설계개선방안

가. 설계개선 내용

1) 엔진 보수공간

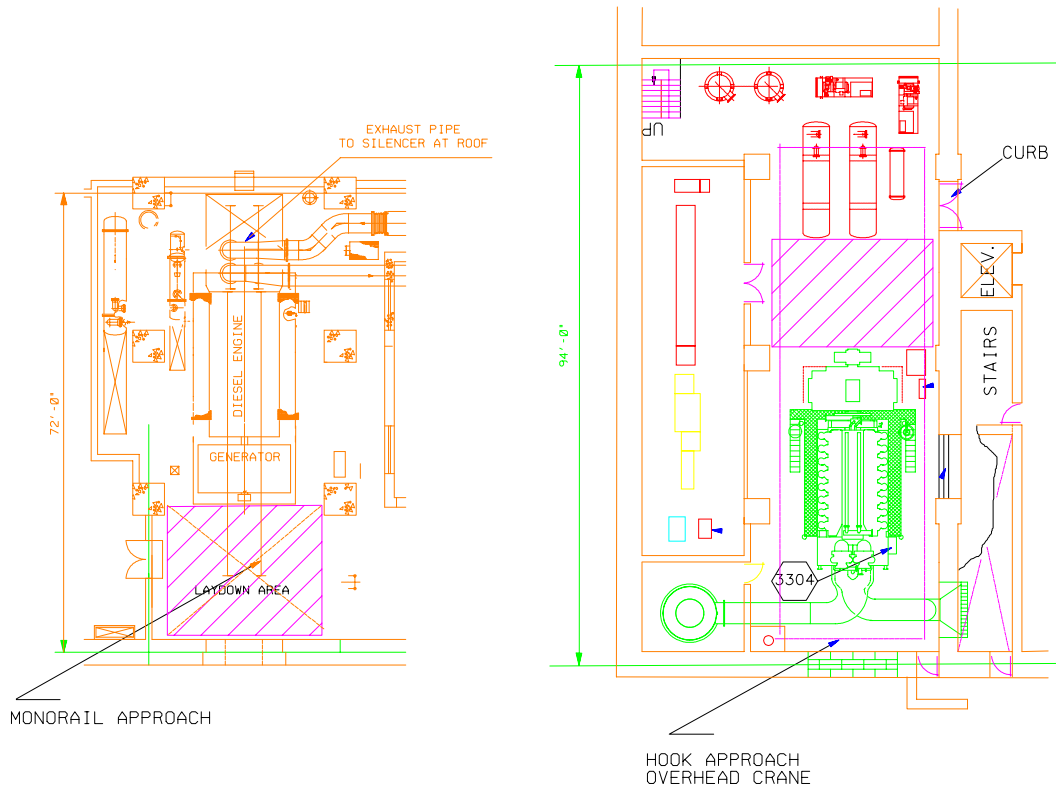
-차세대원전의 수평보수공간은 그림 1에서 보는 바와 같이 울진 3,4호기에 비하여 부족한 상태로 확장 필요성이 있다.

-디젤 발전기실의 가용높이(available height)는 그림 1에서 보는 바와 같이 35 ft 로 울진 3,4호기에 비하여 12 ft높은 상태이므로 이를 연장할 필요성은 없다.

-차세대원전 비상 디젤발전기실의 수평보수공간의 확장 정도를 검토하기 위하여 울진 3,4호기의 엔진정비사례 및 보수경험 관련자료를 검토한 결과, 붙임의 내용과 같이 핵연료 재장전주기가 연장되더라도 현행의 엔진실린더 2개를 보수할 수 있는 공간을 그 이상으로 확장할 필요성은 없는 것으로 판단된다.

-또한 현장에서 현재의 엔진보수공간이 부족하다고 보는 이유는 수평보수공간 확보면적 자체가

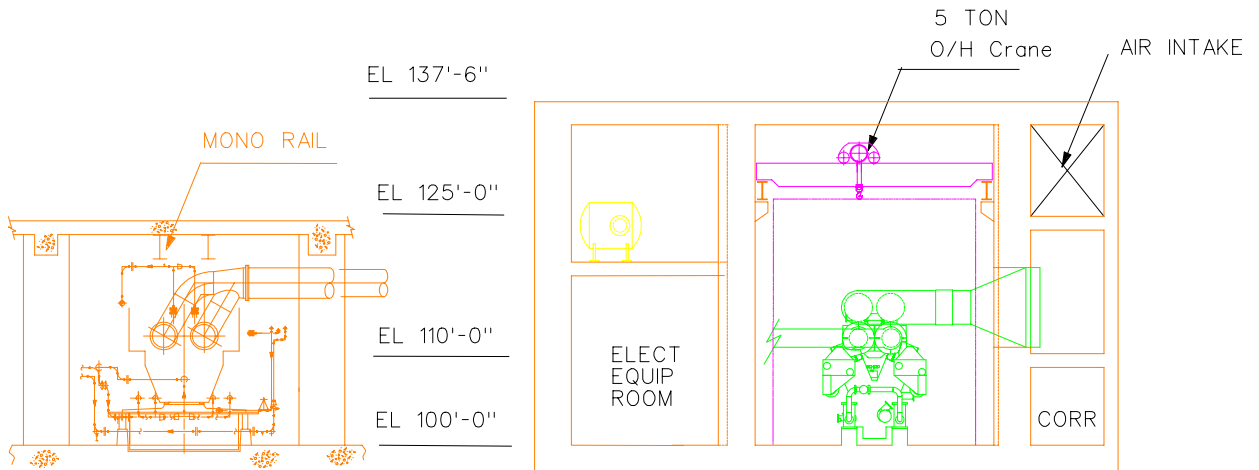
부족해서라기 보다는 각종 배관 및 지지대, 구조물 등이 보수공간을 침해하여 가용 가능한 수평 보수공간을 감소시킨데서 기인한 것으로 판단된다.



[울진 3,4호기]

[차세대원전 표준발행(rev. 0) 기준]

그림 1. 비상 디젤발전기 수평배치(plan) 비교



[울진 3,4호기]

[차세대원전 표준발행(rev. 0) 기준]

그림 2. 비상 디젤발전기 수직배치(section) 비교

-따라서 차세대원전에서는 수평보수공간 침해요인들을 가능한 최소화시키는 것을 전제로 비상 디젤발전기실의 수평보수공간은 울진 3,4호기의 현재 보수공간(측면의 가용면적까지를 포함하여 약 600 ft² 정도)과 유사한 수준까지만 확장하여도 수평보수공간 자체의 문제점은 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

-그림 3은 차세대원전 비상 디젤발전기실 내부에 있는 일부 구성품들(air compressor, tank)을 이동 배치하여 수평보수공간 650 ft²까지 확장시킨 배치를 나타내고 있는 것으로 기존(rev. 0 기준)의 수평보수공간 430 ft²에 비하여 약 50% 수평보수공간을 추가 확보하였다.

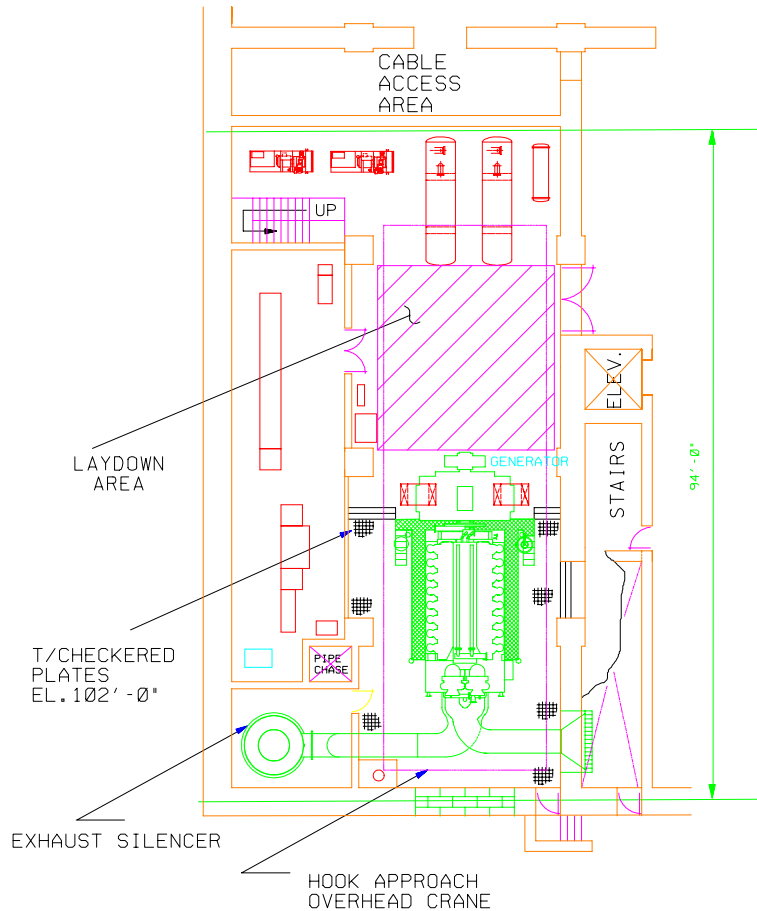


그림 3. 차세대원전 비상 디젤발전기실 설계개선 계획

2) 엔진측면 통로공간 확보

-차세대원전에서는 디젤엔진에서 발생하는 진동 및 소음을 최소화시키기 위하여 엔진의 하부 Slab의 두께를 증가시키고, 방진 Spring을 채택할 예정이다.

-이에따라 엔진기초의 Elevation은 EL.100'보다 상당히 상승될 것으로 예상되며(2 ft 이상), 구조적으로 상승된 엔진기초(raised floor)와 EL. 100 ft 건물 Floor 사이에 Trench가 형성됨에 따라서 그림 4와 같이 엔진의 측면으로부터 벽면까지 연결되는 엔진주변의 냉각수 및 윤활유 배관 등을 Trench에 수납시키고, 그 상부에 Checked Plate를 설치하는 방법으로 통로공간을 확보하여 통행 및 접근성을 개선하였다(그림 4참조). 또한 이와같이 수납된 배관들은 인접된 Pipe Chase로 유도하여 상부층(EL. 120')으로 연결 예정이다

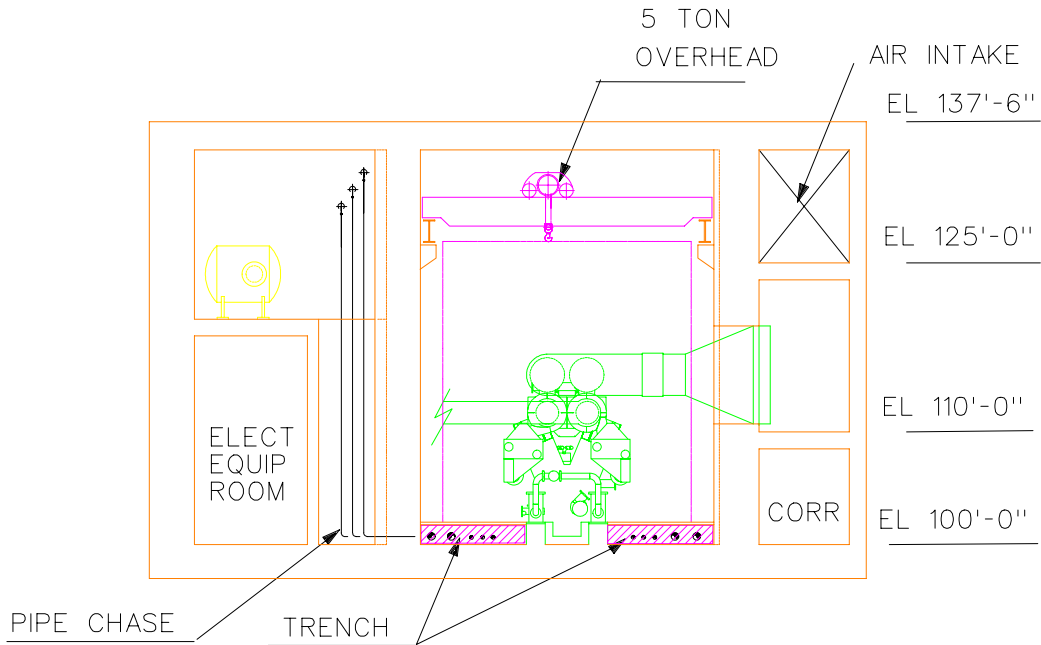


그림 4. EDG Room의 Trench 및 Pipe Chase 배치방안

3) NSPB에 의한 기기반출 간섭

-울진 3,4호기에서는 발전기로부터 인출되는 각종 동력선들을 수납하는 덕트형태의 구조물이 엔진 피스톤 및 커넥팅 로드의 인출공간을 부분적으로 침해하여 보수성 저하문제가 발생되고 있으므로 차세대원전에서는 보수공간 침해를 최소화할 수 있도록 최대한 NSPB(Non Segregated Phase Bus)를 벽면 등에 인접하여 배치하거나 현장 배치시 유연성을 기할 수 있는 케이블 형식으로 변경하는 방안을 채택할 예정이다.

4) 엔진 흡배기관의 수직지지대에 의한 크레인 이동

-차세대원전은 엔진 흡배기관과 발전기의 위치가 그림 3에서 보는 바와 같이 울진3,4호기의 배치와는 반대(180° 회전형태)로 흡배기관이 보조건물 외벽측에 인접하고 있어 흡배기관과 배관지지대가 보수용 장비에 의한 기기인출시 직접적인 보수성 저해요인으로 작용할 가능성은 없는 것으로 확인되었다.

5) 발전기의 건물 외부반출

-차세대원전의 발전기는 울진3,4호기와 반대로 건물의 내측에 배치되어 있어 옥외 반출시 엔진의 측면을 통하여 이동되어야 한다.

-그림 5는 발전기 구성품중 가장 큰 부피를 갖는 로타의 건물외부 이동 동선을 보여주고 있는 것으로 운반대차(transportor)에 적재된 로타가 비상 디젤발전기실에 인접한 복도를 통하여 건물외부로 이동 가능함을 보여주고 있다.

-현재 비상 디젤발전기실에는 5톤용량의 보수용 크레인이 설치되어 있으며, 10톤이상의 중량물인 로타를 인양할 수 없는 상태이나 발전기 자체의 보수 빈도가 매우 작은 점을 고려하여 크레인의 용량을 상향시키는 방법보다는 천정에 수개의 Lifting Lug을 설치하여 인양하는 방법을 채택할 예정이다.

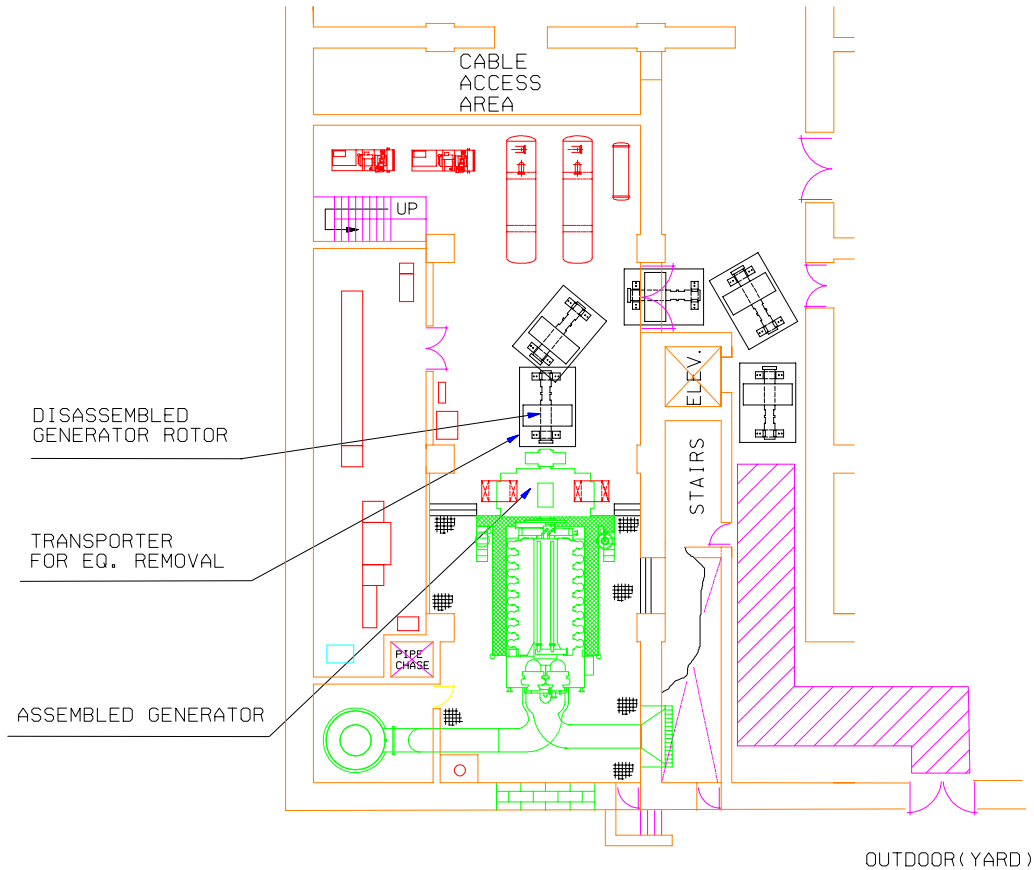


그림 5. 발전기의 건물외부 이동 동선

6) Local Panel과 Viewing Window의 인접 배치

-차세대원전은 울진3,4호기와 달리 DG Local Panel과 Cubicle이 일직선상에 배치되어 있으며, Viewing Window가 확장 배치되어 있어 별도의 설계개선은 필요하지않은 것으로 확인되었다.

7) 공기추출기기 배치

-차세대원전 Expansion Tank는 울진3,4호기의 배치(EL. 112 ft)에 비하여 높게 배치(EL. 120 ft) 되어 있어 문제점은 발생되지 않을 것으로 예상되나 배관설계시 동일사례가 발생않도록 할 예정이다.

나. 설계개선의 적합성 확인

차세대원전 비상 디젤발전기실의 설계개선에 따른 적합성을 확인하기 위하여 3차원 CAD 모델이 작성되었으며, Dynamic Animator에 의하여 비상 디젤발전기실에 가깝게 큰 Component 인 발전기 로타를 운반대차(Transportor)로 이동하는 과정을 Animation한 결과, 2차원의 도면에서 예상한 결과와 동일하게 적절하게 반출될 수 있는 것으로 확인되었으며, 기타 엔진실린더의 보수과정 등을 추가 분석할 예정이다.

5. 결론

차세대원전 비상 디젤발전기실의 수평 보수공간은 2대의 엔진 실린더 울진 3,4호기의 비상 디젤

발전기 보수 및 정비경험 및 현장의견을 수렴하여 기존(Rev. 0 기준)에 비하여 약 50% 추가 확장하고, 엔진의 측면으로부터 벽면까지 연결되는 엔진주변의 냉각수 및 윤활유 배관 등은 Trench 내부로 수납하고, 그 상부에 Plate를 설치하는 방법으로 통로공간을 확보하여 통행 및 접근성을 개선하였다. 발전기의 보조건물 외부반출은 Removable Wall을 제거하지 않고, 비상 디젤발전기실에 인접배치된 복도를 이용하여 가능한 것으로 확인하였으며, 발전기와 연결되어 있는 NSPB에 의한 기기반출 간섭사항들을 최소화할 수 있도록 최대한 NSPB를 벽면 등에 인접하여 배치하거나 현장 배치시 유연성을 기할 수 있는 케이블 형식으로 변경하는 방안을 검토할 예정이다. 이상과 같이 차세대원전의 기본설계단계에서 표준원전의 비상 디젤발전기의 운전·정비시 문제점을 파악하여 설계개선을 추진하므로써 비상 디젤발전기의 신뢰성을 향상시키고, 나아가 차세대원전의 안전성 제고, 발전소 근무자의 기기접근 용이성 및 기기정비기간 단축에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. KEPCO, "General Arrangement Nuclear Island-EL.100' ~120', EWS No.: A-301-EPD186-93 0~940", Rev.0, 2000.2.
2. KEPCO, "차세대원전 EDG의 보조건물 내부수용에 따른 진동영향 검토", '00 전력연-단188, '00.4.
3. KEPCO, "차세대원전 비상 디젤발전기실의 운전·보수성 개선방안 검토", '00 전력연-단225, '00.6.
3. KEPCO, 원자력발전소 표준화설계를 위한 조사용역: 운전보수성 저해요인 해소방안 검토, Vol. 19, 1987.8.