

## 대규모 지진해일로 인한 침수 및 배수 시스템 프레임워크에 대한 연구

이선기\*

현대엔지니어링(주) / 전력플랜트사업본부

### Flooding and recovery system framework for Tsunami

Sun Kee Lee

*Hyundai Engineering Company / Power & Energy Plant Division*

**Abstract** : Tsunami disaster, which ruined Japan Fukushima nuclear power plant sites in 2011 March, has raised not only the perception of that Tsunami and/or large scale flooding possibly surpass the design baselines for industry facilities and plants, but also the necessity to establish recovery system against flooding. This study suggests the framework for flooding and drainage system in compliance with flooding and drainage concept to define and identify requirements, functions, and components of the system with traceable relations. The framework with combination to CMMI engineering process is the base of corresponding high level system design.

**Key Words** : Tsunami, flooding and drainage, system framework, CMMI

---

\* 교신저자 : sklee@hec.co.kr

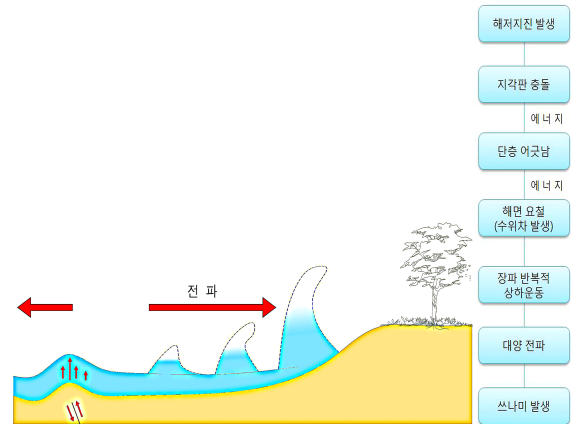
## 1. 서론

지진해일은 해저지진에 따른 지각판 충돌로 발생한 해면요철로 장파가 반복적으로 상하운동을 하며 대양으로 전파되어 발생한다. 그림 1은 이러한 발생과정을 도식적으로 설명한다.[1,2] 지진해일은 발전소를 포함한 주요산업시설에 대해 설계기준 사고를 넘는 피해를 줄 수 있다는 것이 2011년 3월 발생한 일본 후쿠시마 원전의 지진해일 피해를 통해 확인되었다.[3] 이 사건은 설계기준 사고에서도 고려하지 않았던 확률 상 거의 불가능에 가까운 사고였다. 이외에도 세계 도처에서 지진해일로 인한 피해가 발생되어 왔다. 국내는 일본에 비해 비교적 지진 안전지대임에도 불구하고 역사적으로 크고 작은 해일피해가 발생한 바 있다. 이러한 자연재해를 예방할 순 없지만 피해를 예측하고 이에 대한 피해 확대를 최소화하려는 노력과 조치를 준비할 필요가 있다.

지진해일이 발생하면 주택, 농경지, 공장, 도로 등 사회기반시설이 파괴되거나 그 기능을 상실할 수 있으며 비교적 보수적 설계접근에 따라 건설된 발전소 및 산업시설 역시 지진해일 또는 대규모 홍수 시 침수피해를 받을 수 있기 때문에 대책수립이 필요하다. 대책은 침수예방과 침수확대 방지로 구분할 수 있다. 침수예방은 건물/시설내로의 물의 유입이 없거나 최소화되도록 하는 것이며 침수확대 방지는 중요 설비나 장치 등이 있는 구역으로 유입된 물을 배수함으로써 침수로 인해 복구가 지연되지 않도록 하고 피해가 확대되지 않도록 하는 것이다. 국내에서 지진해일 현상 및 영향에 대한 연구가 다수 진행되었으나 지진해일 특성에 초점을 두었다. 그러나 시스템 수준의 요구사항, 프로세스 및 구성요소들 간의 관계를 정의하고 식별할 수 있는 시스템구조화에 대한 연구는 수행된 적이 없다. 또한 안전성을 최우선으로 강조하는 원자력발전소는 내진설계 및 침수설계를 반영하고 있지만 침수원인, 침수, 배수 및 관련 연구개발 등간의 입출력 사항을 구조화하는 접근을 안전성분석보고서에 포함하고 있지 못하

다. 따라서 하드웨어 및 소프트웨어 관점을 포함하여 침수 및 배수 시스템을 구조화함으로써 향후 침수관련 연구개발을 위한 기본 골격을 제시하는 것이 필요하다.[4]

자연현상 또는 물리적 시스템 각각에 대한 해당 전문분야에서의 연구는 다양하게 진행되어 왔으나 자연재해 후 복구단계에서 필요한 물리적 시스템을 자연재해와의 인과관계 측면에서 연계한 상위시스템에 대한 연구는 시스템엔지니어링 분야에서 다루어지지 않았다. 그러나 이 분야와 관련된 시스템 아키텍처 및 프레임워크에 대한 국내외 연구가 활발히 진행될 전망이다. 그렇기 때문에 시스템 프레임워크 연구사례에 대한 비교 분석은 후속 연구에서 다루기로 한다.



[그림 1] 지진해일 개념

침수는 이와 같은 외부유입 외에도 내부유입에 의한 것이 있는데 건물 내부의 기기나 배관과 같은 공정장치의 파단에 의해 공정유체가 방출하는 경우이다. 이것은 복구나 정상화 측면에서 최악의 경우에 해당한다. 이 연구는 이중 외부침수로 인한 침수확대 방지에 초점을 두어 침수 및 배수 시스템을 위한 프레임워크를 제시한다.

## 2. 프레임워크 설계

자연재해로써의 지진해일과 복구를 위한 운영개념을 각각 침수 시스템 및 배수 시스템으로 구현하

여 이들 간의 인터페이스를 식별함으로써 지진해일의 조건 및 발생에 따른 후속조치로써 배수 시스템을 설계하려면 지진해일로 인한 침수와 침수에 따른 배수 시스템을 연결시킬 수 있는 상위수준의 프레임워크가 필요하기 때문에 이 연구는 상위수준의 프레임워크에 초점을 두었다. 침수시스템은 자연재해인 대규모 지진해일 현상을 시스템으로 간주하여 지진해일에 대한 요구사항 및 기능 등을 도출하였다. 배수시스템은 배수에 필요한 기기장치인 배수펌프와 배관 등으로 구성하며 펌프 및 배관의 요구사항 및 기능 등을 정의하고 관계를 식별할 수 있는 접근을 제시한다.

### 2.1 침수 및 배수 시스템 분석 프레임워크

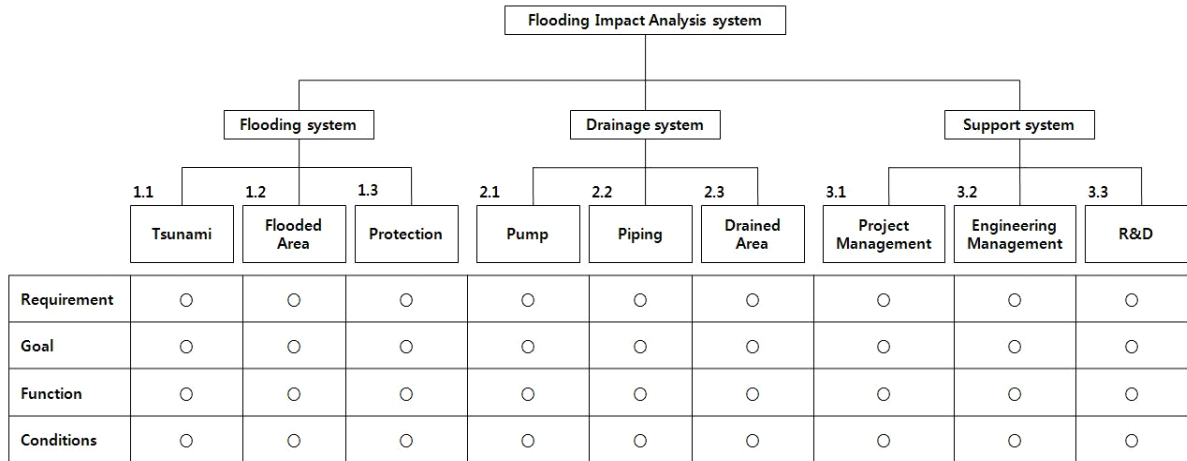
침수영향 대상은 침수대상의 기능 및 안전성 상실을 포함한다. 복구 및 정상화를 위해 이러한 침수영향은 가능한 적도록 하는 것이 필요하다. 침수영향을 적게 하기 위해 물의 유입을 차단하거나 지연시킬 수 있는 조치가 우선적으로 필요하다. 그러나 이러한 조치에도 불구하고 경미한 누수에 따른 침수는 가능하다. 문제는 이 경미한 누수의 지속에 따른 침수정도가 기능이나 안전성에 영향을 주는지 여부이다. 즉, 기능이나 안전성에 영향을 주지 않는다면 경미한 누수로 인한 침수는 긴급복구 조치의 대상이 아닐 수 있는 것이다.

시스템 프레임워크는 운영개념을 만족하는 요구사항, 기능 및 구성요소를 목적에 맞게 조합하고 통합하는 기본이 된다.[5] 침수 및 배수 시스템에서 운영개념은 침수와 배수개념으로써 지진해일로 인해 외부유입에 따른 침수개념과 침수확대 방지를 위한 배수개념을 의미한다. 침수 및 배수에 대한 요구사항은 하드웨어 및 소프트웨어 관점으로 구분할 수 있는데 침수단계에서 하드웨어 관점은 지진해일, 침수구역, 물의 유입을 차단하는 구조물 등 물리적 객체에 대한 요구사항이며 소프트웨어 관점은 지진해일로 침수구역으로 물이 유입되는 과정과 절차에 대한 요구사항이다.

배수단계에서의 하드웨어 관점은 배수에 필요한

배수장치, 배관, 배수대상 구역 등 물리적 객체에 대한 요구사항이며 소프트웨어 관점은 배수대상 구역에서 배수장치 및 배관을 통해 배수하는 과정과 절차에 대한 요구사항이다. 침수 프로세스는 외부에서 유입된 물이 여러 경로를 통해 침수구역으로 내려가는 과정으로써 해당 건물/설비의 개구부를 통해 유입된 물은 최하층부터 침수시킨다. 배수 프로세스는 침수구역에서 상부로 물을 끌어올려 외부로 배수하는 과정인데 배수경로 차이는 있더라도 배수 순서는 동일하다. 시스템 구성요소는 상기의 침수 및 배수에 대한 물리적 객체와 지원시스템으로 이루어진다. 지원시스템이란 침수와 배수시스템을 지원하는 사업관리, 설계관리 및 연구개발 분야로 구분하였으나 이 분류는 조정가능하다.

그림 2는 침수 및 배수 시스템 프레임워크를 나타내는데 요구사항, 기능 등이 구성요소에 할당됨을 나타내고 요구사항, 목표, 기능 및 조건이 상호관계를 갖고 추적관계를 가져야 함을 보여준다. 시스템 공학 프로세스는 이러한 추적성 개선을 위해 적용한다. 다음의 침수시스템 및 배수시스템 설계 부분에서는 요구사항, 목표, 프로세스, 기능 및 조건 등에 대해 예시하면서 프레임워크의 구성에 대해 설명한다. 이 연구는 프레임워크에 초점을 두며 요구사항, 프로세스, 기능 및 조건에 대해 구체적으로 정의 및 분석하지 않는다. 이러한 정의 및 분석은 향후 연구에서 이 프레임워크를 토대로 진행할 수 있다. 요구사항은 자연현상에 따른 기술적 대응 및 인허가 측면을 고려하여 공학적으로 도출하는데 자연현상을 공학적으로 설명하는 데는 한계가 있을 수 있지만 자연현상분야에 대한 현재 기술을 기반으로 하되 변동가능성을 염두에 두고 요구사항을 분석하는 접근이 필요하다. 이 연구가 기존 연구에 비해 차별화되는 부분인 프레임워크 기반은 구성요소의 상호관계, 외부시스템과의 연계 등을 고려하고 정보의 입출력관계를 명확히 할 수 있는 골격을 제시하기 때문에 대상 시스템을 구체화시키기 위해서는 시스템공학 프로세스에 따라 운영개념과 목적을 구체화시켜야 한다. 프레임워크를 전제로 침수수



[그림 2] 침수 및 배수 시스템 프레임워크

위를 분석하는 시스템이나 배수용량을 산정하는 시스템을 구현을 위해서는 정량적 접근 및 시뮬레이션 등의 분석이 이루어 질 수 있다.

## 2.2 침수시스템 설계

침수시스템은 침수를 야기하는 지진해일(Tsunami), 침수대상인 건물(Building Area), 침수로부터 보호(Protection)하는 차수구조물로 구성한다. 건물에서 침수가 되는 부분을 침수구역이라고 하는데 침수구역은 침수정도에 따라 건물의 최하층부터 지상 상부 층에 이를 수 있다. 자연현상을 시스템 구성요소로 다루기 위해 지진해일 자체를 물리적 객체로 간주한다.

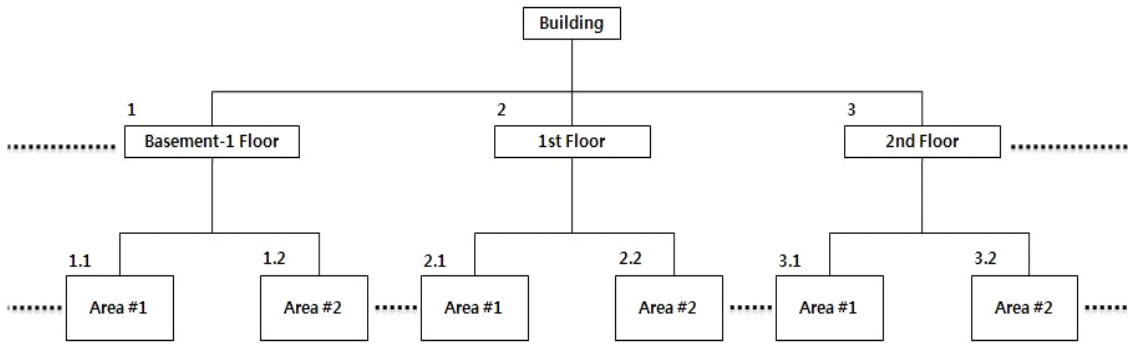
지진해일(Tsunami)은 자연현상이기 때문에 인위적으로 요구사항을 정의하기는 어렵지만 지진강도, 수심, 장파속도, 예상경로 등과 같이 지진해일의 피해 및 영향을 예측할 수 있는 지표에 대한 것으로 정리한다. 지진강도 요구사항은 지진해일을 일으키는 문턱(threshold) 지진강도를 나타낸다. 예컨대 “지진강도는 7 이상이다.”는 가능한 지진강도 요구사항에 해당할 수 있다. 마찬가지로 수심, 장파속도, 예상경로에 대해서도 분석자료 및 과거의 발생빈도 등을 이용하여 요구사항을 정의할 수 있다. 이러한 부정적 요구사항의 목표는 침수 및 파괴 등 부정적 것이다. 예컨대 “수심 100미터 이상에서 지각판 충

돌이 발생함으로써 비정상적인 수면요철이 발생한다.”는 지진해일 발생이라는 목표달성에 필요하다.

지진해일 프로세스는 그림 1의 지진해일 발생과정에 관한 것으로써 지진강도 7이상 발생, 지각판 충돌, 단층 어긋남, 해면요철, 장파 발생, 대양 전파, 지진해일 발생이라는 사건의 연결로 정의한다. 이러한 사건은 기능에 해당한다. 지진해일은 자연현상이기 때문에 시스템관점에서 지진해일에 대한 요구사항은 지진해일의 발생조건으로 이해하면 된다. 즉, 지진해일 프로세스 및 구성 사건은 지진해일이 발생하는 조건에 따라 정의하기 때문에 지진해일 프로세스는 지진해일 요구사항을 반영한다.

예컨대 지진강도 요구사항(“지진강도는 7 이상이다”)에 해당하는 기능은 “지진강도 7 발생”이다. 이와 비슷하게 다른 요구사항에 대한 기능 역시 정의하거나 도출할 수 있다. 조건은 요구사항에 포함시키지 않으나 시스템 구성요소의 기능과 관련한 제약사항, 가정 등과 같은 고려사항을 나타낸다. 지진해일에 대한 조건으로는 특수한 지형, 발생 가능성, 피해규모 등이 해당한다. 이러한 조건은 사회적, 국제적 영향과 같은 사회, 정치적인 조건도 포함할 수 있으나 여기서는 기술적인 조건에 국한한다.

건물은 구조 및 배치에 따라 침수구역이 상이할 수 있다. 건물의 요구사항은 설계기준 만족을 위한 것으로 토건, 설비, 전기, 계장분야로 구분할 수 있



[그림 3] 건물의 침수가능 구역 구분(예시)

고 여러 종류의 기술문서 및 인허가 문서에 포함되어 있다. 이 요구사항은 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면으로 구분할 수 있는데 하드웨어 측면은 건물의 벽체, 바닥층, 설비 등의 형상에 관한 것이다.

예컨대 “건물 1층은 설계기준 강도를 만족해야 한다.”는 구조물에 대한 상위요구사항에 해당한다. 소프트웨어 측면은 건물의 기능에 관한 것이다. 예컨대 “건물은 바닥마다 배수구로 물이 흐르도록 경사가 있어야 한다.”와 “유입된 물은 최하층으로 흘러간다.”는 요구사항에 해당한다. 요구사항의 목표는 건물의 기능 신뢰성 유지에 관한 것이다. 예컨대 설계기준 강도 만족은 건물의 건전성 유지라는 목표달성에 필요하다.

그림 3은 침수대상인 건물의 물리적 구조를 예시적으로 보여준다. 건물의 층별로 여러 침수가능 구역으로 세분할 수 있는데 이 경우는 지하 1층에 다수의 침수구역이 존재할 수 있음을 보여준다. 건물의 프로세스는 건물의 기능 요구사항에 따라 정의한다. 예컨대 요구사항(“설계기준 강도를 만족해야 한다.”)에 예시적으로 “건물은 내진강도 7의 지진에도 안전성에 치명적인 균열이 없다.”로 한다.

요구사항(“바닥마다 배수구로 물이 흐르도록 경사가 있어야 한다.”)의 해당하는 기능은 “건물로 유입된 물은 바닥 배수구로 흘러들어 간다.”로 하며, 요구사항(“유입된 물은 최하층으로 흘러간다.”)의 해당하는 기능은 “건물은 유입된 물을 최하층으로 흐르게 한다.”로 한다. 건물의 프로세스는 이러한 기능들로 이루어지는데 예시적으로 설명하면 건물

은 내진강도 7의 지진에도 안전성에 치명적인 균열이 없지만 유입된 물은 바닥 경사가 있어 배수구로 이동하고 최하층으로 흘러간다. 이러한 프로세스는 건물배치 등에 따라 차이가 있을 수 있다. 건물에 대한 조건으로는 기존건물의 기능 및 건전성 유지, 접근용이성 등이 해당한다. 차수구조물의 요구사항은 건물의 개구부에 대한 차수 및 방수조치에 대한 것이다. 침수구역은 건물의 구조 및 배치에 따라 상이할 수 있기 때문에 차수구조물 역시 침수구역에 따라 차이날 수 있다.

차수 및 방수조치를 하는 것은 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면으로 접근할 수 있는데 하드웨어 측면의 요구사항은 차수구조물의 구조 및 형상에 대한 것이고 소프트웨어 측면의 요구사항은 차수기능 유지에 대한 것이다. 차수구조물은 건물의 침수 대비 보강 및 차수 지속성 유지라는 목표달성에 필요하다. 차수구조물의 프로세스는 차수구조물의 요구사항에 따라 정의한다. 요구사항(“차수구조물은 물의 유입을 차단할 수 있는 크기 및 형상이어야 한다.”)에 해당하는 기능은 “차수구조물은 개구부를 통한 물의 유입을 차단한다.”이다.

요구사항(“차수구조물은 차수기능을 유지한다.”)에 해당하는 기능은 “차수구조물은 기준누수율을 만족한다.”이다. 차수구조물의 프로세스는 이러한 기능들로 이루어지는데 지진해일로 인한 해수가 건물에 도달하면 건물의 개구부에 설치된 차수구조물은 물의 유로를 변경시키고 유입량을 기준누수율 이하가 되게 하고 건물의 구조적 추가 피해를 저지

한다. 이러한 프로세스는 건물 및 설비의 배치 등에 따라 차이가 있을 수 있다. 차수구조물의 조건은 상용화된 기술 및 기성품 적용 등이 해당한다.

### 2.3 배수시스템 설계

배수시스템은 펌프, 배관 및 배수구역으로 구성한다. 배수구역은 침수구역에서 배수가 필요한 부분이다. 배수동력을 제공하는 장치인 펌프의 요구사항은 배수능력제공에 관한 것이다. 하드웨어 측면의 요구사항은 펌프의 형상 및 배치에 대한 것이고 소프트웨어 측면의 요구사항은 배수용량 및 전양정 만족에 관한 것이다. 펌프형상 및 배치는 운반 및 배치의 용이성, 배수용량 등 만족은 배수지속성 유지라는 목표달성에 필요하다. 펌프의 프로세스는 펌프의 요구사항에 따라 정의한다. 요구사항(“펌프는 양수가 가능한 곳에 설치한다.”)에 해당하는 기능은 “펌프는 유효흡입수두를 만족한다.”이다.

요구사항(“펌프는 배수용량 및 전양정을 만족한다.”)에 해당하는 기능은 “배수용량을 제공한다.”와 “전양정 이상으로 양수한다.”이다. 펌프의 프로세스는 이러한 기능들로 이루어지는데 펌프는 유효흡입수두를 만족하는 위치에서 동력을 공급받아 전양정에 해당하는 토출부로 양수한다. 펌프의 조건은 상용화된 기술 및 기성품 구매 등이 해당한다.

배관은 건물의 구조 및 배수방안에 따라 상이할 수 있다. 하드웨어 측면의 배관 요구사항은 배관의 형상 및 배치에 대한 것이고 소프트웨어 측면의 요구사항은 배수경로 제공에 대한 것이다. 이러한 요구사항의 목표는 배수의 지속성 유지이다. 배관의 형상 및 배치는 접근성 확보, 배수경로 제공은 침수수위 저감이라는 목표에 필요하다.

배관 프로세스는 배관의 요구사항에 따라 정의한다. 요구사항(“배관은 경로가 단순하다.”)에 해당하는 기능은 “배관의 표면 거칠기는 전양정을 만족하는 마찰손실이 하 이어야 한다.”이다. 요구사항(“배관은 배수경로를 제공한다.”)에 해당하는 기능은 “배관은 배수대상을 흡입하여 펌프로 보낸다.”와 “배관은 펌프 토출부로부터 최종 배수목적지로 양수하는

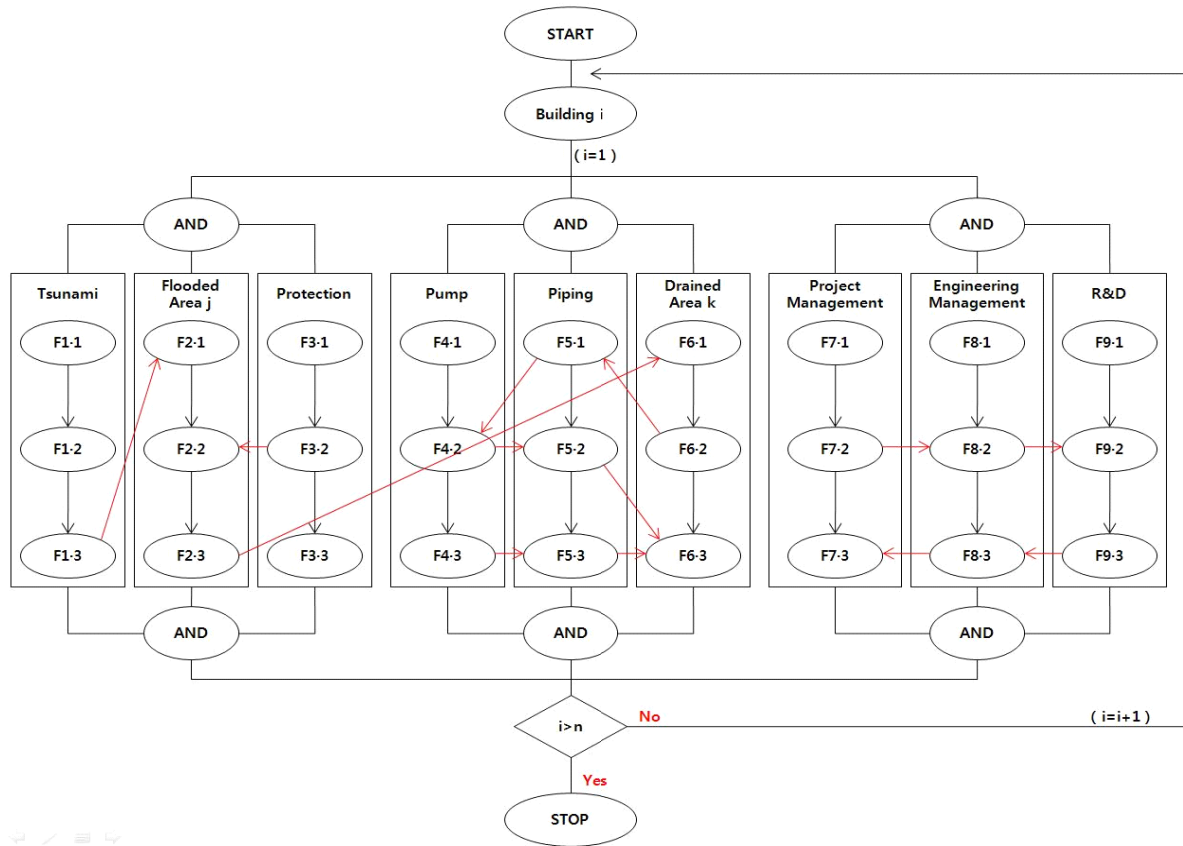
경로를 제공한다.”이다. 배관의 프로세스는 이러한 기능들로 이루어지는데 배수대상을 흡입하여 펌프로 보내고 펌프의 토출부에서 나온 배수대상을 최종 배수목적지로 보낸다. 배관에 대한 조건으로는 상용화된 기술 및 기성품 적용 등이 해당한다.

배수구역의 요구사항은 배수가 용이한 구조와 배수확대 방지에 대한 것이다. 하드웨어 측면의 요구사항은 “배수가 용이한 구조 및 배치”와 “인근 지역으로 침수가 확대되지 않는 구조 및 배치”이다. 소프트웨어 측면의 요구사항은 “배수구역은 배수에 지장을 주지 않는다.”이다. 요구사항의 목표는 배수의 지속성 유지에 대한 것이다.

배수구역의 프로세스는 배수구역의 요구사항에 따라 정의한다. 예컨대 요구사항(“배수구역은 상부에서 하부로 물이 유입되는 구조”)의 해당하는 기능은 “배수구역은 상부로부터 바닥으로 물을 모이게 한다.”로 한다. 요구사항(“배수구역은 배수에 지장을 주지 않는다.”)의 해당하는 기능은 “배수구역은 집수조로의 경사를 제공한다.”이다. 배수구역의 프로세스는 이러한 기능들로 이루어지는데 배수구역은 상부에서 내려온 물을 바닥으로 모으고 집수조로 보내며 바닥 침수가 진행된 후 배수구역은 주요 기기가 침수되지 않도록 한다. 배수구역에 대한 조건으로는 기존건물의 기능 및 건전성 유지, 접근용이성 등이 해당한다.

기능흐름은 운영개념을 반영하도록 상세히 준비할 수 있으나 여기선 기능흐름도 작성에 초점을 두지 않기 때문에 그림 4는 앞서 설명한 침수시스템, 배수시스템 및 지원시스템의 기능을 식별하고 시스템 간 기능상 연결을 예시적으로 보여준다.

그림 4는 지진해일에 따른 침수를 저지하거나 방수하기 위해 차수구조물을 설치하더라도 건물별로 침수구역이 생기는 데 침수구역에서 배수구역을 찾고 배수구역에 있는 기존 배관이나 신규배관을 배수용 펌프에 연결하여 건물 외부로 배수하며 기술개발을 통해 침수저지 및 배수능력을 개선하도록 설계 및 사업관리를 수행하는 개념을 설명한다. 이 경우 지진해일 프로세스의 기능은 F1.1, F1.2,



[그림 4] 침수 및 배수 프로세스 연결(예시)

F1.3이며 침수구역 프로세스의 기능은 F2.1, F2.2, F2.3이고 차수구조물 프로세스의 기능은 F3.1, F3.2, F3.3이다. 펌프 프로세스의 기능은 F4.1, F4.2, F4.3이며 배관 프로세스의 기능은 F5.1, F5.2, F5.3이고 배수구역 프로세스의 기능은 F6.1, F6.2, F6.3이다.

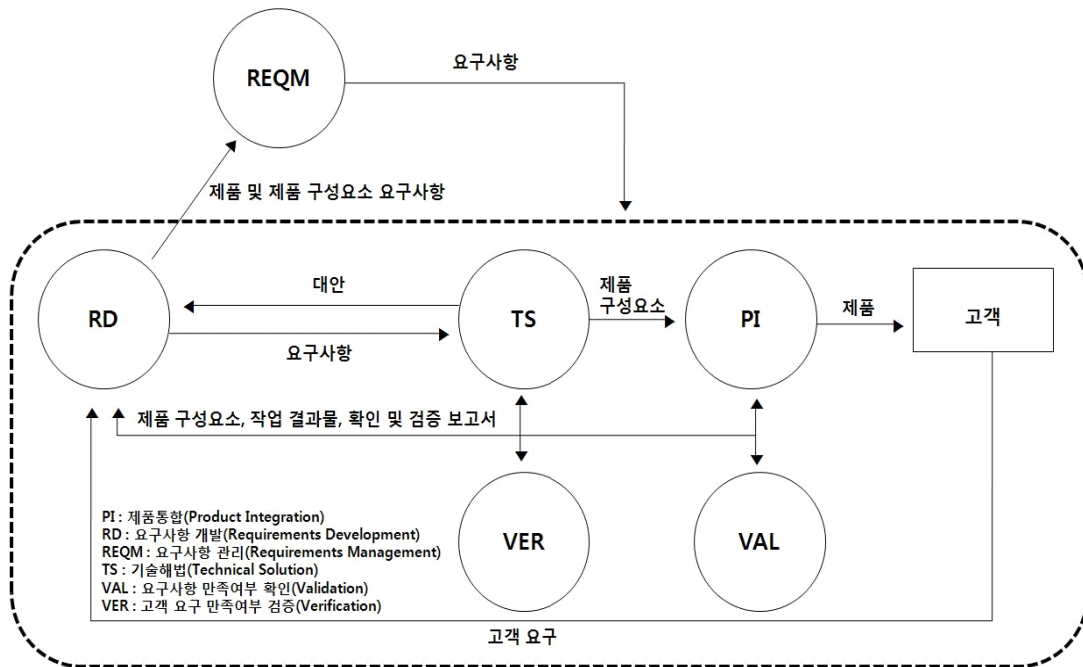
지원시스템은 사업관리, 설계관리 및 기술개발을 위한 것으로 사업관리 프로세스의 기능은 F7.1, F7.2, F7.3이며 설계관리 프로세스의 기능은 F8.1, F8.2, F8.3이고 기술개발 프로세스의 기능은 F9.1, F9.2, F9.3이다. 이 기능번호는 앞서 설명한 프로세스별 기능 및 선후행 기능과의 관계를 예시적으로 보여준다. 이러한 기능은 적용단계에서 구체화되고 세부적으로 준비할 수 있다.

### 3. CMMI 모델

#### 3.1 CMMI 모델 적용

CMMI(Capability Maturity Model Integration) 모델은 프로세스 및 조직의 능력성숙도를 평가하고 개선할 수 있는 지침을 제공하는 모델로써 1993년 소프트웨어 산업에 적용할 수 있는 CMM이 나온 이래 여러 모델을 점차 통합하여 현재의 CMMI 모델은 습득(Acquisition), 개발 및 서비스 분야로 구분되어 개발되었다. CMMI는 프로세스 영역을 프로세스 관리, 프로젝트 관리, 엔지니어링 및 지원으로 구분한다. 이중 엔지니어링 프로세스 영역은 제품통합(Product Integration), 요구사항개발(Requirements Development), 요구사항관리(Requirements Management), 기술해법(Technical Solutions), 확인(Validation) 및 검증(Verification)이다[그림 5]. 각 영역별로 목표 및 수행활동이 규정되어 있다.





[그림 5] 엔지니어링 프로세스 영역

요구사항 개발 및 관리영역은 침수 및 배수 시스템 프레임워크에 따라 요구사항을 개발하고 관리하는데 필요한 목표, 수행활동 및 검토항목을 제공할 수 있는데 목표에 따른 수행활동의 검토를 위한 항목은 표 1과 같이 정리할 수 있다.[6] CMMI 규정에 따르면 침수 및 배수 시스템을 위한 요구사항을 개발하기 위해서는 고객요구사항과 제품요구사항을 개발하고 요구사항을 분석하고 확인한다. 침수 및 배수 시스템에 대한 요구사항을 올바르게 정의하고 시스템 요구사항과 운용상의 규칙이나 지침을 구분하며 운용과 정비를 구분하는 것이 필요하다. 또한 시스템의 정의와 운용개념을 명확하게 하고 운용 프로세스는 구체적으로 수립하여 침수시스템과 배수시스템이 침수 및 배수 프로세스를 각각 구체적으로 반영하도록 한다. 요구사항은 침수 시스템 및 배수 시스템 요구사항, 성능 요구사항 및 비 기능요구사항으로 구분 정의한다. 이러한 규정은 이 연구에서 제시한 프레임워크와 함께 침수 및 배수 시스템을 설계하는 지침으로 적용가능하다.

### 3.2 요구사항 개발 및 관리 검토

요구사항 개발단계에서는 고객의 요구사항을 식별하고 이를 시스템 및 제품의 요구사항으로 변환시키고, 시스템 및 제품의 요구사항은 상위 레벨의 개념 솔루션으로 전환하며 해당 시스템 및 제품 구성요소에 배분한다. 이를 위해 요구사항 개발 프로세스 영역과 관리 프로세스 영역에서 규정된 목표와 수행활동을 지침으로 활용하고 이행여부를 검토하는 항목을 정의하여 침수 및 배수 시스템 프레임워크에 적용하면 요구사항의 구조화와 기술해법 개선이 가능하다.

지진해일과 같은 자연현상, 침수시스템, 배수시스템 및 관련 연구개발 시스템은 독립적이되 상호 피드백 관계가 있기 때문에 개별 시스템의 개발과 함께 시스템들 간의 연관성을 구체화하고 확인 및 검토하려면 CMMI 모델의 요구사항 개발 프로세스 영역 및 관리 프로세스 영역에서 제시하는 부분을 따르되 시스템의 특성을 고려하여 CMMI의 수행활동 등을 적절히 조정 적용할 필요가 있다.



<표 1> 요구사항 개발 및 관리 검토항목

프로세스 영역	목표	수행활동	검토항목	
요구사항 개발	고객요구사항 개발	요구도출	요구사항의 올바른 정의, 시스템 요구사항과 운용상의 규칙이나 지침을 구분, 운용과 정비의 구분 기술	
		고객요구사항 개발		
	제품요구사항 개발	제품 요구사항 작성		
		제품요구사항 할당		
		인터페이스 요구사항 식별		
	요구사항 분석 및 확인	운용개념 및 시나리오 작성		시스템의 정의와 운용개념의 명확성, 운용 프로세스의 구체성
		요구되는 기능성 정의		기능 요구사항, 성능 요구사항 및 비 기능 요구사항의 정의
		요구사항 분석		분석
요구사항 확인		확인		
요구사항 관리	요구사항 관리	요구사항 이해 획득	이해획득	
		요구사항에 대한 서약	서약	
		요구사항 변경관리	요구사항의 식별 관리, 요구사항의 추적성 관리	
		요구사항 추적		
		작업산출물과 요구사항간의 불일치 식별		

기술해법, 통합 등 다른 엔지니어링 프로세스 영역도 별도의 검토항목을 규정함으로써 침수 및 배수 시스템 프레임워크[그림 2]를 구체화하고 보완하는 데 적용할 수 있다. 여기서는 이러한 정성적인 장점을 언급하기로 하고 프로세스 영역의 구체적 적용은 추후 연구에 포함시키기로 한다.

#### 4. 결 론

시스템공학 프로세스에 따라 침수 및 배수 시스템을 개발 및 관리하기 위해 사용할 수 있는 시스템 프레임워크를 제시하였으며 시스템 구성요소(침수, 배수 및 지원시스템)의 기능흐름, 기능간의 입출력 관계가 있음을 기능흐름도로 예시하였다. CMMI의 요구사항 프로세스 영역 등 엔지니어링 영역은 이 연구에서 제시한 프레임워크와 함께 침수 및 배수 시스템의 구조화 및 추적성 개선을 위해 적용할 수 있다. 지진해일과 같은 자연현상에 완벽하게 대처할 수는 없으나 CMMI 및 프레임워크를 기반으로 유관 분야의 지식체계를 효율적으로 이용하고 연계시키

며 해당 시스템 개발에 적용한다면 불확실성을 줄이고 대처능력을 향상시킬 수 있다.

#### 참 고 문 헌

1. 오키나와 트리프 잠재 지진해일 전파특성, 한국해안. 해양공학회논문집, 20권 3호, 2008.6.
2. 일본 대지진 쓰나미 원전 피해, 과학과 기술, 2011.
3. Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, INPO 11-005, 2011.
4. Dennis M. Buede, The Engineering Design of Systems Models and Methods, John Wiley & Sons, 2000.
5. James N. Martin, Systems Engineering Guidebook, CRC Press, 1996.
6. CMMI for Development (CMMI-DEV), Version 1.2, SEI, Carnegie Mellon University, 2006.