



Document Number IT-PD-401-24/00001  
Document Date 8-March-2024  
Version 1.0  
Revision Date 21-February -2024  
Ext. Reference

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역 시방서

|          | <b>Name</b>    | <b>Action</b>                   | <b>Affiliation</b> |
|----------|----------------|---------------------------------|--------------------|
| Author   | Duck Young Ku  | 21-February -2024 : Signed      | KODA/SED/TTT       |
| Reviewer | Jaemin KIM     | 21-February -2024 : Recommended | KODA/SED/DCTT      |
| Reviewer | Ji Young Jung  | 21-February -2024 : Recommended | KODA/PMD/HPMT      |
| Reviewer | Hangsung Kim   | 22-February -2024 : Recommended | KODA/QMD           |
| Reviewer | Hee Jin Shim   | 22-February -2024 : Recommended | KODA/SED/DCTT      |
| Approver | MunSeong Cheon | 22-February -2024 : Approved    | KODA/SED/DCTT      |



### History of Revision

| Rev. No. | Date              | Description |
|----------|-------------------|-------------|
| 1.0      | 21-February -2024 |             |



**KO comment**

| Name           | Comment |
|----------------|---------|
| Duck Young Ku  |         |
| Hee Jin Shim   |         |
| Hangsung Kim   |         |
| Ji Young Jung  |         |
| Jaemin KIM     |         |
| MunSeong Cheon |         |

# ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

## 목 차

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| <b>1 목적</b> .....             | <b>- 2 -</b>  |
| <b>2 계약범위 및 용역기간</b> .....    | <b>- 2 -</b>  |
| 2.1 계약범위 .....                | - 2 -         |
| 2.2 용역기간 .....                | - 3 -         |
| <b>3 상세 기술 사양</b> .....       | <b>- 4 -</b>  |
| 3.1 용어 정의.....                | - 4 -         |
| 3.2 개요 .....                  | - 4 -         |
| 3.3 전자기 해석모델.....             | - 4 -         |
| 3.4 전자기 해석 주요 업무 및 요구사항 ..... | - 11 -        |
| <b>4 업무추진 요구사항</b> .....      | <b>- 12 -</b> |
| <b>5 특기 사항</b> .....          | <b>- 13 -</b> |
| <b>6 제출 문서</b> .....          | <b>- 14 -</b> |
| 6.1 제출항목 및 제출시기 .....         | - 14 -        |
| 6.2 문서 제출.....                | - 14 -        |
| <b>7 품질보증 요건</b> .....        | <b>- 15 -</b> |
| 7.1 일반사항 .....                | - 15 -        |
| 7.2 계약이행 조직의 구성 .....         | - 15 -        |

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 1 목 적

본 기술시방서는 한국핵융합에너지연구원(KFE) ITER 한국사업단 (이하 “발주자”)에서 “국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업”의 일환으로 추진중인 “ITER 진단 포트 전자기해석” 용역 수행에 필요한 전반적인 기술 사양과 제반 조건을 기술하고 있으며, 아래의 업무 수행을 목적으로 한다.

- (1) ITER 상부포트 18 번 전자기 해석 모델 작성 지원
- (2) ITER 하부포트 2 번 랙 (Rack) 전자기 해석

### 2 계약범위 및 용역기간

공급자는 본 시방서에서 언급하고 요구하는 모든 기술 사양 및 제반 조건을 만족시켜야 하며, 본 용역 수행에 필요한 기술 인력, 필요 장비 및 관련된 자료를 확보하여야 한다.

공급자는 본 시방서에서 요구하고 있는 기술 사양 및 제반 기준에 대하여 필요 시 발주자의 승인을 취득한 후 각각의 공정을 진행하여야 하며, 발주자의 기술적인 요구 사항에 적극적으로 협조를 하여야 한다.

공급자는 본 시방서에 명기된 요건과 발주자가 제공하는 기술자료 및 참고자료를 기반으로 하여 세부 기술 업무를 수행하여야 한다.

#### 2.1 계약범위

본 “ITER 진단 포트 전자기 해석” 용역을 통해 수행하여야 할 상세 업무 내용 및 예상 결과물은 Table 1 과 같다.

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

Table 1 세부 업무 내용

| 업무내용   | 예상 결과물  |
|--|---|
| (1) ITER 상부포트 18 번 전자기 해석 모델 작성 지원<br>- In-vessel 모델 수정 (DFW, DSM, PORT PLUG, VV, Blanket, cryostat)<br>- 포트 플러그 (PP), 진단차폐모듈 (DSM), 진단일차벽 (DFW) 모델 포함<br>- 인터페이스 지지구조물 (ISS), 포트셀 지지구조물 (PCSS) 모델 포함<br>- 진단장치 모델 포함한 단순화 작업 및 격자작업 | - 단순화된 3D 형상 모델<br>- ANSYS Maxwell 3D 파일 및 Macro 파일                                 |
| (2) ITER 하부포트 2 번 랙 (Rack) 전자기 해석<br>- 3D 형상 모델 단순화<br>- Maxwell 3D 를 이용한 전자기해석<br>- ITER MQP 보고서 양식의 전자기해석 결과 보고서   | - 단순화된 3D 형상 모델<br>- ANSYS Maxwell 3D 파일 및 Macro 파일<br>- 전자기해석 보고서 (영문)<br>- 결과 데이터 |

\* 3D 모델은 발주자가 제공하며, 해석을 위한 모델 단순화는 직접 수행하여야 함.

### 2.2 용역기간

본 용역의 계약기간은 2024 년 8 월까지이며, 공급자는 계약이후 용역 상세공정을 제출하여야 하며, 세부 일정은 발주자의 일정에 따라 조정될 수 있다. 본 용역 관련 주요 일정은 Figure 1 과 같다.

|       | 2024      |                      |   |             |   |   |
|-------|-----------|----------------------|---|-------------|---|---|
|       | 3         | 4                    | 5 | 6           | 7 | 8 |
| 상부 포트 | MGM 모델 수정 |                      |   |             |   |   |
|       |           | 상부 포트 모델 단순화 및 격자 생성 |   |             |   |   |
| 하부 포트 |           | 하부 포트 모델 단순화 및 격자 생성 |   |             |   |   |
|       |           |                      |   | 해석 및 보고서 작성 |   |   |

Figure 1 용역의 주요 일정

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3 상세 기술 사양

#### 3.1 용어 정의

|       |  |
|-------|--|
| DFW   | 진단일차벽 (Diagnostic First Wall)                                  |
| DSM   | 진단차폐모듈 (Diagnostic Shield Module)                              |
| FDR   | 최종설계 검토 (Final Design Review)                                  |
| IDM   | ITER 문서관리 시스템 (ITER Document Management System)                |
| IKIMS | ITER 한국사업단 정보관리 시스템 (ITER Korea Information Management System) |
| ISS   | 인터스페이스 지지구조물 (Interspace Support Structure)                    |
| IO    | ITER 국제기구 (ITER Organization)                                  |
| JADA  | Japan Domestic Agency  |
| KFE   | 한국핵융합에너지연구원 (Korea Institute of Fusion Energy)                 |
| KO-DA | ITER 한국사업단 (Korea Domestic Agency)                             |
| MQP   | Management and Quality Programme                               |
| MGM   | Maxwell Global Model   |
| NAS   | 중성자 방사화 시스템 (Neutron Activation System)                        |
| PCSS  | 포트셀 지지구조물 (Port Cell Support Structure)                        |
| PP    | 포트 플러그 (Port Plug)   |
| VUV   | 진공 자외선 (Vacuum Ultra-Violet)                                   |
| UP    | 상부 포트 (Upper Port)   |
| UVNC  | 상부 수직 중성자 카메라 (Upper Vertical Neutron Camera)                  |

#### 3.2 개요

ITER 전체 전자기 해석 모델 작성을 수행하기 위해서 각 부품 별로 형상 단순화 작업과 격자 작업을 진행한다. 각 부품 별로 선택이 가능할 수 있도록 모델을 작성해야 한다. 지정한 시나리오에 대해서 전자기해석을 수행하여야 하고 해석 결과에 대해서 발주자가 지정한 양식에 맞추어서 **영문 결과보고서**를 작성하여야 한다.

#### 3.3 전자기 해석모델

Figure 2 와 3 은 진공 영역을 포함한 ITER 모델의 형상을 나타낸다. 3D 형상 모델은 ITER 한국사업단에서 제공한 모델을 이용해서 모델 단순화 및 격자 작업을 수행하여야 한다. 3D 형상 모델의 단순화는 임의적으로 변경할 수 없으며 변경하는 사항에 대해서는 사전 협의가 필요하다.

ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

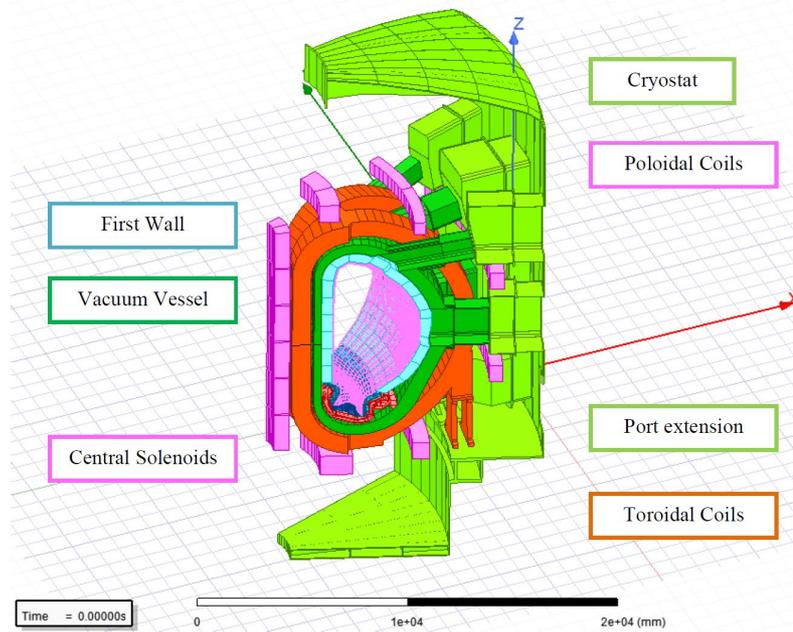


Figure 2 ITER 전자기 해석 모델

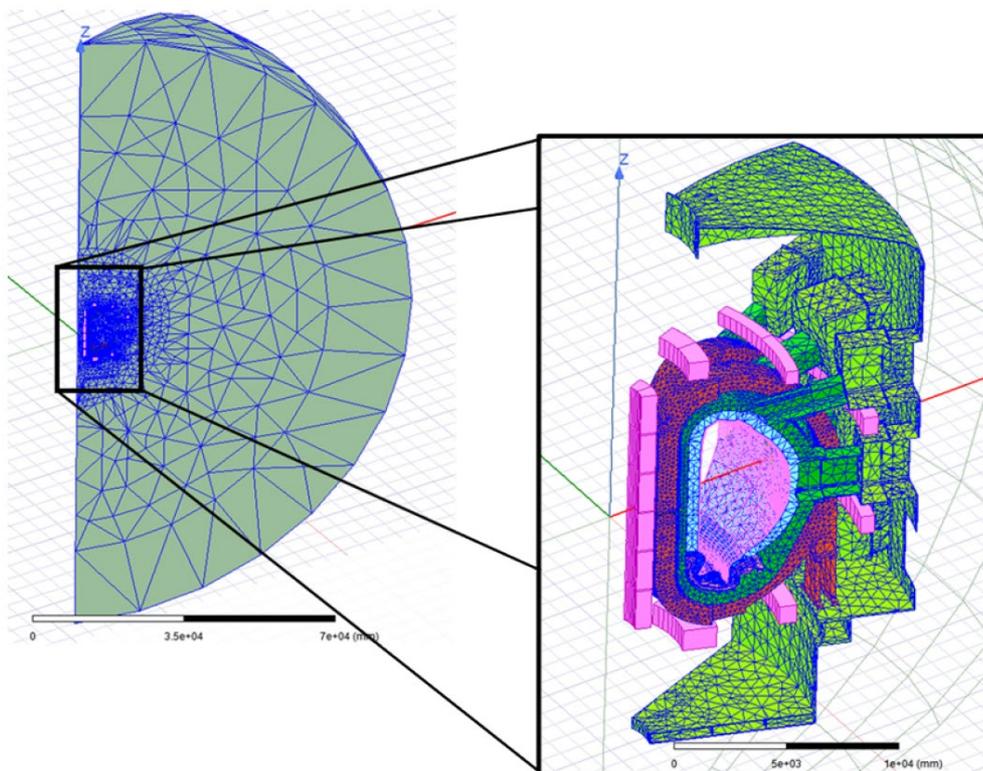


Figure 3 ITER 전자기 해석 모델 격자 예시

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3.2.1 진공용기

Figure 4 는 진공용기 모델의 형상을 나타낸다. 3D 형상 모델은 발주자가 제공한 모델을 이용해서 모델 단순화 및 격자 작업을 수행하여야 한다. 격자 작업을 수행할 시 cyclic 경계조건이 가능하도록 격자를 생성해야 한다.

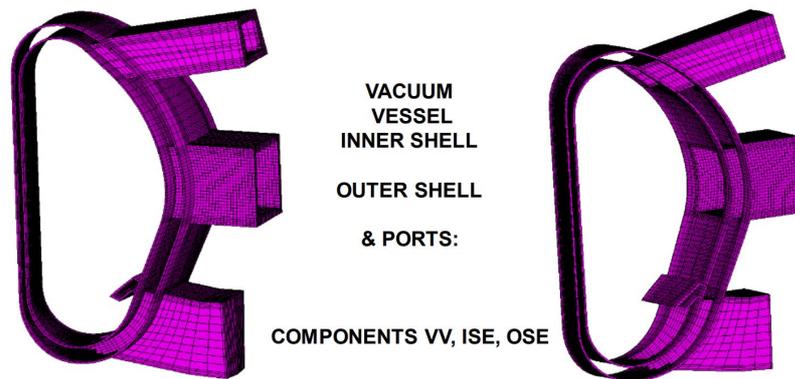


Figure 4 진공용기 모델 및 격자 예시

### 3.2.2 자석 (PF, CS, TF)

Figure 5 은 자석 모델의 형상을 나타낸다. 3D 형상 모델은 발주자가 제공한 모델을 이용해서 모델 단순화 및 격자 작업을 수행하여야 한다. 격자 작업을 수행할 시 cyclic 경계조건이 가능하도록 격자를 생성해야 한다.

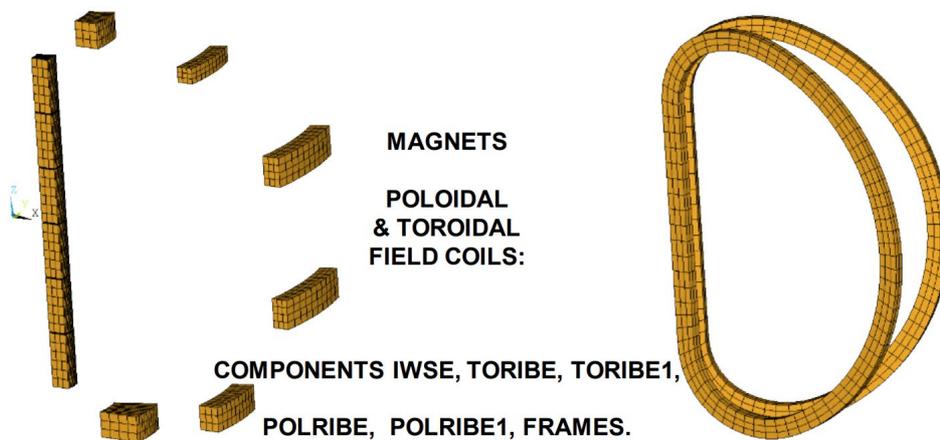


Figure 5 자석 모델 및 격자 예시

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3.2.3 상부포트

Figure 6, 7, 8, 9 은 상부포트 모델의 형상을 나타낸다. 3D 형상 모델은 발주자가 제공한 모델을 이용해서 모델 단순화 작업을 수행하여야 한다. In-vessel component 에는 Port Plug, DSM, DFW 모델이 포함되며, Ex-vessel component 에는 ISS, PCSS 모델이 포함된다.

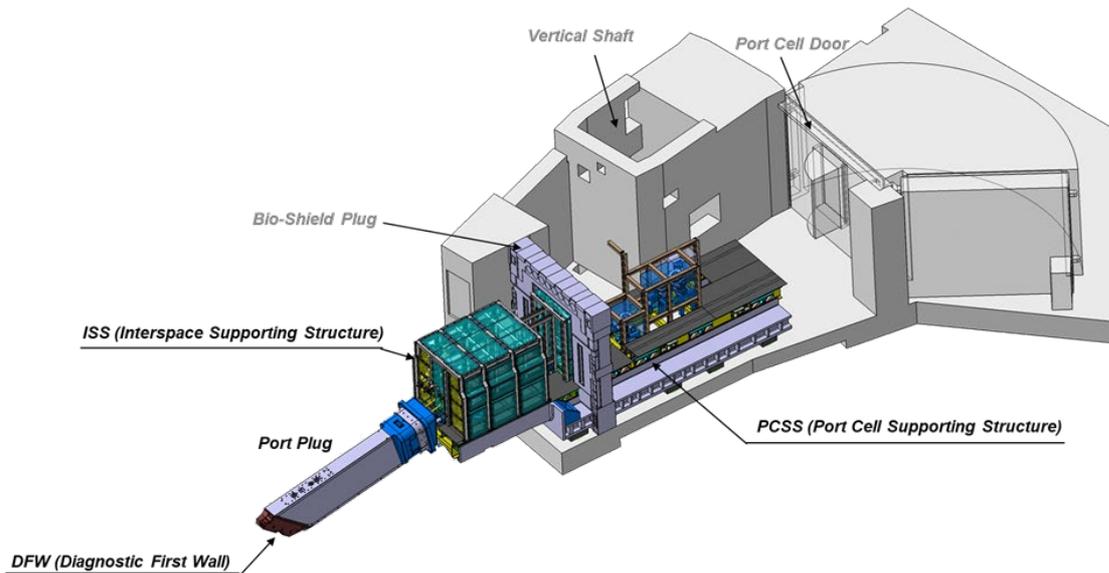


Figure 6 상부포트 모델

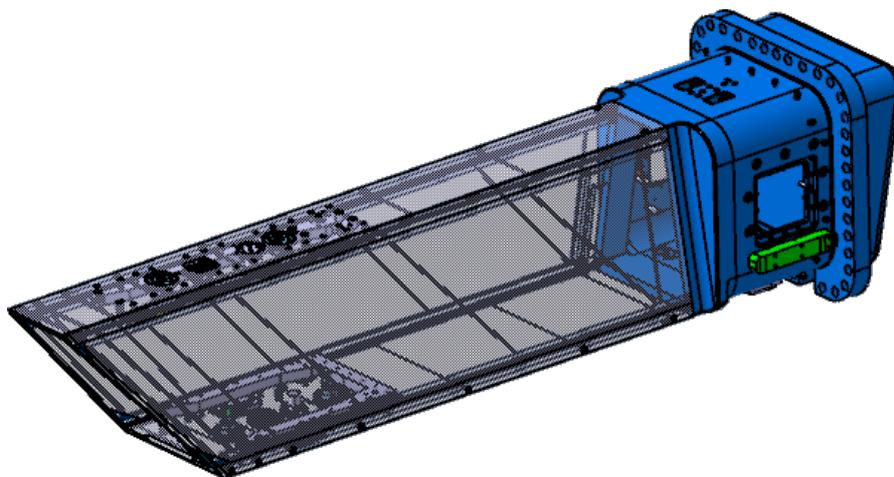


Figure 7 상부 포트 플러그 (Upper Port Plug) 모델

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

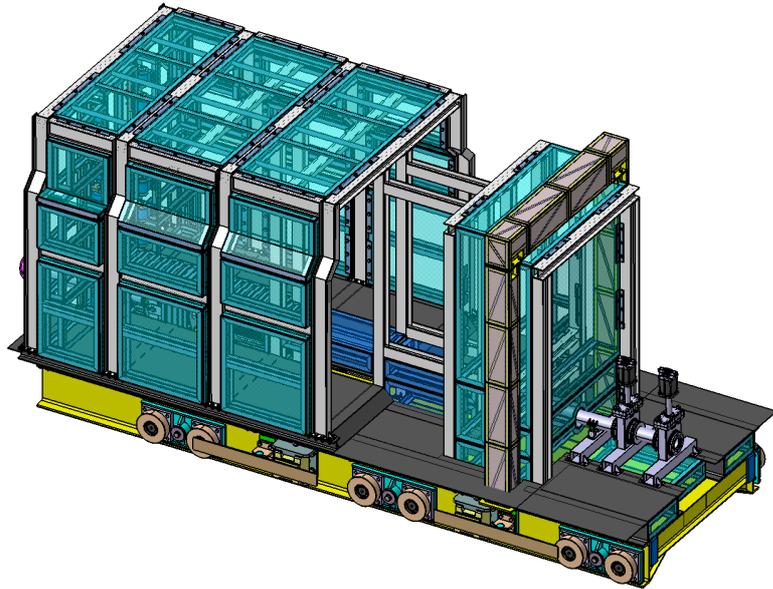


Figure 8 상부 포트 인터스페이스 지지 구조물 (ISS) 모델

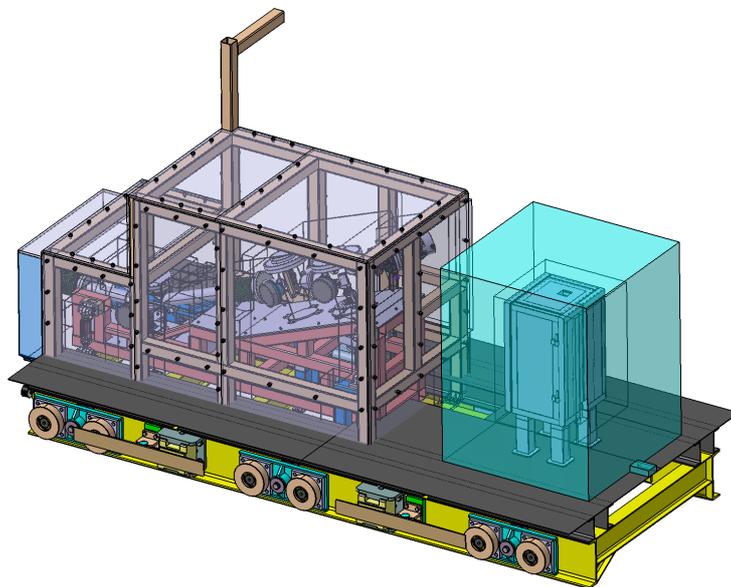


Figure 9 상부 포트 포트셀 지지 구조물 (PCSS) 모델

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3.2.5 상부포트 진단차폐모듈 (DSM)

상부포트 18 번 진단차폐모듈의 형상은 Figure 11 과 같다. 진단차폐모듈은 진단장치를 지지하고, 중성자 차폐를 위한 구조물이며, 중성자 차폐를 위한 backfilling 및 B4C 차폐체와 그를 지지하기 위한 스테인리스 스틸 재질의 트레이가 설치 된다. (단, Backfilling 및 B4C 차폐체는 전자기 해석 모델링에서 제외한다.)

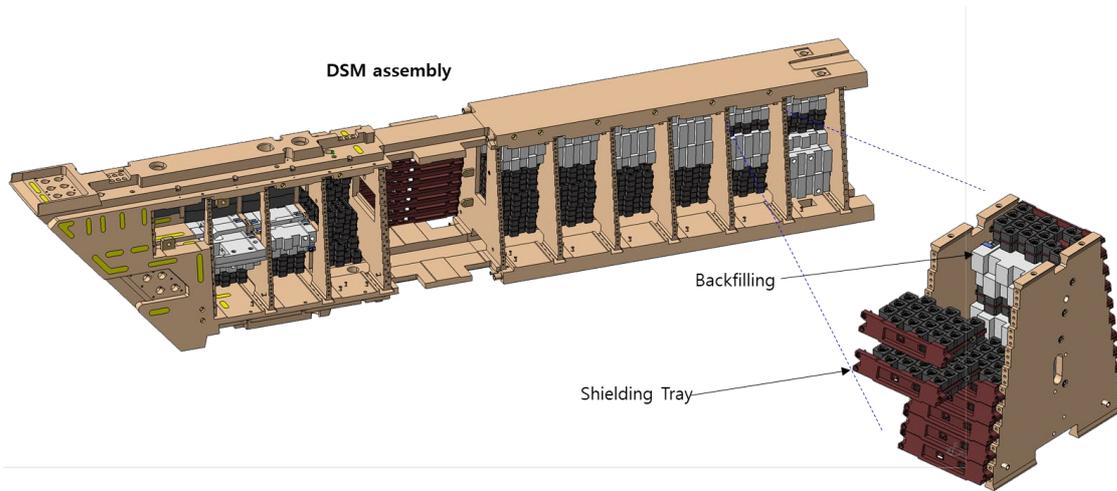


Figure 10 상부포트 진단차폐모듈

### 3.2.6 상부포트 진단일차벽 (DFW)

진단일차벽은 진단차폐모듈 앞쪽에 두개가 설치되며, 플라즈마로부터 진단장치를 보호하는 역할을 한다. 진단일차벽의 형상은 Figure 12 과 같다.

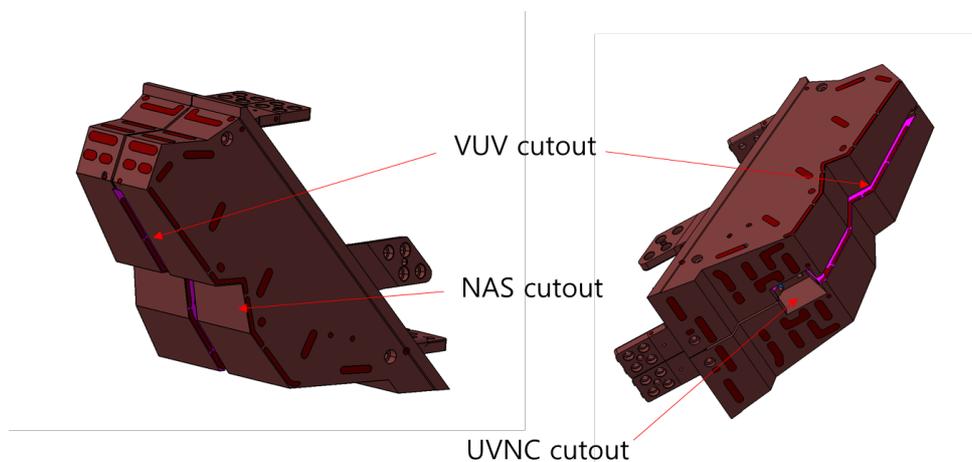


Figure 11 상부포트 진단일차벽

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3.2.7 하부포트

Figure 13 과 14 은 하부 포트 및 랙 모델의 형상을 나타낸다. 3D 형상 모델은 발주자가 제공한 모델을 이용해서 모델 단순화 작업을 수행하여야 한다. 하부포트는 전방 랙 (Front Rack), 후방 랙 (Rear Rack), 디버터 레일 (Divertor Rail) 등으로 이루어져 있다. 상세 모델은 추후 변경될 수 있다.

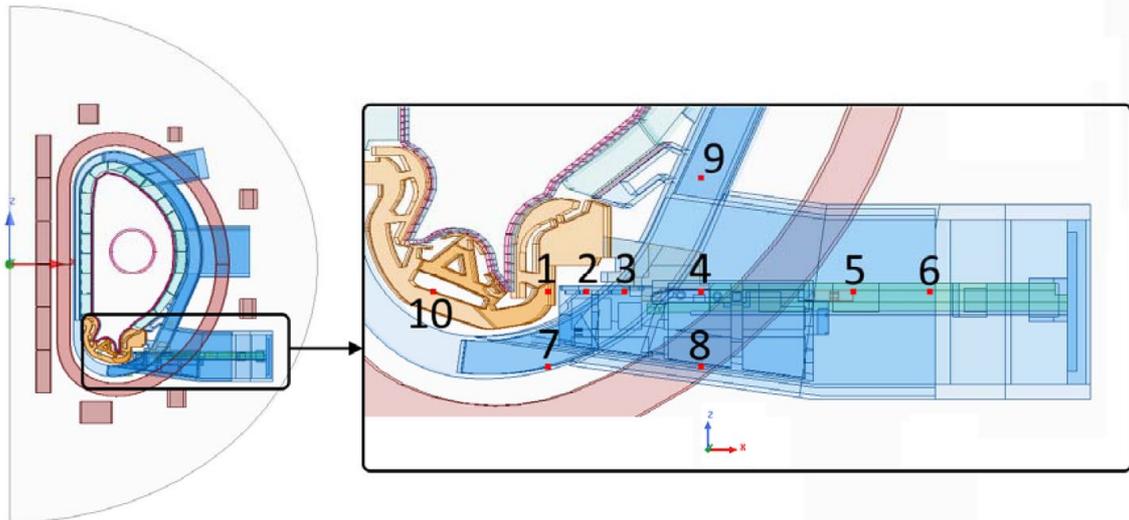


Figure 12 하부 포트 랙 위치

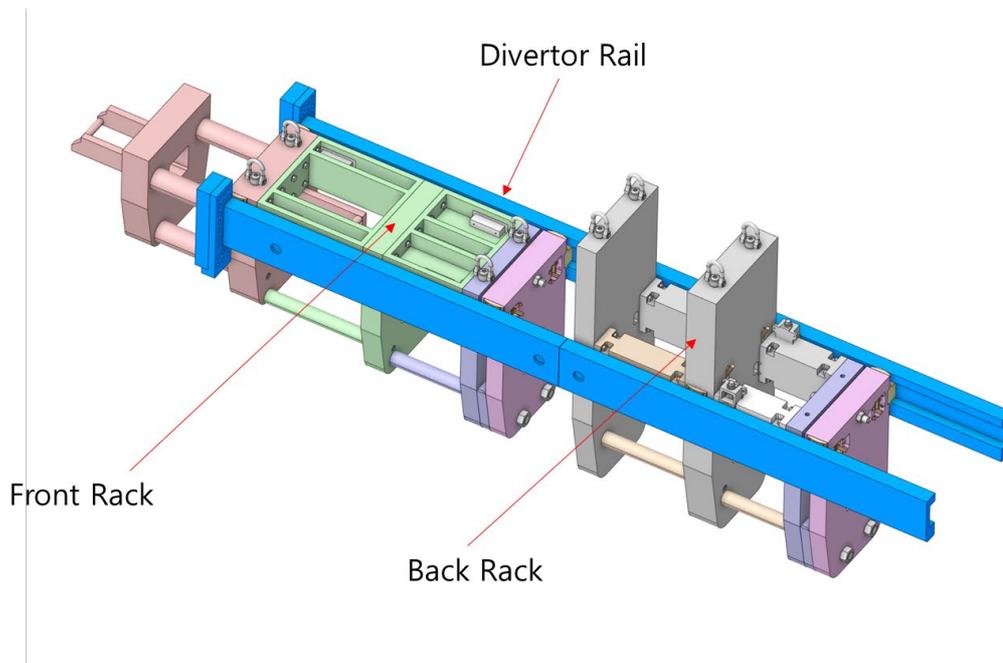


Figure 13 하부 포트 랙 모델

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 3.4 전자기 해석 주요 업무 및 요구사항

공급자는 발주자가 제공하는 자료 및 문서를 바탕으로 "ITER 진단 포트 전자기 해석"을 계약기간 동안 수행/완료하여야 한다. 해석은 ANSYS MAXWELL v2021R1 을 활용하여 수행하도록 하며, Pre-Processing 은 별도의 전용 프로그램을 사용하여 수행할 수 있다. 공급자는 발주자가 제공하는 MGM (Maxwell Global Model) 및 3D CAD 모델 (STP file)과 해석 시나리오 및 경계 조건을 사용하여 계약 범위에 해당하는 전자기 해석을 수행한다. 공급자는 아래의 ITER 해석 지침서에 따라 해석을 수행하며 필요시 발주자와 협의를 통해 해석 방식을 결정하도록 한다.

- 전자기 해석 지침서 (Instructions for EM Analyses, ITER\_D\_TSZ9KQ)

해석 및 평가 결과는 제목의 ITER 지침서 및 아래의 작성 양식에 따라 보고서를 작성하도록 한다. 보고서 제출시에는 아래의 체크리스트를 작성하여 같이 제출한다. 공급자는 제출한 보고서에 대해 KFE 또는 JADA 의 검토 및 승인을 받을 것이며, 수정요구사항이 있을 경우 공급자는 검토의견을 반영하여 2 개월 이내에 KFE 또는 JADA 의 승인을 받을 수 있도록 보고서를 수정 및 제출하도록 한다.

- 전자기 해석 보고서 작성 양식 (Template for EM analysis Report, ITER\_D\_6NVTVK)
- 전자기 해석 검토자 체크리스트 (Checklist for EM Analyses: Reviewers, ITER\_D\_PRAT8Q)
- 전자기 해석 기술검토자 체크리스트 (Checklist for EM Analyses: Technical Checker, ITER\_D\_SYCCLR)

공급자의 상세 업무 범위는 "ITER UP #18 EM Analyses Model 지원과 ITER LP #2 Rack EM Analyses 에 기술되어 있으며, 발주자와 공급자의 사정에 따라 계약 상세 사항 및 업무 범위는 상호 협의 하에 변경할 수 있다.

#### ITER 상부포트 18 번 전자기 해석 모델 지원

- 1) MGM 모델 수정을 수행해야 한다.
- 2) 포트플러그 (PP), 진단차폐모듈 (DSM), 진단일차벽 (DFW), 인터스페이스 지지 구조물 (ISS), 포트셀 지지구조물 (PCSS) 모델 및 진단 장치 모델 단순화 작업을 지원해야 한다.

#### ITER 하부포트 2 번 랙 (Rack) 전자기 해석

- 1) 해석 모델링을 위한 형상 단순화를 수행해야 하며, 최종 해석 형상 및 경계조건은 발주자와 협의하여 결정한다.

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

- 2) 형상 단순화시, 각 부품의 접촉 면적을 고려하여야 하며, 실제 부품과 단순화된 모델과의 질량비에 따른 물성치 보정을 할 수 있다.
- 3) 해석 모델은 Front Rack, Back Rack 및 디버터 레일 모델이 포함된다.
- 4) 경계 조건에 사용하는 전류 인풋에 대한 Macro 에 대한 사전 협의가 필요하다.
- 5) 아래의 5 가지 Disruption 시나리오에 및 1 가지 Fast Discharge 대해서 transient 및 frequency magnetic solver 를 사용하여 해석을 수행한다.
  - MD II UP 16 Exp (Major Disruption with 16 ms Exponential Decay)
  - VDE III DW 36 Lin (Downward VDE with 36 ms Linear Decay)
  - VDE III UP 36 Lin (Upward VDE with 36 ms Linear Decay)
  - VDE IV DW SF (Downward VDE Slow Fast revised Cat II)
  - VDE IV UP SF (Upward VDE Slow Fast Cat II)
  - Magnet Fast Discharge
- 6) 각 해석 결과에 대해서, 각 부품의 시간에 따른 로렌츠력, 토크 등을 구해야 하며, eddy current 의 흐름에 따른 현상 분석도 같이 이루어져야 한다.
- 7) 좌표 별 로렌츠력 및 토크 raw data 를 제공하여야 한다.
- 8) 전자기 해석에 대한 결과보고서를 ITER MQP 양식에 맞게 작성하고, JADA 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 2 개월 이내에 수정한다.

### 4 업무추진 요구사항

FDR 등 IO 및 JADA 관계자가 참석한 모든 회의는 영어로 진행되며, 회의에 참석한 공급자는 영어로 발표 및 질의응답을 수행한다. 영어 번역 및 구두 소통에 대한 오해로 인한 책임은 공급자가 가진다.

발주자는 공급자로 하여금 계약 범위 내에서 필요한 경우 원활한 업무 및 기술 협의 등을 수행하기 위해 IO 및 JADA 와의 화상회의를 요구할 수 있다. 예상 회의 내용은 관련 기술 회의이며 사정에 따라 변경될 수 있다.

공급자는 매주 진행상황을 발주자에게 주간 회의를 통하여 보고하여야 하며, 주간회의보고서는 회의 개최 전에 전자파일 형태로 제출하여야 한다. 주간 회의와 별도로 특별한 현안에 대해서 기술 회의를 요청할 경우, 공급자는 이에 적극 협조하여, 회의 참석 및 발표하여야 한다. 또한 공급자는 주간 회의, 기술 회의 등의 공식회의에서 논의되었던 내용을 중심으로 회의록을 3 근무일 이내에 작성하여 발주자에 제출하고, 발주자의 검토 승인을 받아 이를 관리하여야 한다.

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 5 특기 사항

모든 업무는 발주자가 제공하는 기술시방서 및 발주자 공급문서를 기준으로 실행하며 공급자 임의로 변경하여 적용할 수 없다. 또한 추가 상세 사양 및 보완 사항은 공급자가 확정된 후 추후 계약범위 이내에서 발주자와 협의하여 조정한다.

공급자는 본 용역의 수행과정에서 발주자가 제공한 MGM 모델, 캐드 모델, 도면, 기술자료, 및 습득한 제반 지식을 발주자의 사전 승인 없이 국내/외 타 프로젝트에 임의로 사용하거나 반출할 수 없다. 본 기술시방서에서 언급하고 있는 용역의 산출물 (문서, 해석파일 등) 또는 용역의 수행 과정에서 공급자가 새로이 습득한 기술정보는 발주자의 소유로 한다.

공급자는 본 용역의 업무 중 일부를 협력업체를 통해 수행할 수 없으며, 공급자가 모든 과정을 직접 수행하여야 한다.

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

### 6 제출 문서

#### 6.1 제출항목 및 제출시기

공급자는 본 기술시방서에서 제시한 일정, 계획, 등을 계약 후 2 주 내에 제출해야 하며, 본 용역의 시방서 요건에 따라 결과 파일 및 문서 기록물들을 아래 제출 시기에 제출하여야 한다.

Table 2 제출문서 및 제출시기

| 항목                | 내용   | 제출 시기                   | 비고             |
|-------------------|--|-------------------------|----------------|
| 용역수행계획서           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 업무추진 방안 및 일정</li> <li>• 용역 공정표 등</li> </ul>                                   | 계약 후 2 주 이내             | 국문             |
| Quality Plan      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가이드라인에 따라서 작성</li> </ul>  | 계약 후 2 주 이내             | 영문             |
| 상부포트 18 번 해석 결과물  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• MGM 수정된 모델</li> <li>• 상부 포트 단순화된 모델</li> </ul>                                | 용역 일정에 따라<br>(Figure 1) | 영문             |
| 하부포트 2 번 락 해석 결과물 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해석 모델 및 해석 파일</li> <li>• 결과 데이터</li> <li>• 해석 보고서</li> <li>• 체크리스트</li> </ul> | 용역 일정에 따라<br>(Figure 1) | 영문             |
| XXXXXX            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 용역 세부 내용의 결과</li> </ul>   | 계약완료시                   | 영문<br>또는<br>국문 |

#### 6.2 문서 제출

용역 수행 중 개발된 문서 및 도면은 전자파일 형태로 ITER 한국사업단 정보관리시스템 (ITER Korea Information Management System, IKIMS)의 교신기능을 통해 발주자에게 제출하여야 한다. 문서 및 도면이 IKIMS 나 DCS (JADA Document Control System)에서 승인되지 못하는 경우, 공급자는 미승인 문서에 대해 발생한 검토자들의 의견을 반영하여 개정본을 IKIMS 를 통해

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

제출하여야 한다. 문서 및 도면은 PDF 파일 형태로 제출하되, 검토 등의 목적을 위해 발주자가 요청하는 경우 Microsoft Office 파일 등 원본 파일을 제출하여야 한다.

### 7 품질보증 요건

#### 7.1 일반사항

- 공급자는 업무수행 시 발주자가 제시하는 품질보증요구조건을 준수하여야 한다.
- 품질보증요건의 이행은 ITER 한국사업단에서 수립한 지침서, 절차서 또는 지시서에 따라 수행하여야 한다.
- 공급자는 품질계획서(Quality Plan)를 ITER 한국사업 품질보증프로그램(ITER Korea Quality Assurance Program)의 해당 요건 및 Quality Plan Guideline 에 따라 영문으로 작성하여 계약업무 착수 이전에 연구원 및 JADA 의 승인을 득해야 하고, 계약 이행에 대한 모든 업무에 적용시켜야 한다.
- 공급자는 계약의 일부 또는 전부를 다른 업체에 하도급 할 수 없다.
- 공급자는 ITER 한국사업단의 요청 시 연구원 해당부서의 검토 또는 승인을 받아야 하며, 품질 검사 요청 시 적극 협조하고 승인된 절차에 의해서 업무를 수행해야 한다.
- 발주자 및 ITER 한국사업단은 공급자의 업무수행 중 명시된 기술시방서 요건 및 품질보증계획에 따라 이행여부 점검 및 부적합사항의 원인을 사전에 제거하기 위해 품질검사를 시행할 권한을 가진다.
- 공급자는 발주자 및 ITER 한국사업단이 제한 없이 공급자의 본 용역과 관련된 시설을 출입하여 검사, 감사 및 감독하며 필요시 관련된 모든 문서를 검토 및 열람할 수 있도록 조치하여야 한다.
- 공급자는 발주자 및 ITER 한국사업단의 품질보증감사 시 최대한 협조해야 한다.
- 본 용역 업무에서 준용하는 기술문서 및 3D 모델은 ITER 한국사업단이 공급자에게 제공한다.

#### 7.2 계약이행 조직의 구성

## ITER 진단 포트 전자기 해석 용역시방서

---

계약이행을 위하여 다수의 조직이 관련되는 경우, 각 조직의 책임한계가 명확히 수립되어야 하고, 각 조직 간의 상호 의견교환을 위한 절차가 마련되어야 한다.