

국내 신형원전의 비상경로 설계

김성환, 정대욱, 임혁순, 정대율
한국전력 전력연구원

Emergency Exit Design of Korean Advanced Light Water Reactor

Sung Hwan, Kim, Dae Uk, Jeong, Hyuk Soon, Lim, Dae Yul, Jeong
Korea Electric Power Corporation, Korea Electric Power Research Institute

1. 서론

미국 및 유럽 등의 선진국에서는 현재 신형원자로에 대한 표준설계를 개발중에 있거나 개발을 완료한 상태이다. 특히 미국의 CE에서 개발한 System 80+는 각각 중대사고 및 TMI 요건 등이 반영된 개량형 가압경수로의 선두주자로 기본설계가 완료된 상태이며, 1997년 5월 NRC로부터 새로운 인허가 절차인 10 CFR 52에 따른 설계인증(Design Certification)을 받은 바 있다. 국내에서도 국내의 원자력 기술수준을 한 단계 끌어 올려 선진국과 대등한 기술능력을 확보하고, 국제적으로 경쟁력있는 신형원전에 대한 표준설계개발을 목표로 설계가 수행중에 있다. 본 연구는 현재 국내에서 개발중인 신형원전의 건물 및 일반기기배치 설계결과를 기준으로 Power Block내에서의 비상경로에 대한 설계내용과 화재 등의 비상상황 발생시 적절한 대피 및 방호가 실질적으로 가능한가를 확인하고자 수행되었다.

2. 비상경로 관련설계기준

신형원전의 비상경로확보와 관련하여 적용하고 있는 국내법규는 건축법 및 관련법규가 있으며, 산업기술기준으로 미방화협회(National Fire Protection Association)에서 발행한 NFPA 101의 "Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures"이 설계시의 구체적인 기준으로서 적용되고 있다. 추가로 원전의 사용전 검사 및 운영허가시에는 미국 NRC(Nuclear Regulatory Commission)가 1981년 7월 이후의 신규원전에 대한 심사지침으로서 개정 발표한 NUREG-0800의 SRP(Standard Review Plan) BTP(Branch Technical Position) CMEB(Chemical Engineering Branch) 9.5-1을 검사기준으로 사용되고 있다. 이러한 설계기준들은 국내법규와 비교하여 대부분 보수성을 유지하고 있으나 부분적으로 상충되는 요건들에 대하여는 국내법규를 준수할 수 있도록 설계하였다.

3. 건물별 설계내용

3.1 일반건물 배치개요

국내에서 현재 개발중인 신형원전의 일반건물 배치는 그림 1에서 보는 바와 같이 Nuclear Island 및 Turbine Island 및 Yard설비로 구분되며, 특히 Nuclear

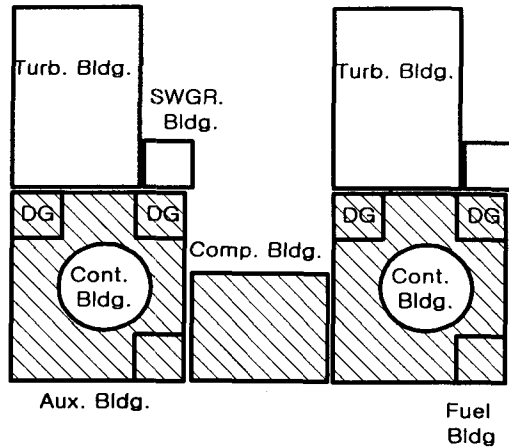


그림 1. 신형원전의 일반건물 배치개요

Island는 격납건물, 보조건물, 복합건물로 구성되어 있다. 건물배치측면에서 기존호기와 다른 큰 특징은 기존호기에서 방사성폐기물처리건물을 별도건물로 이격시켜 배치하고 있는데 비하여 신형원전에서는 양호기의 중앙에 있는 복합건물에서 출입통제, 방사성폐기물처리, 시료채취기능을 수행할 수 있도록 통합 배치되어 있고, 보조건물이 격납건물을 에워싸고 있는 배치설계를 채택하고 있는 점이라 할 수 있다.

3.2 보조건물/격납건물

신형원전 보조건물의 비상경로는 그림 2에서 보는 바와 같이 Division별로 피난계단을 각 2개씩, 총 4개의 계단을 배치하여 모든 층에서 대피층인 Ground Floor로 대피할 수 있도록 설계되어 있다. 건물내부의 복도는 방사선관리구역 및 청정구역으로 구분되며(그림 2의 \cdot , \wedge 표시 부분), 방사선 관리구역내에서는 모든 층에서 구역내부에 배치된 2개소의 피난계단(그림 2의 North Cloud Mark 부분)을 통하여 대피층인 지상 1층까지 접근이 가능하며, 외부로 직접 연결되는 비상용의 Exit(그림 2의 North Δ 표시 부분)과 맞은 편에 인접하고 있는 복합건물 관리구역으로 대피할 수 있는 Provision과 비상시 관리구역에서 청정구역으로의 대피가능성에 대비하여 관리구역 및 청정구역을 구분하고 있는 각층의 Door들은 Push Bar형식으로 필요시 수동으로 개폐할 수 있는 구조를 갖도록 고려하였다. 청정구역내에서는 모든 층으로부터 구역내부에 배치된 2개소의 피난계단(그림 2의 South Cloud Mark 부분)을 통하여 대피층인 지상 1층까지 접근이 가능하며, 외부로 직접 대피가능한 비상용의 Exit(그림 2의 South Δ 표시 부분)을 확보하고 있다.

이외에도 원자로의 주제어실 및 핵연료 취급구역이 위치하고 있는 지상 3층(EL.156')에는 대피층까지 접근가능한 피난계단뿐 아니라 준대피지역인 보조건물 옥상으로 접근가능한 비상용의 Exit(그림 3의 Δ 표시 부분)를 배치하였으며, 주제어실 주변구역에서는 인접하고 있는 복합건물 옥상층으로 대피할 수 있는 Provision을 확보하고 있다.

격납건물에는 Ground Floor부터 운전층(EL.156')까지의 접근이 가능한 2개의 직통계단이 Division별로 배치되어 있으며(그림 3의 격납건물내부 Cloud Mark 부분), 보조건물로 대피가능한 Personnel Entrance를 Ground Floor 및 운전층(EL.156')에는 각 1개씩 배치하였다(그림 2,3의 격납건물경계 Cloud Mark부분).

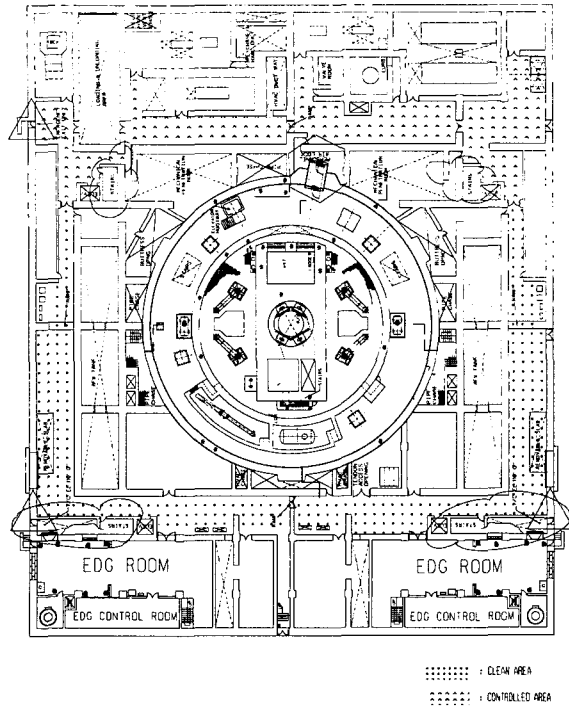


그림 2. 격납건물/보조건물 지상 1층 평면계획

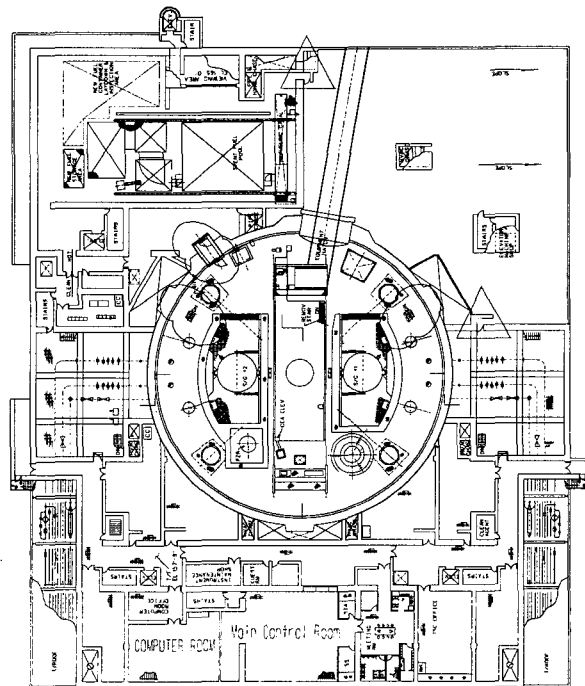


그림 3. 격납/보조건물 지상 3층(EL. 156') 평면계획

3.3 복합건물/터빈건물

복합건물 1층에서는 주로 Power Block내의 출입을 통제하는 기능을 수행하게 되는데 발전소 최대출입인원은 계획예방정비기간으로 약 700명으로 추산되고 있다. 그림4의 점으로 표시된 부분은 복합건물로부터 양호기 보조건물까지의 통로를 나타내고 있는 것으로 청정구역 및 방사선 관리구역간의 통로가 확보되어 있다. 복합건물은 그림 5에서 보는 바와 같이 비상시를 대비하여 4개의 피난계단 (Cloud Mark 표시부분)을 확보하고 있으며, 관리구역에서의 통제업무 등을 고려하여 청정구역에 2개, 관리구역에 2개를 배치하였다. 또한 복합건물 1층복도는 기기배치의 특성상 인접하고 있는 보조건물로부터의 대피로 기능을 겸하고 있으므로 복도구역 전체를 고정식의 스프링클러로 보호하는 설계개념을 채택하였다. 1층에서의 비상경로(Emergency Exit)는 대피자에 대한 보행거리요건 등을 고려하여 외부와 직접 통하는 Exit(△ 표시부분)을 청정구역에 2개, 관리구역의 Truck Bay 인접구역에 1개를 배치하였다.

터빈건물에는 그림 6에서 보는 바와 같이(Cloud Mark부분), 외부와 직접 연결되는 4개의 피난계단을 계획하고 있으며, 터빈건물에 인접하고 있는 Switch Gear 건물과의 연계관계를 고려하여 배치설계를 개선할 계획이다.

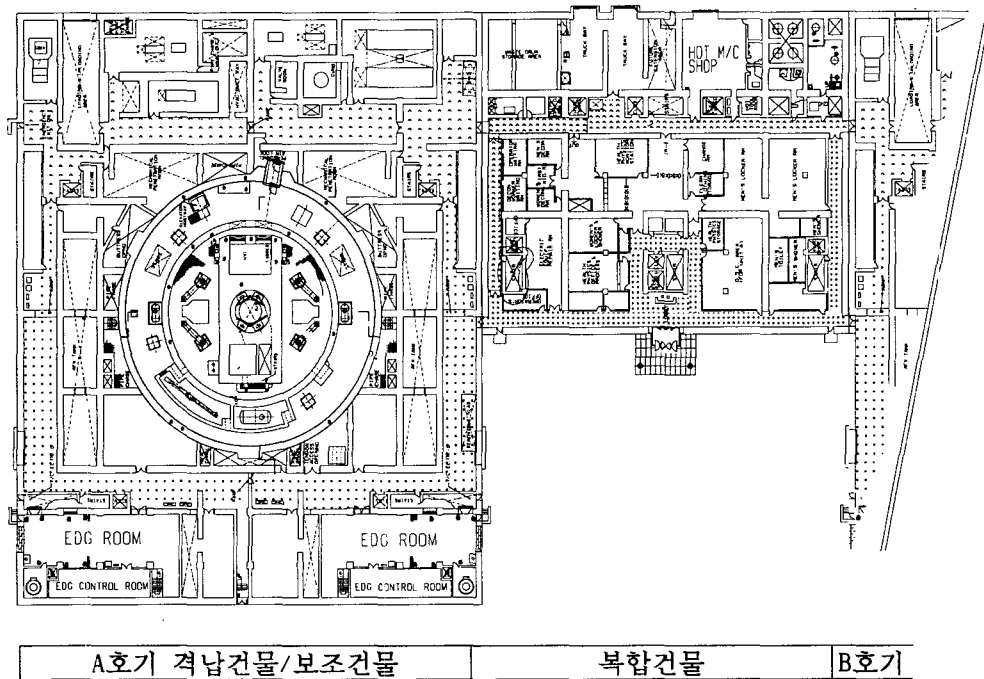


그림 4. 복합건물 건물배치 개요 (지상 1층 기준)

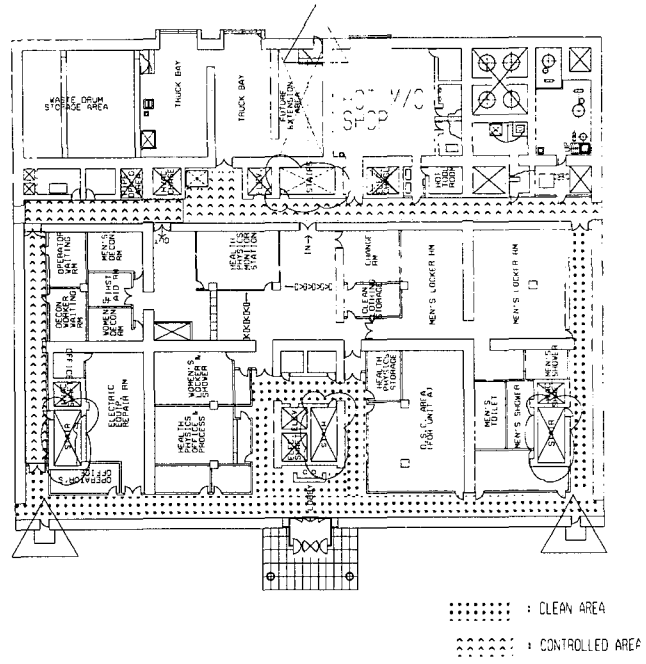


그림 5. 복합건물 지상 1층 평면계획

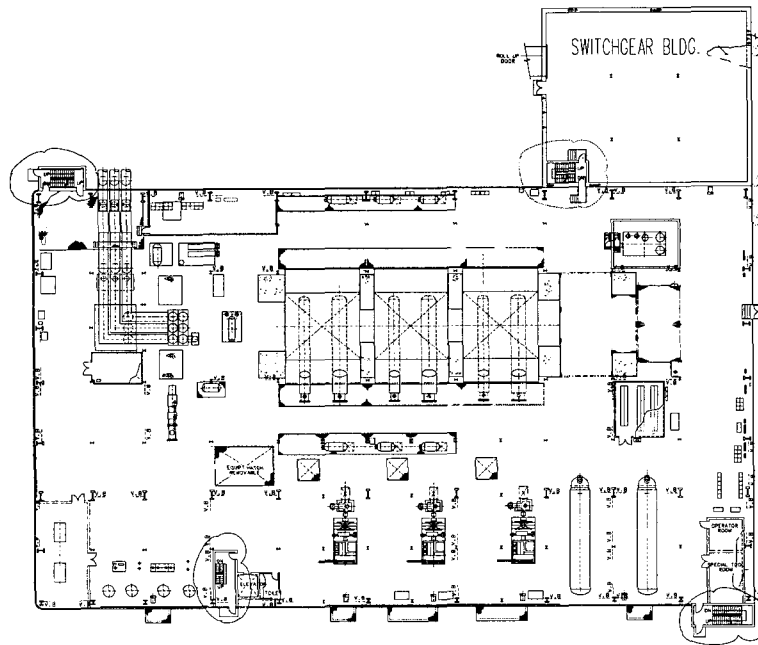


그림 6. 터빈건물 지상 1층 평면계획

4. 결론

국내에서 개발중인 신형원전의 비상경로 관련설계는 국내 건축법, 그리고 미국의 NFPA 101의 기준을 적용하고 있다. 격납건물을 에워싸고 있는 보조건물은 Division별로 피난계단을 각 2개씩, 총 4개의 계단을 배치하여 모든 층으로 부터 대피층인 Ground Floor로 대피할 수 있도록 설계되어 있다. 양호기의 중앙에는 출입통제, 방사성폐기물처리, 1차 및 2차측 시료채취의 종합기능을 수행하는 복합건물을 배치하고, 본 건물의 내부에는 4개의 피난계단을 배치하였다. 복합 건물 1층복도는 기기배치의 특성상 인접하고 있는 보조건물로 부터의 대피로 기능을 겸하고 있으므로 복도구역 전체를 고정식의 스프링클러로서 방호하였다. 격납건물은 Ground Floor부터 운전층까지의 접근이 가능하도록 2개의 직통계단을 Division별로 배치하되, Ground Floor 및 운전층(EL. 156')에는 각 1개의 Personnel Entrance를 두었고, 터빈건물은 외부와 바로 연결되는 4개의 피난계단을 설치하여 비상시를 대비할 계획이다. 이상과 같이 현재 국내에서 개발중인 신형원전의 건물 및 일반기기배치 설계를 기준으로 각 건물별 비상경로를 검토한 결과, 각종 요건이나 기준을 만족하고 있으며, 건물의 배치시 기존호기와 달리 양호기 중앙에 복합건물을 배치하고, 대피층인 Ground Floor를 포함하여 지상의 3개층이 복합건물과 보조건물로의 통행이 가능한 상태이므로 정상운영시의 운전편의성을 향상시킬 수 있고, 비상대피시에도 다양한 대피경로를 확보하고 있으므로 유리한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. KEPCO, "General Arrangement Nuclear Island (KNGR-III)-EL. 55'~172', EWS No.: N-301-EPD 186-910~980", Rev.1, 2000.7.
2. KEPCO, "General Arrangement Compound Bldg.(KNGR-III)-EL. 65'~139', EWS No.: C-301-EPD 186-991~996", Rev.1, 2000.7.
3. KEPCO, "General Arrangement Turbine Island (KNGR-III)-EL. 73'~164', EWS No.: N-302-EPD 186-010~040", Rev.0, 2000.2.
4. BTP, "Guidelines for Fire Protection for Nuclear Power Plants", CMEB 9.5-1 Rev.2, 1981.7.
5. NFPA, "Standard for Fire Protection for Advanced Light Water Reactor Electric Generating Plants", NFPA 804, 1995.
6. KEPRI, "차세대원전 비상경로 설계", 98전력연-단478, 1998.6.
7. 전경배, "건축법규해설", 세진사, 1996.