



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

해양 프로젝트의 효율적인
Commissioning Engineering에 관한 연구

A Study for Efficient Commissioning Engineering of
Offshore Project



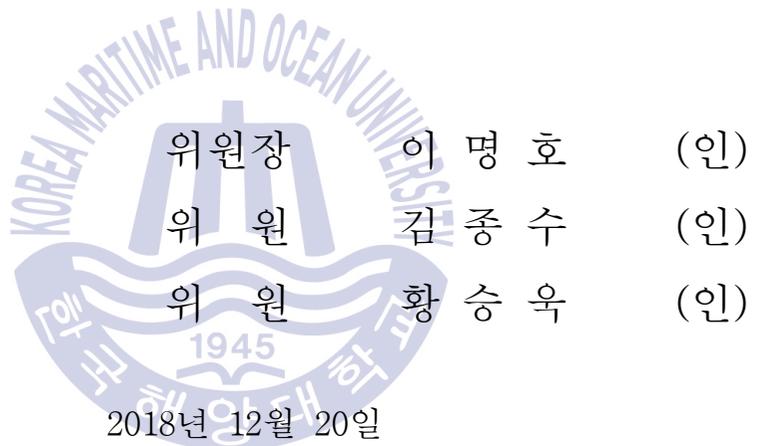
2019년 2 월

한국해양대학교 해사산업대학원

컴퓨터 공학과
김 복 철



본 논문을 김복철의 공학석사 학위논문으로 인준함.



한국해양대학교 해사산업대학원



목 차

List of Tables	v
List of Figures	vi
Abstract	ix

제 1 장 서 론

1.1 연구목적	1
1.2 연구방법	3

제 2 장 커미셔닝 설계와 해양플랜트 준비과정

2.1 해양플랜트 라이프 사이클	4
2.2 커미셔닝 단계	5
2.2.1 준비 단계 : 커미셔닝 설계	5
2.2.2 메카니컬 컴플리션	6
2.2.3 프리커미셔닝	6
2.2.4 커미셔닝	7
2.2.5 스타트업	7
2.3 연구에 사용된 해양 프로젝트 사양	8
2.4 프로젝트 준비과정 비교	9
2.5 프로젝트 커미셔닝과 트랜지션 마일스톤	10

제 3 장 A 프로젝트 분석

3.1 해양플랜트 커미셔닝 프로그램스 분류방법	12
3.2. A 프로젝트 태스크 분석	12
3.3 A 프로젝트 맨아워 분석	15
3.4 A 프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 비교	17
3.5 커미셔닝 스케줄 시물레이션	19
3.6 MC 완료일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄 시물레이션	21

3.7 안벽 전원 완료일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄 시뮬레이션 ...	22
3.8 에어공급일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄 시뮬레이션	23

제 4 장 제안하는 효율적인 커미셔닝 설계

4.1 효과적인 커미셔닝 설계 개요	25
4.2 개발한 커미셔닝 문서	27
4.3 계약 후 월별 주요 커미셔닝 설계	29
4.3.1 + 3 월 커미셔닝 설계	29
4.3.2 + 6 월 커미셔닝 설계	29
4.3.3 + 8 월 커미셔닝 설계	30
4.3.4 + 9~10 월 커미셔닝 설계	30
4.3.5 + 12~13 월 커미셔닝 설계	31
4.3.6 RFC 발생전 커미셔닝 설계	32
4.3.7 커미셔닝 수행 스테이지 커미셔닝 설계	33
4.4 커미셔닝 레벨에 따른 세부 스케줄 개발	34
4.5 개발한 설계 방안의 효율성 검증	39
4.5.1 B 프로젝트 태스크 분석	39
4.5.2 B 프로젝트 맨아워 분석	41
4.5.3 B 프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 비교 ...	43
4.5.4 A 프로젝트 와 B 프로젝트 태스크 비교	45
4.5.6 A 프로젝트 와 B 프로젝트 맨아워 비교	47
4.5.7 A 프로젝트 와 B 프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝 (맨아워) 비교	49

제 5 장 결론	52
----------------	----

참고문헌	54
------------	----

Definitions(정의)	57
-----------------------	----

List of Tables

Table 1 Commissioning Progress Classification	12
Table 2 A Project Task Analysis	13
Table 3 A Project Man-hours Analysis	15
Table 4 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis	17
Table 5 FPSO Commissioning Simulation	19
Table 6 MC Completion Date Change	21
Table 7 Temporary Power Supply Date Change	22
Table 8 Temporary Sir Supply Date Change	23
Table 9 Commissioning Dossiers	27
Table 10 B Project Task Analysis	39
Table 11 B Project Man-hours Analysis	41
Table 12 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis	43
Table 13 A-B Project Task Analysis	45
Table 14 A-B Project Man-hours Analysis	47
Table 15 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis	49
Table 16 A-B Project Improvement Ratio	52

List of Figures

Fig. 1.1 Project Needs Clear Definition Early	1
Fig. 2.1 Offshore Project Development Stage	4
Fig. 2.2 Commissioning Stage	5
Fig. 2.3 Offshore Project General Development Overview	8
Fig. 2.4 Commissioning Stage Definition by Oil Major	10
Fig. 3.1 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph	14
Fig. 3.2 Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph	14
Fig. 3.3 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph	16
Fig. 3.4 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph	16
Fig. 3.5 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph	18
Fig. 3.6 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph	18
Fig 3.7 MC Completion Date Change Graph	21
Fig 3.8 Temporary Power Supply Date Change	22
Fig 3.9 Temporary Sir Supply Date Change	24
Fig. 4.1 Commissioning Engineering Overview	25
Fig. 4.2 Commissioning Man-Power Mobilization	26
Fig. 4.3 + 3 month Commissioning Engineering	29
Fig. 4.4 + 6 month Commissioning Engineering	29
Fig. 4.5 + 8 month Commissioning Engineering	30
Fig. 4.6 + 9~10 month Commissioning Engineering	30
Fig. 4.7 + 12~13 month Commissioning Engineering	31
Fig. 4.8 Commissioning Engineering for issuing RFC	32
Fig. 4.9 Commissioning Engineering for Execution	33
Fig. 4.10 Commissioning Schedule Development by Level	35

List of Figures

Fig. 4.11 Commissioning Schedule Development by Logic	37
Fig. 4.12 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph	40
Fig. 4.13 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph	40
Fig. 4.14 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph	42
Fig. 4.15 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph	42
Fig. 4.16 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph	44
Fig. 4.17 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph	44
Fig. 4.18 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph	46
Fig. 4.19 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph	46
Fig. 4.20 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph	48
Fig. 4.21 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph	48
Fig. 4.22 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph	50
Fig. 4.23 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph	50



<국문초록>

이 연구는 그중 한국의 조선·해양 산업의 약한 고리인 해양플랜트의 효율적인 프로젝트 수행을 위해 핵심이 되는 커미셔닝의 효율을 높이는 방법에 대한 것이다.

국내의 D 조선소에서 수행된 두 개의 FPSO 프로젝트에 대하여 A 와 B 프로젝트로 구분하고 A 프로젝트의 수행된 커미셔닝 설계의 적용에 따른 커미셔닝 수행단계 시 발생한 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연관도를 태스크, 맨아워, 태스크 맨아워의 복합된 결과를 월별로 분류하여 분석하였다. 이 결과 값을 향상시키기 위해서 커미셔닝의 스케줄을 시뮬레이션하여 커미셔닝 수행에 미칠 수 있는 요소들의 영향에 대하여 고민하였다.

A 프로젝트의 결과 값을 향상시키기 위해서 효율적인 커미셔닝 설계가 수행되기 위한 절차 및 과정을 연구하고 이 연구 결과를 반영한 B 프로젝트의 커미셔닝 진행상황을 A 프로젝트와 같은 방법으로 분석하였다.

최종적으로 A 와 B 프로젝트의 결과 값을 분석하여 향상된 값을 확인하고 효율적인 커미셔닝 설계가 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연관도에 미치는 영향이 큰 것을 확인하였다.

커미셔닝 설계를 신규 해양 프로젝트에 적용 시 필요한 사항들에 관하여 연구하고 최적화된 적용방법에 대하여 고민하고, 해양플랜트의 시점별로 커미셔닝 설계의 확립 및 적용을 통하여 프로젝트의 효율적 진행을 통하여 주문주와 계약된 기간 내에 커미셔닝을 완료하여 프로젝트의 완성도를 높이는 것은 중요하다.

주제어: 커미셔닝 설계, 프리커미셔닝, 커미셔닝, 해양플랜트,



제 1 장 서 론

1.1 연구목적

해양프로젝트는 초기에 해양플랜트 건조 상 필요사항에 대한 개념을 정확하게 잡지 못하면 Fig.1.1 프로젝트 Need Clear Definition Early의 그래프에서와 같이 프로젝트의 생산이 시작되는 컨스트럭션 작업, 커미셔닝 단계에서 많은 품질, 비용, 스케줄의 문제가 발생한다.

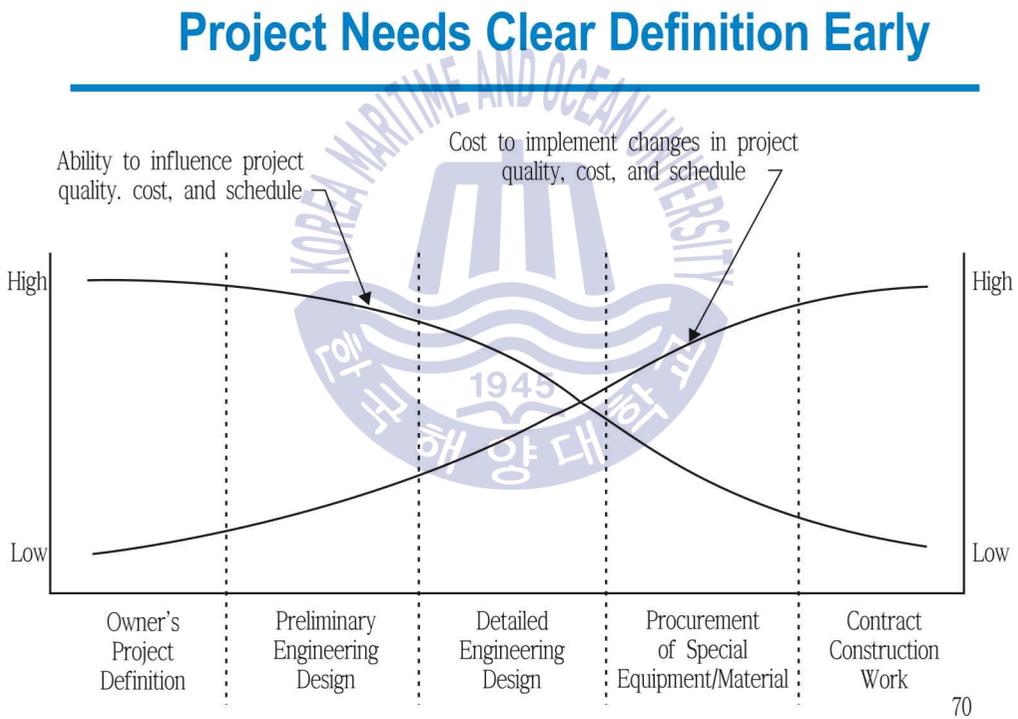


Fig. 1.1 Project Needs Clear Definition Early

이 연구는 지난 30년간 국내 조선소가 경험하였던 해양플랜트 공사 수행 중 약한 분야인 커미셔닝을 체계화하기 위한 것으로, 커미셔닝 설계를 통하여 커미셔닝에 대하여 체계적으로 준비하고 계획을 수립하며 해양플랜트를 진행할

수 있도록 자료를 연구 분석하였다.

프로젝트의 해양플랜트 라이프 사이클 동안 커미셔닝 설계 관련 액티비티의 조정, 우선순위 및 관리를 위한 기초를 수립하기 위한 이론적 바탕을 수립하는 것이다. 해양플랜트의 커미셔닝 수행에 따른 필수사항을 효율적으로 최적화하기 위한 개념과 해양플랜트의 커미셔닝 설계에 중점을 두었다.

또한, 전체적인 해양플랜트공사에 대한 이해와 프로젝트 수행과정을 이해하고 신규 해양플랜트 프로젝트를 수행하면서 어떻게 프리커미셔닝 및 커미셔닝을 수행하는지 단계적으로 작성 및 커미셔닝 액티비티에 대하여 계약기간 내 완성을 위하여 최적의 조건을 만들어 가는 과정을 연구하였다.

따라서 커미셔닝 액티비티에 대하여 프로젝트 초기단계에서부터 성공적인 커미셔닝을 수행할 수 있도록 최적화된 커미셔닝 설계를 수행할 수 있는 기초를 만드는 것이 이 연구의 목적이다.

2000년도부터 본격적으로 건조하기 시작한 한국의 해양플랜트 공사는 컨스트럭션 업무뿐만 아니라 프리커미셔닝 및 커미셔닝 업무를 직접 수행하는 단계까지 이르게 되었다. 이를 바탕으로 드릴십이나 세미리그의 경우에는 일반상선과 동일하게 조선소에서 완벽하게 시운전을 완료하고 주문주에게 인도하고 있다.

일부 FP(Fixed Platform)이나 FPSO(Floating Production Storage Offloading, 부유식 원유생산저장하역설비)의 경우에는 EPCIC 프로젝트로 수주하여 설계, 구매, 생산, 현장설치, 스타트업 및 마지막 커미셔닝 업무까지 완료하여 First oil 이후에 주문주에게 인도하는 단계까지 이르렀다. 하지만, 지난 30년간 수많은 해양플랜트를 수행하였음에도, 커미셔닝 설계는 대부분 주문주의 책임 하에 수행하였으므로 국내에는 체계화된 지식이나 시스템이 미비한 상태이다.

한국의 해양플랜트산업이 다시 발전하기 위해서는 지금까지의 강점을 가진 하드웨어적인 관점에서 좀 더 넓은 상위에 있는 서비스시장과 같은 소프트웨어적인 관점으로 넓혀야 하며, 이는 선진국의 해양플랜트 관련기업들이 시장에서 선점하고 있는 고부가가치시장으로의 진입을 의미한다.

1.2 연구방법

이 연구는 커미셔닝 설계관점에서 국내의 D사에서 수행한 해양프로젝트 중 두 개의 FPSO 프로젝트를 선별하여 커미셔닝 설계가 일부 진행된 첫 번째 프로젝트의 커미셔닝이 수행된 결과에 대하여 프로젝트의 완성도에 영향을 미치는 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연관 프로그램을 월별로 분석한 결과 프리커미셔닝과 커미셔닝의 이격도가 크다는 것을 확인 한 후 이를 극복하기 위해 대단위의 기본적인 시스템 88개를 로직컬하게 연결하여 커미셔닝 수행 중 어떤 요소가 수행기간과 지연에 영향을 미치는지 시뮬레이션한다.

이를 바탕으로 더 나은 커미셔닝을 수행하기 위해서 필요한 커미셔닝 설계를 수행하는 방안에 대하여 연구하고, 연구의 결과를 바탕으로 커미셔닝 수행을 향상시키기 위해서 효율적인 커미셔닝 설계를 제안한다.

체계화된 커미셔닝 설계를 비슷한 상황의 B프로젝트에 적용시킨다. 이 후 커미셔닝 설계가 완성도 높은 B프로젝트의 커미셔닝 수행결과를 A프로젝트와 같은 방법으로 태스크, 맨아워, 태스크와 맨아워를 복합적으로 분석한다. 마지막으로 A, B프로젝트의 결과치를 비교분석하여 커미셔닝 설계가 실제 프로젝트의 프리커미셔닝과 커미셔닝에 미치는 영향을 확인한다.

제 2 장 커미셔닝 설계와 해양플랜트 준비과정

2장에서는 커미셔닝의 일반적인 정의 및 연구에 사용된 FPSO 프로젝트의 준비과정에 대하여 정리한다.

2.1 해양플랜트 라이프 사이클

해양플랜트 라이프 사이클은 프로젝트의 컨셉을 잡는 단계에서부터 해양오너가 생산을 중단하기로 한 시간 사이의 시간간격으로 정의한다. 해양플랜트의 수명은 해양플랜트가 오퍼레이션 되고 있는 국가의 정치적 상황과 환경, 유정의 내부 상태에 따라 변화될 수 있다. 각 단계는 완전히 분리되어 있지 않으면서도 간의 연관성을 가지고 있다. 실제로 해양플랜트의 전체 수명주기 동안 프로세스를 최적화하고 개선하기 위해 수많은 수정과 보완작업을 수행한다. 또한, 각 단계 내부에도 단일단계와 전반적인 해양플랜트에 영향을 미치는 내부의 액티비티들이 있다.

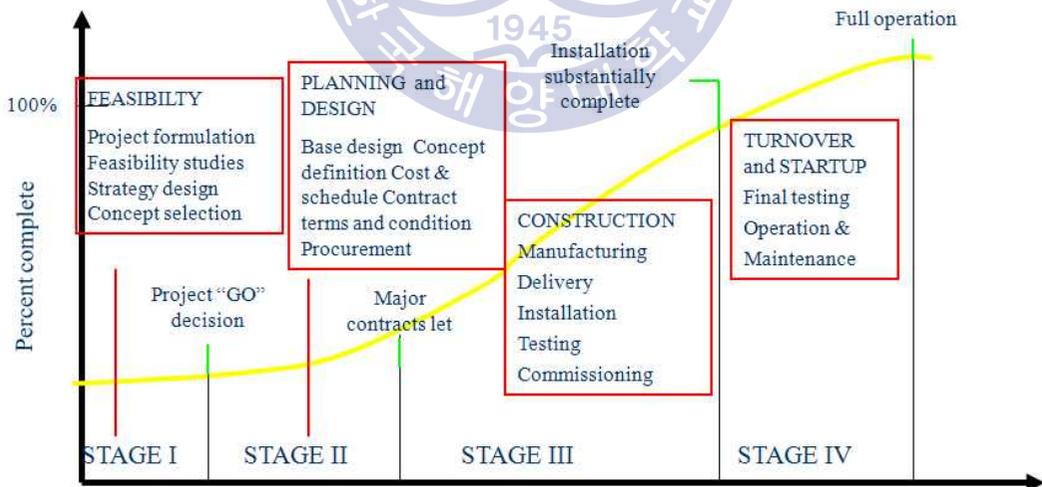


Fig. 2.1 Offshore Project Development Stage

2.2 커미셔닝 단계

커미셔닝을 단계별로 세분화하여 도형으로 표시하면 다음과 같다.

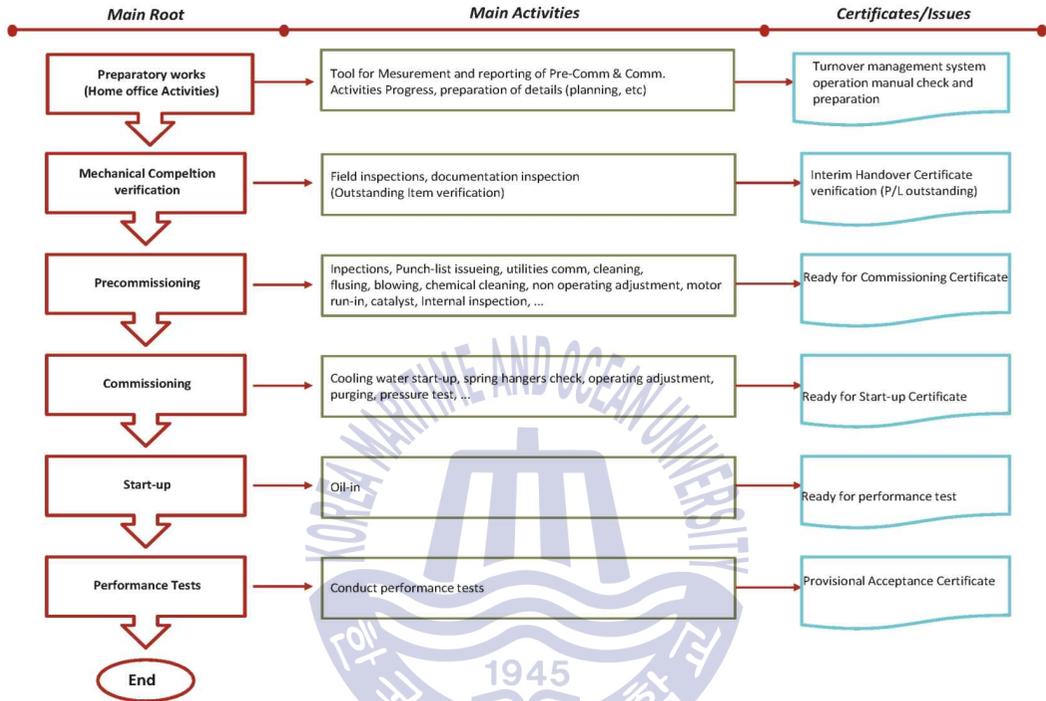


Fig. 2.2 Commissioning Stage

2.2.1 준비 단계 : 커미셔닝 설계

준비단계에서는 프리커미셔닝과 주문주의 오퍼레이션 직원 및 유지, 보수인력에 필요한 감독을 포함하여 커미셔닝 액티비티를 수행할 다양한 그룹 및 기술인력의 조직구성을 하며, 기존의 커미셔닝 파일 검토와 만족스러운 오퍼레이션에 필요한 추가정보의 구성을 한다. 또한 필요한 절차서, 체크리스트 및 기타 절차서의 지원과 함께 일반, 세부플랜 및 스케줄의 준비와 커미셔닝 절차서의 준비를 한다. 이들은 오퍼레이션 매뉴얼에 포함되어 있지 않지만, 커미셔닝 단계에서 필요한 특수한 해양플랜트 장비와 시스템의 준비에 대한 자세한 가이드라인이다.

2.2.2 메카니컬 컴플리션

커미셔닝 작업 전에 프로젝트의 메카니컬 컴플리션을 확인한다. 이는 장비 도면과 사양에 따라 제작되었으며 지정된 요구사항을 충족하는지 확인하기 위한 장비의 요소 및 시스템의 테스트이다. 여기에는 모든 도면과 해당도면에 따라 관련 장치를 조립할 때 최신 P&IDs(Piping instrumentation diagrams) 문제, 작업사양, 배관행거, 지지도면 및 공급업체도면 등에 대한 실제 컨스트럭션에 대한 라인단위 상세검사가 포함된다. 커미셔닝 팀에서는 장비의 사양, 밸브, 통기구, 배수구, 트레이싱, 트랩 및 샘플연결 등의 올바른 위치와 방향에 대한 작동관점에서 시스템을 점검한다. 컨스트럭션 오류, 누락된 항목 등의 편치리스트를 준비하고 수정이나 완료를 위해 적절한 피트백을 컨스트럭션 그룹에게 보고한다.

Total의 General Specification에서는 메카니컬 컴플리션이라는 용어를 쓰지 않고 프리커미셔닝으로 명칭 한다.

2.2.3 프리커미셔닝

프리커미셔닝 액티비티는 프로세스 또는 시스템이 메카니컬 컴플리션 검사 완료시 시작한다. 그러나 일부 프리커미셔닝 액티비티는 메카니컬 컴플리션 액티비티와 겹치기 때문에 해양플랜트를 쉽게 관리할 수 있도록 시스템단위로 분류해야 하며 각 시스템 패키지는 전체적으로 프리커미셔닝 되고 시스템패키지에서의 프리커미셔닝이 완료될 때까지 유지한다. 프리커미셔닝 액티비티에는 디자인 적합성, 전기, 기계장비, 계장 컨스트럭션 상태 점검 및 루프확인 또는 연결 상태 확인, 장비가동, 플러싱 및 클리닝 액티비티, 건조 등이 포함한다.

Total 의 General Specification에서는 상기의 루프 체크, 회전기계 등의 테스트를 커미셔닝 액티비티의 일부로 포함하여 정의한다.

2.2.4 커미셔닝

커미셔닝은 디자인 프로세스매질이 프로세스에 투입되는 프로젝트의 단계이다. 탄화수소시스템의 경우 커미셔닝 작업은 인너팅 오퍼레이션으로 시작한다. 커미셔닝 액티비티는 일반적으로 해양플랜트 오퍼레이션 또는 오퍼레이션과 관련된 액티비티로 구성되며 프로세스 또는 시스템 일부의 만족스러운 오퍼레이션에 필요한 오퍼레이션 조정을 포함한다. 기계장비 설비 또는 컨트롤시스템이 올바르게 작동함을 입증하는 데 사용되는 방법인 “핑션 체크”도 포함한다.

기기가 프리커미셔닝되면, 기기가 원활하고 안전하게 작동되는 것을 커미셔닝 팀이 확인하기 위한 초기 스타트업을 시작한다. 커미셔닝은 주 프로세스에 대한 탄화수소의 투입(스타트업)을 달성하기 위해 설비시스템을 스타트업시나리오의 요구사항에 맞추는 통합단계이다. 커미셔닝에는 공기, 불활성 가스, 물, 오픈 드레인, 디젤, 연료가스, 플레어, 케미컬 및 발전과 같은 “비 프로세스시스템”(유틸리티)의 스타트업이 포함한다.

2.2.5 스타트업

스타트업은 원유 또는 가스를 생산하기 위한 목적으로 프로세스 유체와 조건이 설정되는 프로젝트의 단계이다. 이 액티비티는 주요 프로세스에서의 탄화수소생산을 포함하며, 또한, 공식적인 인도를 위한 기본시스템의 필수 하위시스템 및 최초의 오일을 받는 마일스톤을 안전하게 달성하는 데 필요한 모든 탄화수소프로세스를 포함한다.

모든 해양플랜트의 스타트업 및 커미셔닝 상황은 다르므로 모든 프로세스 해양플랜트는 고유한 스타트업 및 커미셔닝 절차서가 필요하다. 이것은 프로젝트 고유의 디자인, 컨트롤 필로소피, 장비 및 기계장비 장치에 따라 달라진다. 이 단계에서 수행하는 모든 액티비티에 따라 해양플랜트의 생산이 시작한다.

2.3 연구에 사용된 해양 프로젝트 사양

D사에서 제작된 A, B 프로젝트의 커미셔닝 설계와 실제로 커미셔닝 수행 중 발생한 프리커미셔닝과 커미셔닝과의 관계를 분석 비교한다. 두 개의 프로젝트는 계약 후 약 11개월에서 13개월 사이에 선체의 스틸커팅이 되었고, 13개월에서 14개월 사이에 탑사이드공사가 시작되었다.

전체적인 공사기간은 야드 내에서 약 33개월 정도가 필요하였고, 3개월간의 Towing기간을 거쳐서 아프리카에서 약 7개월간의 Hook up & 커미셔닝 기간을 거쳐서 주문주에게 인도되었다. 본 연구에 사용된 해양플랜트의 일반적 사양은 아래와 같다.



Fig. 2.3 Offshore Project General Development Overview

FPSO 사양

- New building construction
- 20-year life in field

- About 2.00 MM bbl storage capacity
- About Off부하ing 45,000bbl/hr
- About Dimensions 320m x 58m x 32m
- About Displacement 400,000t
- about Accommodation 150 POB

2.4 프로젝트 준비과정 비교

A프로젝트는 조선소에서 수행하는 상선의 시운전개념보다는 진보하여 커미셔닝 설계를 수행하였으나, 프로젝트초기에 커미셔닝 설계의 중요성에 대하여 간과하여 커미셔닝 엔지니어 동원을 적정시점에 하지 못하여 적은 인원으로 프로젝트를 수행하였다. 그래서 커미셔닝 설계가 정밀하지 못하게 진행되었다.

B프로젝트는 커미셔닝 설계의 중요성을 인식하여 초기에 해외의 커미셔닝 전문회사의 인원 10명을 하나의 팀으로 고용하였고, 조선소내에서도 가장 커미셔닝 경험이 많은 15명이상의 커미셔닝 엔지니어를 투입하여 수행하였다. 그 결과 각 시스템 및 서브시스템의 분할이 커미셔닝 진행에 맞추어 사전에 분할되었고, 이에 따라 컨스트럭션에서 진행하는 프리커미셔닝에도 적용되어, 프리커미셔닝과 커미셔닝의 순서에 따른 스케줄의 조정이 자연스럽게 연결되도록 사전에 조정하였다. 또한 커미셔닝의 일반적인 절차를 조정하는 커미셔닝 문서도 사전에 세밀하게 다수의 일반적 절차서를 준비하여 프로젝트의 초기에 주문주, 품질관리, 컨스트럭션팀 그리고 커미셔닝팀이 공통적으로 공유하도록 하였다.

또한 이러한 커미셔닝 설계의 결과물을 커미셔닝 워크샵을 통하여 체계화 시켜 커미셔닝 수행단계에서 발생할 수 있는 혼선을 사전에 차단하였다.

전체의 커미셔닝 진행은 컨스트럭션에서 메카니컬 컴플리션을 진행한 후 프리커미셔닝 단계에서 루프체크와 모터의 무부하 테스트를 진행하여 장비단계의 평선에 관하여 확인 후 시스템단위의 커미셔닝을 실시하여 전체의 시스템단위로 설계한 바와 같은 성능이 나오는 것을 확인했다. 전체 시스템의 검사가 끝

난 항목은 각 시스템 별로 주문주 오퍼레이션에게 설계의 잔여 문제점부터 검사항목의 적정 값에 이르기까지 모든 커미셔닝 액티비티에 대한 재검토를 거쳐서 인계되었다.

2.5 프로젝트 커미셔닝과 트랜지션 마일스톤

오일 메이저에 따라서는 해양플랜트의 각 단계에 따른 Fig. 4.13 오일 메이저 별 단계 정의와 같이 API Rule은 있으나 각 오일 메이저 별로 다른 정의를 가지고 있다. 이번 연구에서는 Total General Specification의 정의에 따라 분류하고 분석한다.

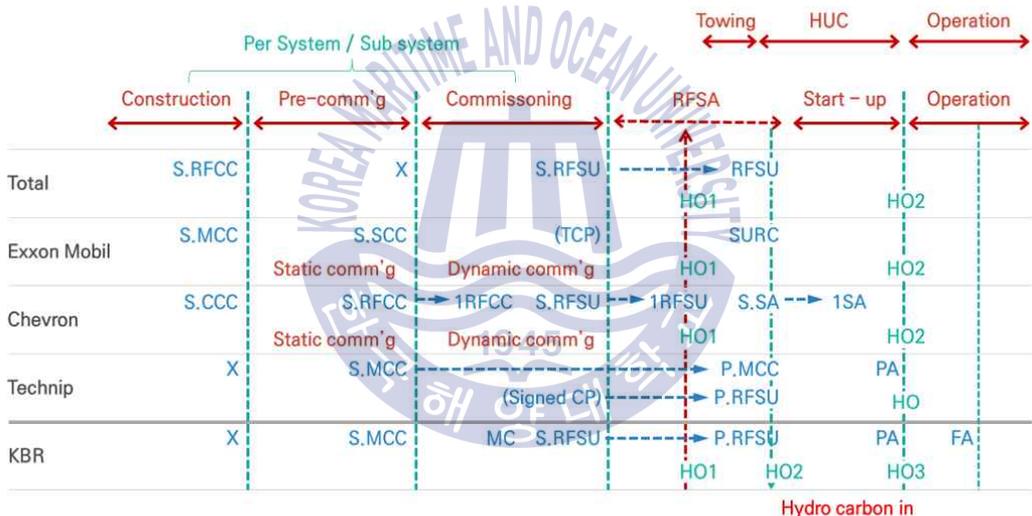


Fig. 2.4 Commissioning Stage Definition by Oil Major

시스템별 커미셔닝에 대하여 성능이 확인되면, 각 시스템단위를 프로세스단위로 묶어서 각 시스템과의 연관된 시스템들이 충분한 성능을 발휘하고 서로 간에 순조롭게 오퍼레이션 될 수 있는지를 확인하는 통합테스트를 계약자의 커미셔닝 팀과 주문주의 오퍼레이션 팀이 공동 수행한다.

A프로젝트에서는 그동안 조선소에서 익숙한 상선의 시운전 절차서처럼 계약서에서 요구한 사항을 첨가하는 선에서 준비를 진행한 반면, B프로젝트는 커미

셔닝에 대하여 해야 할 항목에 대하여 대분류부터 개념을 정립하여 커미셔닝 설계의 기본적인 틀을 정립하고 그 토대를 바탕으로 필요한 커미셔닝 설계의 세부 항목들을 준비하였다.

이와 같은 과정을 통하여 보다 정밀한 커미셔닝 설계를 수행하였다.



제 3 장 A프로젝트 분석

3장에서는 커미셔닝 설계가 체계적으로 적용되지 못한 A프로젝트의 수행결과를 분석하고 커미셔닝 일정을 시뮬레이션을 커미셔닝 수행단계에서 커미셔닝 설계의 부족한 사항을 보완할 수 있는지에 대하여 연구한다.

3.1 해양플랜트 커미셔닝 프로그램스 분류방법

해양플랜트의 커미셔닝은 아래의 Fig 3.1 과 같이 커미셔닝 설계단계에서 생성된 액티비티의 수량을 표시하는 태스크의 프로그램스와 각 태스크에 시간단위의 가중치를 부여한 맨아위의 두 가지 단위를 기본으로 하여 커미셔닝의 프로그램을 측정한다.

Table 1 Commissioning Progress Classification

GENERAL PRECOM COM PROGRESS							
Pre-Comin Progress by task				Pre-Comm Progress by Mhrs			
	All	Done	Progress		All	Done	Progress
01/01/20XX	337201	334992	99.34%	01/01/20XX	2839459	2825597	99.51%
Yesterday	337195	334857	99.31 %	Yesterday	2839449	2825297	99.50 %
Comm Progress by task Atshore only				Comm Progress by Mhrs Atshore only			
	All	Done	Progress		All	Done	Progress
01/01/20XX	55141	52183	94.64%	01/01/20XX	421716	391501	92.84%
Yesterday	55486	52297	94.25 %	Yesterday	421750	390878	92.68 %
Comm Progress by task (Atshore + Offshore)				Comm Progress by Mhrs (Atshore + Offshore)			
	All	Done	Progress		All	Done	Progress
01/01/20XX	55602	52183	93.85%	01/01/20XX	462572	391501	84.64%
Yesterday	55947	52297	93.48 %	Yesterday	462605	390878	84.49 %

3.2 A프로젝트 태스크 분석

A프로젝트의 프리커미셔닝의 태스크와 커미셔닝 태스크의 진행을 세일어웨이로 부터 백워드로 하여 프로그램스를 월별로 분석한 것이 Table 1 A프로젝트 태스크 프로그램스 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 4.1 A 프로젝트 태스크베이스 프로그램스 그래프이다. 이 그래프를 다시 한번 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.2 A프로젝트 태스크 프로그램스 갭 비교를 만들어서 상관관계를 분석하였다. 상기와 같은 과정을 통하여 완료단계를 분석한 결과,

Table 2 A Project Task Analysis

Date	A_Project	
	Pre-CommissioningProgress (TaskBase)	CommissioningProgress (TaskBase)
S/A-12M	8.56%	0.03%
S/A-11M	11.88%	0.27%
S/A-10M	17.66%	0.31%
S/A-9M	29.20%	1.82%
S/A-8M	42.08%	4.72%
S/A-7M	59.56%	8.70%
S/A-6M	72.30%	14.85%
S/A-5M	79.97%	18.43%
S/A-4M	91.15%	36.23%
S/A-3M	95.18%	52.79%
S/A-2M	97.70%	73.88%
S/A-1M	98.60%	80.99%
S/A	99.50%	95.82%
S/A+1M	-	-
S/A+2M	-	-
S/A+3.5M	-	-

커미셔닝 설계를 일부 수행한 A프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램의 갭이 최대 61.5%까지 발생하여, 액티비티의 연결도가 현저히 떨어지는 것으로 분석된다

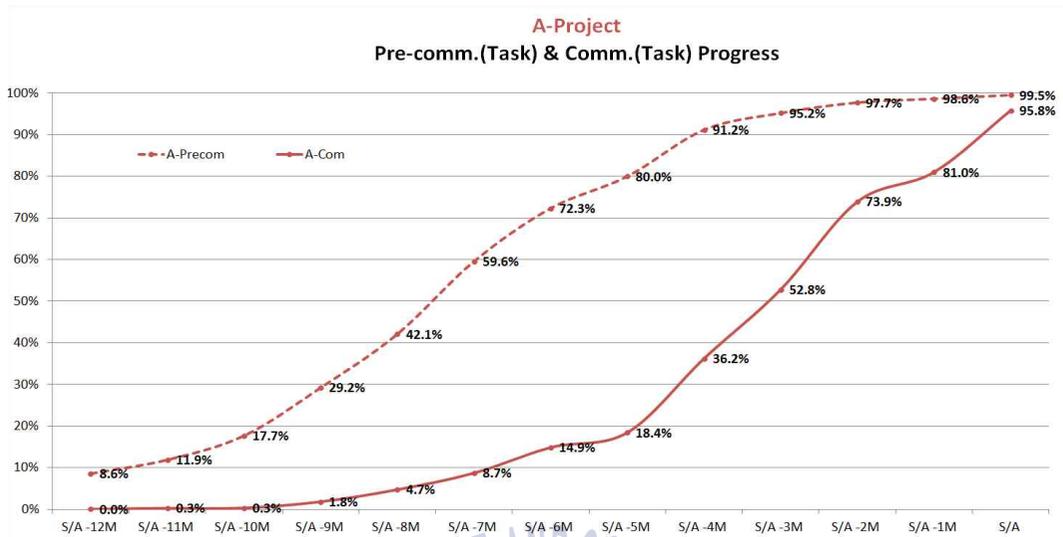


Fig. 3.1 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph

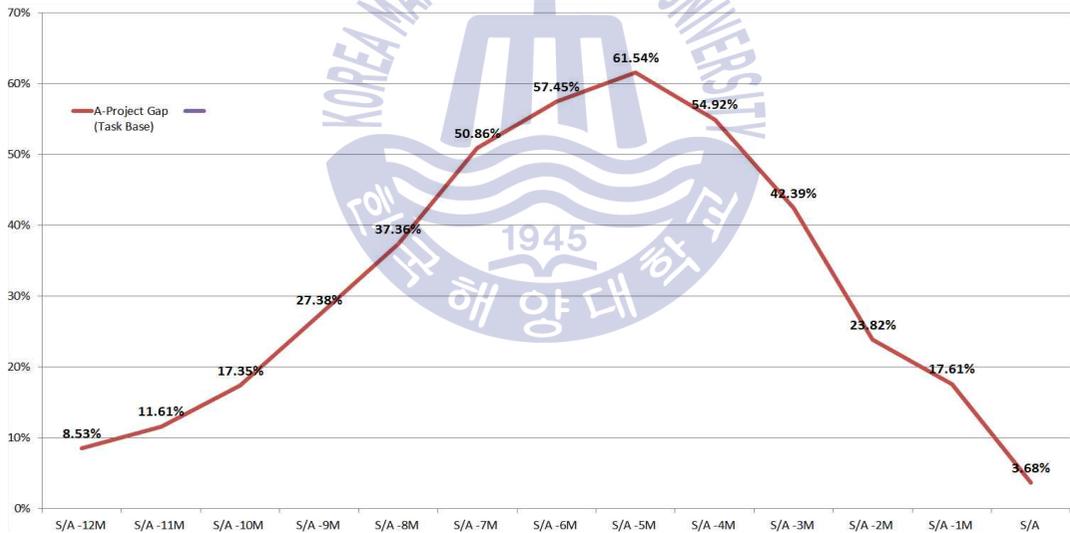


Fig. 3.2 Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph

프리커미셔닝과 커미셔닝의 갭이 많이 발생되면, 해양플랜트의 마지막 단계에서 가장 중요한 과정인 시스템별 완성도를 의미하는 시스템 컴플리션에 중대한 영향을 미치게 되고, 이는 각 시스템별로 주문주의 오퍼레이션 그룹에 인계를 하고 프로젝트의 장비를 사용하여 다른 시스템의 커미셔닝을 수행하는 전체 프로젝트의 커미셔닝 로직 시퀀스의 지연을 발생시킨다. 커미셔닝의 지연은 프

로젝트의 중요 절점인 세일러웨이 지연 및 Offshore hook up 단계로의 이관 물량의 증가로 이어지기 때문에, 프로젝트의 비용증가로 인하여 해양플랜트가 적자가 되는 중대한 요인이 된다.

3.3 A프로젝트 맨아워 분석

Table 3 A Project Man-hours Analysis

Date	A-Project		
	Pre-Commissioning Progress (MHBBase)	Commissioning Progress (MHBBase)	A-ProjectGap (MHBBase)
S/A-12M	13.01%	0.13%	12.88%
S/A-11M	14.63%	0.46%	14.17%
S/A-10M	19.16%	0.44%	18.72%
S/A-9M	28.51%	1.51%	27.00%
S/A-8M	40.53%	3.26%	37.27%
S/A-7M	58.44%	6.37%	52.07%
S/A-6M	70.24%	9.42%	60.82%
S/A-5M	79.44%	11.90%	67.54%
S/A-4M	91.27%	24.26%	67.01%
S/A-3M	94.77%	36.53%	58.24%
S/A-2M	97.62%	54.37%	43.25%
S/A-1M	98.59%	64.84%	33.75%
S/A	99.79%	91.21%	8.58%

A프로젝트의 프리커미셔닝의 맨아워와 커미셔닝 맨아워의 달성을 세일러웨이로 부터 백워드로 하여 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 3 A프로젝트 맨아워 프로그램 비교표이며, 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 3.3 A프로젝트 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램 그래프이다. 이 그래

프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 3.4 프로젝트 프리커미셔닝 커미셔닝 맨아워 프로그램스 갭 그래프를 만들어서 상관관계를 분석하였다.

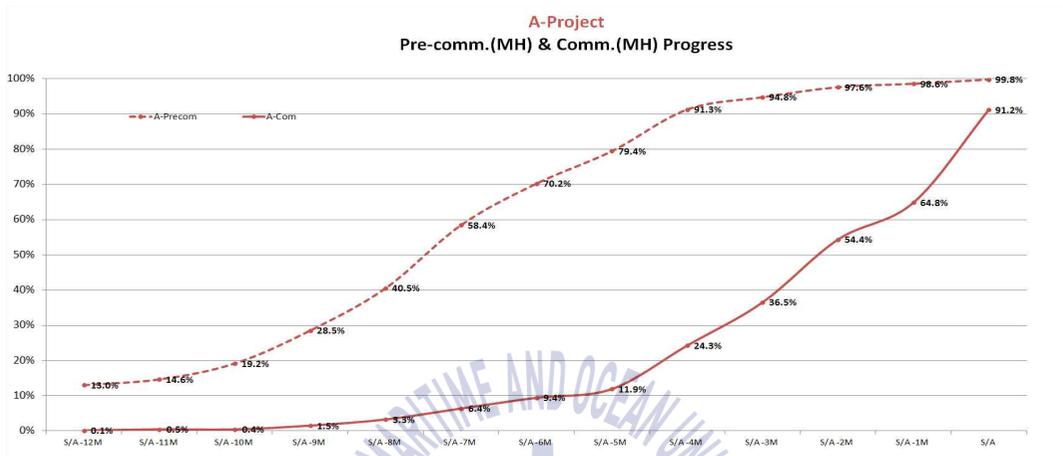


Fig. 3.3 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph



Fig. 3.4 A Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph

상기와 같은 과정을 통하여 프로그램을 분석한 결과, 커미셔닝 설계가 제대로 수행되지 못한 A프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램스의 갭이 최대 67.54%까지 발생하여, 맨아워 프로그램스도 태스크 프로그램스를 비교한 것과 같이 프리커미셔닝과 커미셔닝 액티비티의 연결도가 현저히 떨어지는 것으로 분석된다.

3.4 A프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 비교

해양플랜트의 프리커미셔닝과 커미셔닝의 프로그램을 분석 시 프리커미셔닝은 일반적으로 약150,000개에서 300,000개의 액티비티를 발생시키고, 커미셔닝은 40,000에서 50,000개의 액티비티를 발생시킨다. 프리커미셔닝은 액티비티의 수량이 많으므로 전체적인 맨아워가 평균화되기 쉽지만, 커미셔닝 액티비티는 오퍼레이션 테스트절차서 등 하나의 액티비티에 맨아워의 비중 큰 항목들이 많으므로, 프리커미셔닝은 태스크로 커미셔닝은 맨아워로 프로그램을 비교하는 것도 중요한 의미가 있다.

Table 4 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis

Date	A-Project		
	Pre-CommissioningProgress (TaskBase)	CommissioningProgress (MHBase)	A-ProjectGap (Pre-comm.taskvsComm.MH)
S/A-12M	8.56%	0.13%	8.43%
S/A-11M	11.88%	0.46%	11.42%
S/A-10M	17.66%	0.44%	17.22%
S/A-9M	29.20%	1.51%	27.69%
S/A-8M	42.08%	3.26%	38.82%
S/A-7M	59.56%	6.37%	53.19%
S/A-6M	72.30%	9.42%	62.88%
S/A-5M	79.97%	11.90%	68.07%
S/A-4M	91.15%	24.26%	66.89%
S/A-3M	95.18%	36.53%	58.65%
S/A-2M	97.70%	54.37%	43.33%
S/A-1M	98.60%	64.84%	33.76%
S/A	99.50%	91.21%	8.29%
S/A +1M	-	-	
S/A +2M	-	-	
S/A+3.5M	-	-	

따라서, A프로젝트의 프리커미셔닝의 태스크와 커미셔닝 맨아워의 달성을 세 일어웨이로 부터 백워드로하여 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 4 A프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램스 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 하여 형상화하여 분석한 것이 Fig. 3.5 A프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램스 비교그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 3.6 A프로젝트



Fig. 3.5 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph

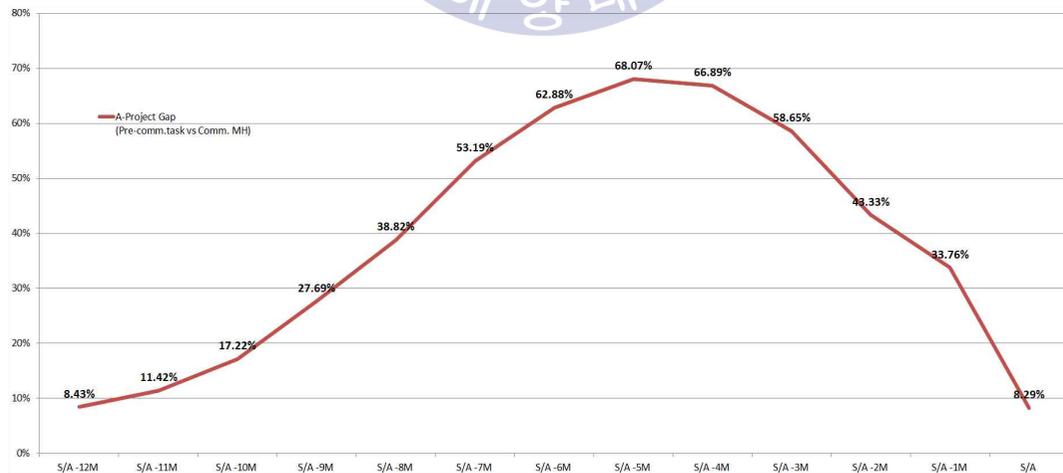


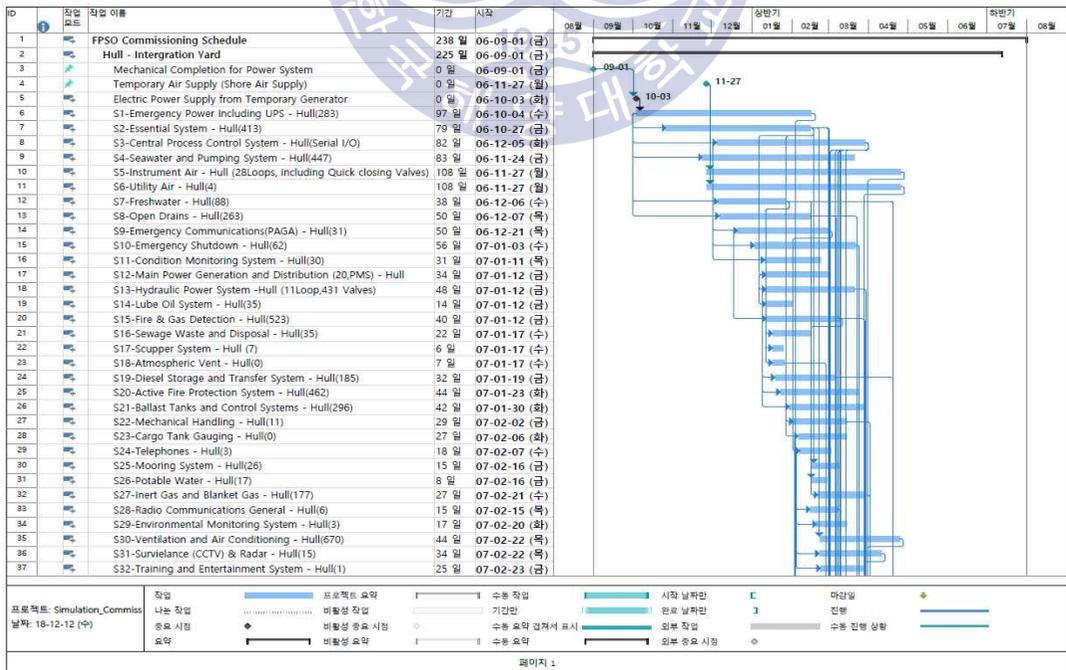
Fig. 3.6 A Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph

프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램스 갭 비교그래프를 만들어서 상관관계를 분석하였다. 상기와 같은 과정을 통하여 프로그램스를 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 일부 적용한 A-프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램스의 갭 또한 최대 68.07%까지 발생하여, 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결도가 현저히 떨어지는 것으로 분석된다. 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결도는 태스크, 맨아워, 프리커미셔닝(태스크), 커미셔닝(맨아워)으로 분석한 모든 곳에서 65%를 넘는 이격도를 보여주고 있다.

3.5 커미셔닝 스케줄시물레이션

이러한 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연관성에 대한 영향을 분석하기 위해서 커미셔닝 Table 5과 같이 가상의 FPSO 시스템에 대하여 표준일정을 수립하고, Microsoft의 스케줄관리 프로그램인 MS프로젝트에 입력하여 FF, FS, SS, SF 등의 시퀀스를 만들어서 연결하였고, 변수별로 변화를 주어서 아래와 같은 결과를 도출하였다. 신규 FPSO 프로젝트의 주요 시스템을 선체와 탑사이드로 분리하고

Table 5 FPSO Commissioning Simulation



선체에 46개의 시스템, 탑사이드에 42개의 시스템, 총 88개의 시스템을 커미셔닝 평균기간을 고려하여 기간 삽입 및 시스템별 연결을 로지컬하게 시퀀스로 연결하였고, 변수로는 컨스트릭션의 영향을 많이 받고 커미셔닝의 출발점이 되는 안벽파워 공급일자, 메카니컬 컴플리션 완료일자 그리고 에어 공급일자 3가지로 하여 변수별로 변동을 주었을 때 커미셔닝 수행에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다

3.6 MC 완료일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄시뮬레이션

Table 6 MC Completion Date Change

FPSO Commissioning Schedule Simulation

No.	변수			Project Commissioning 기간				비고
	M/C완료일자	S/P 공급일자	Air 공급일자	Hullside	Topside	Commissioning 기간	전체기간	
1	2006.08.01	2006.08.31	2006.11.27	225d	123d	2006.08.01~2007.06.28	238d	1. M/C 완료일자 변경시 Shore Power 공급 일자가 변경되어 Project Delivery 일자가 영향을 받음. 2. Delivery 일자를 준수하기 위해서는 M/C 완료일자를 2006.09.01 이전에 완료해야 함.
2	2006.08.10	2006.09.11	2006.11.27	225d	123d	2006.08.10~2007.07.09	238d	
3	2006.08.20	2006.09.20	2006.11.27	225d	123d	2006.08.20~2007.07.18	238d	
4	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.27	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
5	2006.09.10	2006.10.11	2006.11.27	225d	123d	2006.09.10~2007.08.08	238d	
6	2006.09.20	2006.10.20	2006.11.27	225d	123d	2006.09.20~2007.08.17	238d	
7	2006.09.30	2006.11.01	2006.11.27	225d	123d	2006.09.30~2007.08.29	238d	

Temporary Power 공급일자 vs Commissioning 기간 비교

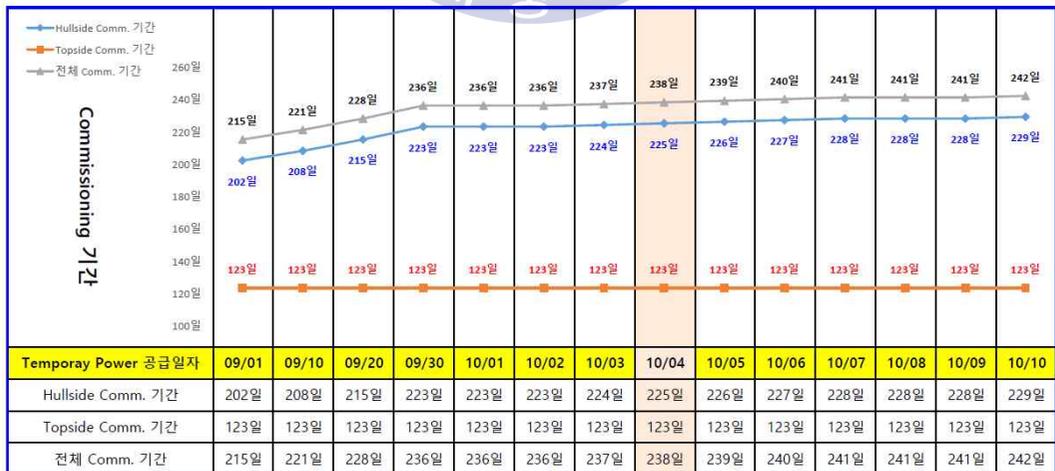


Fig 3.7 MC Completion Date Change Graph

먼저 Table 6과 같이 메카니컬 컴플리션 일자를 변동하여 커미셔닝 스케줄에 반영했을 때에는 전체의 커미셔닝 스케줄이 메카니컬 컴플리션의 지연영향을 받아서 전체적으로 지연되었다. 다만 커미셔닝 스케줄의 내부의 시퀀스에는 영향을 미치지 않으므로 전체의 커미셔닝 필요기간은 똑같이 238일이 필요하였다. 이는 프리커미셔닝의 완료시점이 커미셔닝에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다.

3.7 안벽전원 완료일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄시뮬레이션

Table 7 Temporary Power Supply Date Change

FPSO Commissioning Schedule Simulation

No.	변수			Project Commissioning 기간				비고
	M/C완료일자	S/P 공급일자	Air 공급일자	Hullside	Topside	Commissioning 기간	전체기간	
1	2006.09.01	2006.09.01	2006.11.27	202d	123d	2006.09.01~2007.06.28	215d	
2	2006.09.01	2006.09.10	2006.11.27	208d	123d	2006.09.01~2007.07.06	221d	
3	2006.09.01	2006.09.20	2006.11.27	215d	123d	2006.09.01~2007.07.17	228d	
4	2006.09.01	2006.09.30	2006.11.27	223d	123d	2006.09.01~2007.07.27	236d	
5	2006.09.01	2006.10.01	2006.11.27	223d	123d	2006.09.01~2007.07.27	236d	
6	2006.09.01	2006.10.02	2006.11.27	223d	123d	2006.09.01~2007.07.27	236d	
7	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.27	224d	123d	2006.09.01~2007.07.30	237d	
8	2006.09.01	2006.10.04	2006.11.27	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
9	2006.09.01	2006.10.05	2006.11.27	226d	123d	2006.09.01~2007.08.01	239d	Project Delivery 일정이 초과함
10	2006.09.01	2006.10.06	2006.11.27	227d	123d	2006.09.01~2007.08.02	240d	Project Delivery 일정이 초과함
11	2006.09.01	2006.10.07	2006.11.27	228d	123d	2006.09.01~2007.08.03	241d	Project Delivery 일정이 초과함
12	2006.09.01	2006.10.08	2006.11.27	228d	123d	2006.09.01~2007.08.03	241d	Project Delivery 일정이 초과함
13	2006.09.01	2006.10.09	2006.11.27	228d	123d	2006.09.01~2007.08.03	241d	Project Delivery 일정이 초과함
14	2006.09.01	2006.10.10	2006.11.27	229d	123d	2006.09.01~2007.08.06	242d	Project Delivery 일정이 초과함

Temporary Air 공급일자 vs Commissioning 기간 비교



Fig 3.8 Temporary Power Supply Date Change

Table 7과 같이 안벽전원을 공급하기 위한 임시전원의 공급일자를 일자를 변동하여 커미셔닝 스케줄에 반영했을 때에는 전체의 커미셔닝 스케줄이 임시전원의 지연영향을 받아서 전체적으로 지연되었다. 임시전원이 공급되는 시스템에 따라서 커미셔닝의 전체 일정이 변동되었고, 이를 통하여 임시전원의 수전과 안정된 파워의 공급이 전체 커미셔닝 스케줄에 미치는 영향이 크다는 것을 재확인하였고, 이 또한 프리커미셔닝이 커미셔닝 수행에 미치는 영향이 크며 커미셔닝 설계 기간 중에 항상 중요한 요소로 인식하고 같이 협업할 수 있는 여러 가지의 방안을 세우는 것이 필요하다.

3.8 에어공급일자 변동 - FPSO 커미셔닝 스케줄시뮬레이션

Table 8 Temporary Air Supply Date Change

FPSO Commissioning Schedule Simulation

No.	변수			Project Commissioning 기간				비고
	M/C완료일자	S/P 공급일자	Air 공급일자	Hullside	Topside	Commissioning 기간	전체기간	
1	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.01	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
2	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.10	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
3	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.20	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
4	2006.09.01	2006.10.03	2006.11.30	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
5	2006.09.01	2006.10.03	2006.12.10	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
6	2006.09.01	2006.10.03	2006.12.20	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
7	2006.09.01	2006.10.03	2006.12.30	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
8	2006.09.01	2006.10.03	2007.01.10	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
9	2006.09.01	2006.10.03	2007.01.20	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
10	2006.09.01	2006.10.03	2007.01.30	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
11	2006.09.01	2006.10.03	2007.02.10	225d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
12	2006.09.01	2006.10.03	2007.02.14	226d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	Hullside Commissioning기간이 증가 시작
13	2006.09.01	2006.10.03	2007.02.20	230d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
14	2006.09.01	2006.10.03	2007.02.28	236d	123d	2006.09.01~2007.07.31	238d	
15	2006.09.01	2006.10.03	2007.03.01	237d	124d	2006.09.01~2007.08.01	239d	Project Delivery 일정이 초과함

또한 Table 8과 같이 계장에어 및 유틸리티에어를 공급하기 위한 임시에어의 공급일자를 변동하여 커미셔닝 스케줄에 반영했을 때에는 전체의 커미셔닝 스케줄이 임시에어의 지연영향을 받아 전체적으로 지연되었다. 하지만 프로젝트 초기에는 큰 영향을 미치지 않다가 약 3개월이 초과하여 본격적인 커미셔닝이 시작되는 시점에서부터는 직접적으로 프로젝트의 인도일정을 지연시키는데 영향을

주었다.

M/C완료일자 vs Commissioning 기간 비교

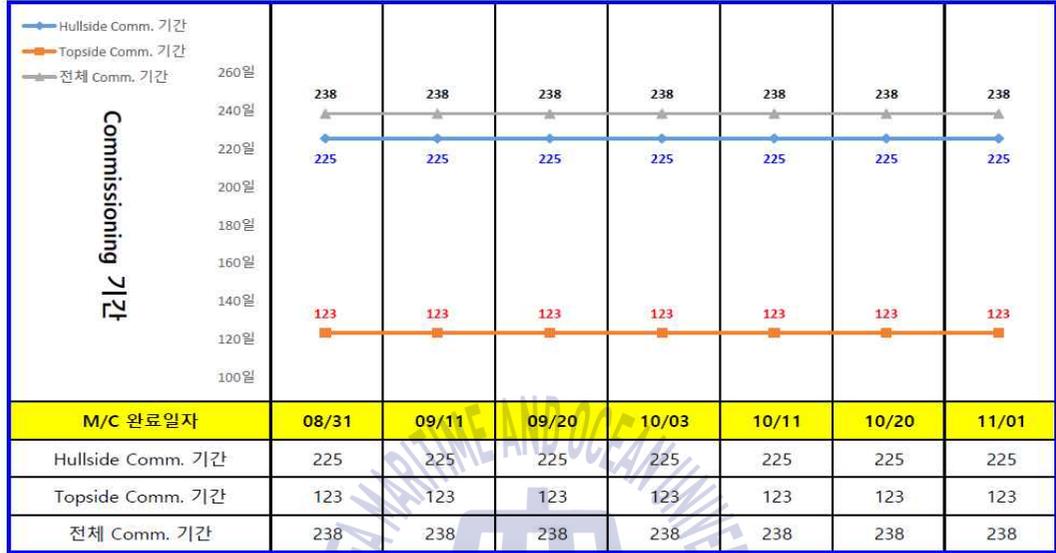


Fig 3.9 Temporary Sir Supply Date Change

간단하게 중요 마일스톤을 기준으로 하여 수행한 시뮬레이션을 통하여 프리 커미셔닝의 지연은 커미셔닝의 수행일정에 큰 영향을 미친다는 것을 재확인하였고, 이를 극복하기 위해서는 정교한 커미셔닝 설계를 통하여 프리커미셔닝과 커미셔닝이 상호 연관관계를 확실하게 파악하여 해양플랜트공사의 효율을 높이고 커미셔닝 설계단계에서 집중적이고 효율적인 최적의 커미셔닝 액티비티 생성과 프로젝트 스케줄의 준비가 프로젝트 공사기간과 투입된 인력의 부하가 가장 안정되어 최적의 효율을 만드는 커미셔닝 일정수립의 바탕이 되고 해양프로젝트의 마지막 단계인 커미셔닝 수행 및 시스템인계에 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

제 4 장 제안하는 효율적인 커미셔닝 설계

3장에서 전체적으로 A-프로젝트 커미셔닝 수행의 결과에 대한 사항에 대하여 분석하였다. 또한 이러한 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램의 부조화에 대한 지연을 방지하기 위해서 필요한 조건을 확인하기 위해서 커미셔닝 스케줄을 시뮬레이션하여 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연관관계를 효율적으로 구성하고 각 시스템별로 원활하게 인수인계될 수 있도록 하는 것이 중요하다는 것을 확인 하였다. 4장에서는 효율적인 커미셔닝 엔지니어링을 할 수 있는 방안을 제안하고 이를 바탕으로 효율적인 커미셔닝 엔지니어링을 B프로젝트에 적용하고 변화된 프리커미셔닝과 커미셔닝의 프로그램과의 결과를 확인한다.

4.1 효과적인 커미셔닝 설계 개요

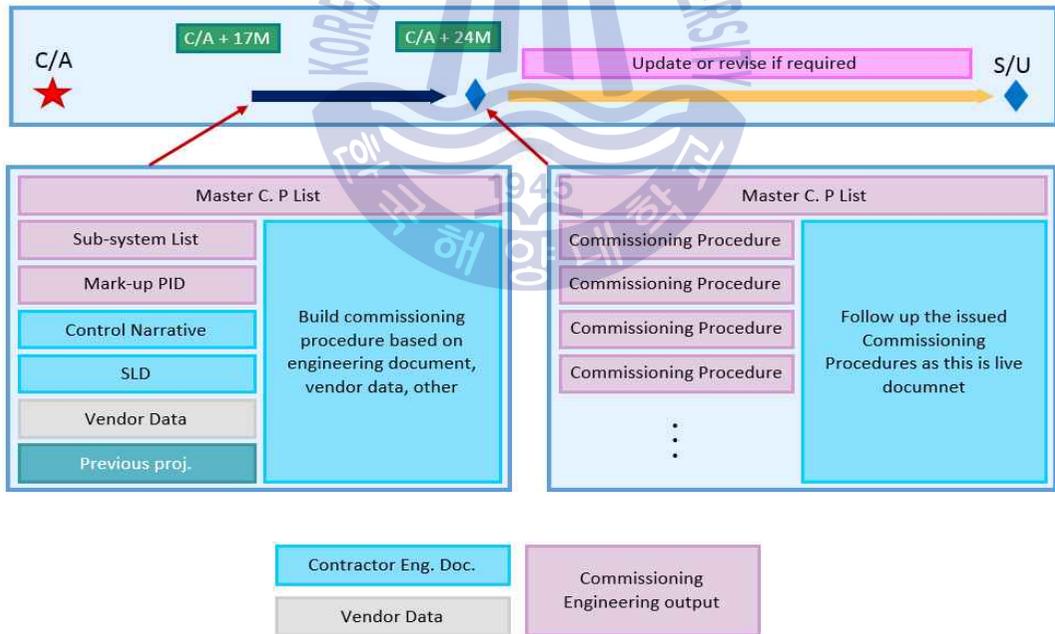


Fig. 4.1 Commissioning Engineering Overview

효율적인 커미셔닝 설계를 위하여 신규 해양플랜트의 준비 시 디자인 설계의 자료를 기본으로 하여 커미셔닝 문서와 커미셔닝 절차서 들을 준비해 나간다.

이를 위해서는 적절한 시점에 맞추어 전문 인력들이 동원되어야 하며, 이는 해양플랜트의 온쇼어 공사기간을 약 37개월로 가정한다면, 프로젝트가 계약되는 시점에서 5개월 사이에는 프로젝트 커미셔닝 매니저가 동원되고, 약 7~10개월 사이에는 컴프리션 매니저, 디자인 설계의 스테이지3가 어느 정도 진행되어 프로젝트의 설계가 60~70%의 완성도를 보일 때는 커미셔닝의 각 분야별로 리더 엔지니어를 동원한다. 각 분야는 전기, 기계, 계장, 프로세스, 항해통신 등의 5개 부분으로 주로 구분하나, 이는 각 프로젝트의 요구사항과 각 오일 메이저의 내부규정에 따라 변한다.

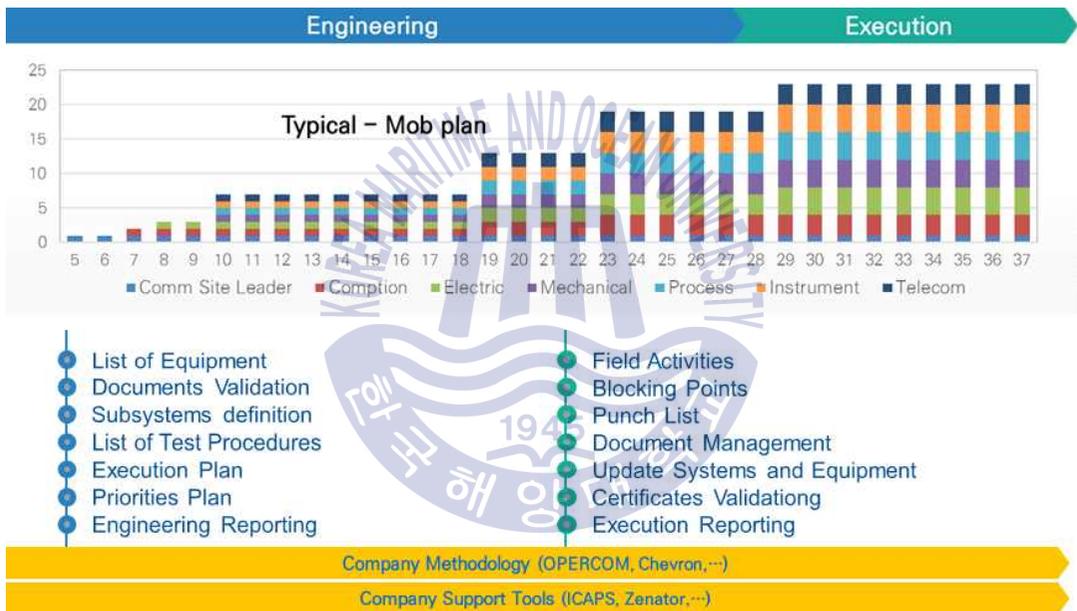


Fig. 4.2 Commissioning Man-Power Mobilization

프로젝트시작 후 약 19개월 이후부터는 본격적으로 커미셔닝 엔지니어들이 투입되기 시작하고 컨스트럭션의 70%정도에 이른 시점인 23개월부터는 커미셔닝을 수행하기 위한 임시장비의 사전 준비 작업에 착수한다. 커미셔닝 수행은 프로젝트의 특성에 따라 달라지나, 최적의 시점은 메카니컬 컴플리션이 70% 이상 완료되어야 원활하게 진행할 수 있다.

따라서 커미셔닝 팀의 효율은 컨스트럭션의 완성도에 많이 좌우되므로 가능

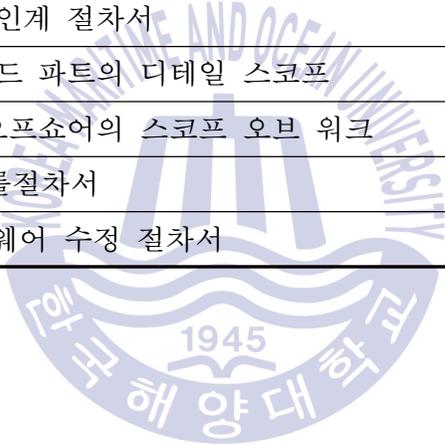
한 투입시점을 프로젝트의 뒤로 잡아야 하나, 프로젝트의 인도시점이 정해져 있으므로, 판단을 잘못하면 커미셔닝의 크리티컬 패스에 따른 절대 공사기간에 필요한 기간을 확보하지 못할 수 있으므로, 프로젝트의 여러 환경요소를 반영하여 결정하여야 한다.

4.2 개발한 커미셔닝 문서

해양플랜트에서는 규모에 따라 다르나, 2조원 이상의 대형공사는 약 3,000명 이상의 인원들이 동원되고, 근무하는 사무실도 프로젝트를 발주한 컴퍼니의 본사를 비롯하여 설계회사, 컨스트럭션 회사, 운송 및 설치 회사, 오프쇼어 서비스 회사, 정부, 검사대행기관 등 글로벌하게 진행이 되기 때문에 프로젝트 수행에 관련된 것은 모든 것을 문서로 만들어 세계 어느 곳에서든 같은 컨셉을 가지고 수행할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 커미셔닝에서도 위의 커미셔닝 설계단계에서 개발하고 진행된 사항들로 표준화된 프로젝트의 커미셔닝 설계문서를 만든다. 아래는 그중 새로운 프로젝트를 수행할 때 공통적으로 개발해야 할 다양한 커미셔닝 설계문서 종류의 일부들이다.

Table 9 Commissioning Dossiers

No	Title
1	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 마스터 문서 레지스터
2	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 전략
3	프리커미셔닝 수행 플랜
4	커미셔닝 수행 플랜
5	커미셔닝과 테스트 플랜
6	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 편치 리스트 절차서
7	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 프로그램스 & 보고
8	시스템 인수인계 절차서
9	커미셔닝 서드 파트의 디테일 스코프
10	온쇼어 앤 오프쇼어의 스코프 오브 워크
11	ICAPS 컨트롤절차서
12	ICSS 소프트웨어 수정 절차서



No	Title
13	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 포맷(문서 종류별, OTP & certificates)
14	프리커미셔닝 앤 커미셔닝 설계과정 수행 시 문서 관리방법
15	커미셔닝 이관 물량 워크의 관리(편치 리스트 포함)
16	Permit to Work 절차서
17	벤더관리와 지원에 관한 절차서
18	커미셔닝 안벽 특별자재에 관한 관리절차서
19	커미셔닝 계약자별 인터페이스와 책무에 관한 관리절차서
20	루프 테스트 절차서
21	현장사무소 및 인력 관리절차서
22	커미셔닝 수행 스케줄 관리절차서
23	커미셔닝 유지 보관절차서(관리인력, 조직도, 소모품, 예산)
24	고압 누설테스트 절차서 (관리인력, 스케줄, 서브 컨트랙터 등등)
25	커미셔닝 퍼스트 필 리스트

상기의 문서종류는 프로젝트의 계약조건에 따라서 약 20여개에서 많은 프로젝트는 70여개의 세분화된 커미셔닝 일반문서를 준비해야 한다. 커미셔닝 문서가 준비되면 커미셔닝 설계의 가이드라인이 준비된 것이므로 이것으로 바탕으로 오퍼레이션 테스트 절차서를 작성을 시작하여 좀 더 넓은 방향으로 커미셔닝 설계를 확장한다.

신규 해양플랜트 프로젝트에 투입될 커미셔닝 설계의 문서의 표준을 잡기 위해서 기존에 수행되었던 해양플랜트의 공통점들을 모아, 한국의 조선·해양산업에 종사하는 사람들이 준비할 수 있도록 표준화된 보편적인 커미셔닝 문서를 만드는 것이 필요하다.

기존에 수행된 프로젝트의 형식 및 절차서의 작성방법을 참고로 하여 추가의 커미셔닝 문서를 작성하면 신규 해양플랜트 프로젝트의 커미셔닝 설계를 수행할 때 기존의 해양플랜트 커미셔닝 설계를 수행하면서 발생하였던 많은 혼선과 실패사례를 줄일 수 있다.

4.3 계약 후 월별 주요 커미셔닝 설계

이번 장에서는 효율적인 커미셔닝 설계를 위하여 달별로 중요하게 진행해야 할 액티비티를 연구한다. 해양플랜트의 계약과 주문주인 오일메이저의 내부 안벽규정에 따라 달라지나 커미셔닝 설계의 시점별 필요한 주요 액티비티를 해양플랜트의 주요 절점인 계약, 스틸 커팅, 진수, 세일어웨이, 마지막 인계로 구분하고, 정리하여 최적의 커미셔닝 설계를 위해서 각 스테이지 별로 행하여야 하는 주요 액티비티를 구분하였다.

4.3.1 + 3 월 커미셔닝 설계

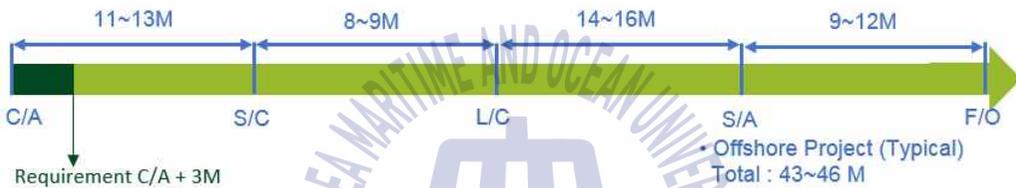


Fig. 4.3 + 3 month Commissioning Engineering

- 프리커미셔닝과 커미셔닝 마스터 문서 레지스터
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 변경 관리절차서
- 이송과 완료절차서

4.3.2 + 6 월 커미셔닝 설계

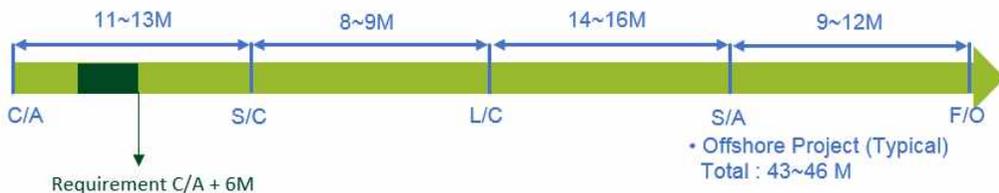


Fig. 4.4 + 6 month Commissioning Engineering

- 서브시스템 리스트와 디스크립션
- 위치별 스코프 오브 워크와 서브시스템 / 온-오프쇼어 단계.
- 이관 물량 분류 및 완료절차서

- FPSO 설비 이관절차서
- FPSO 스타트업 시퀀스
- FPSO 스타트업 매뉴얼
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 프로그램 산정 및 보고 방법
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 안전 교육 프로그램
- 편치리스트 절차서

4.3.3 + 8 월 커미셔닝 설계



Fig. 4.5 + 8 month Commissioning Engineering

- 온쇼어 워크 사이트 커미셔닝 시퀀스(워크 사이트 별로)들
- 서브시스템별 Identification Mark-up 도면들
- 오프쇼어 워크 사이트 커미셔닝 시퀀스(워크 사이트 별로)들
- FAT 스케줄과 리스트
- Relief Valves Certification 테스트 절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝, 스타트업 안벽 스페어 파트, 안벽 특수 툴 리스트
- 벤더 등록 문서들 (장비별)

4.3.4 + 9~10 월 커미셔닝 설계

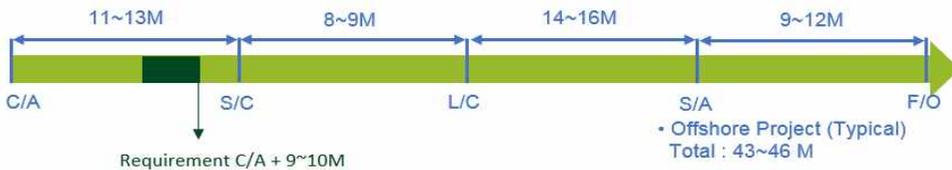


Fig. 4.6 + 9~10 month Commissioning Engineering

- 프리커미셔닝 문서 (장비별)
- 커미셔닝이 관련되지 않는 서브시스템 컴플리션 절차서
- 벤더와 서브컨트랙터 또는 동원 절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 서브컨트랙터 또는 벤더 동원 플랜
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 와스타트 업 도구들, 소모품, 안벽 스페어 창고 관리절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 서드 파티 선별 및 자세한 일의 범위
- 커미셔닝 문서(서브시스템별)
- 비 커미셔닝 서브시스템 문서(시스템별)
- FPSO 스타트업 절차서
- FAT 절차서 (FAT 별)
- 서브컨트랙터 동원절차서

4.3.5 + 12~13 월 커미셔닝 설계

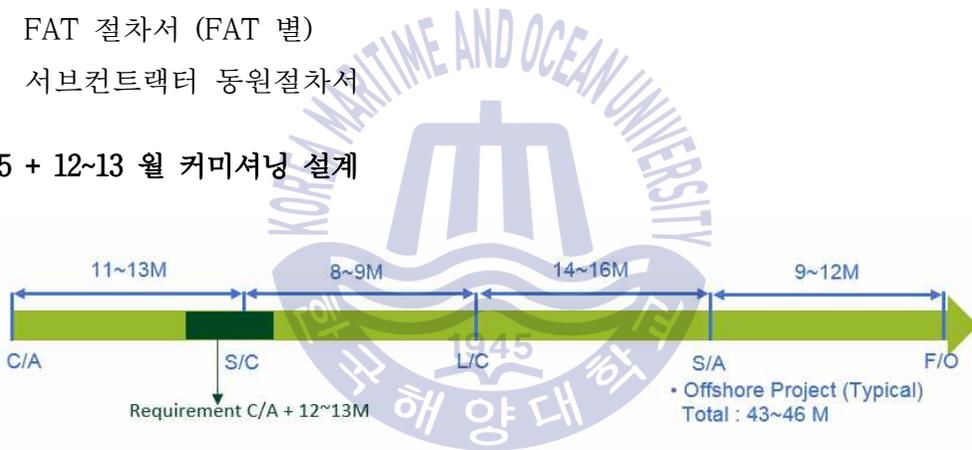


Fig. 4.7 + 12~13 month Commissioning Engineering

- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 임시설치와 장비사양
- 전기적 분리 절차서
- 계장 인히비트와 오버 라이드 절차서
- 기계적 분리 절차서
- 선급 관련 제출 서류 및 규정사항 반영
- 유지보수 와 윤활유 관련 스케줄
- 퍼스트 필과 관련 필요 량
- 유지보수 절차서

4.3.6 RFC 발생 전 커미셔닝 설계

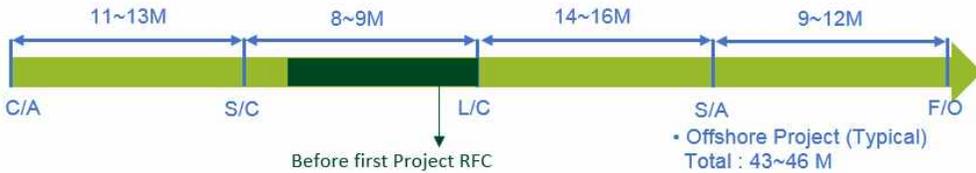


Fig. 4.8 Commissioning Engineering for issuing RFC

- 프리커미셔닝과 커미셔닝 수행 플랜
- 프리커미셔닝 & 커미셔닝 Permit to Work 절차서
- 커미셔닝 SIMOPS 절차서
- 인수 인계전 오퍼레이션 장비 관리 및 인도 절차서
- 임시 사용 장비 확인 절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 임시 장비 와 안벽 설치에 대한 관리 및 전원 테스트 플랜
- 장기간 작동 절차서들(시스템별)
- 커미셔닝 장비별 전원 투입 절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 임시 설치와 장비 관리 절차서
- 프리커미셔닝 앤 커미셔닝 임시 설치와 장비 컨트롤 절차서
- 오퍼레이션 테스트 절차서들(오퍼레이션 테스트별)
- 블랙 스타트 오퍼레이션 테스트 절차서
- 기계별 안전 분리 기록 관리 절차서
- 전기별 안전 분리 기록 관리 절차서
- 계장 소프트웨어 안전 분리 및 오버라이트 기록 관리 절차서
- 기계별 안전 분리 P&ID Mark-up
- 프리커미셔닝 & 커미셔닝 종료 및 회의결과 보고 기록물 관리 절차서

4.3.7 커미셔닝 수행 스테이지 커미셔닝 설계

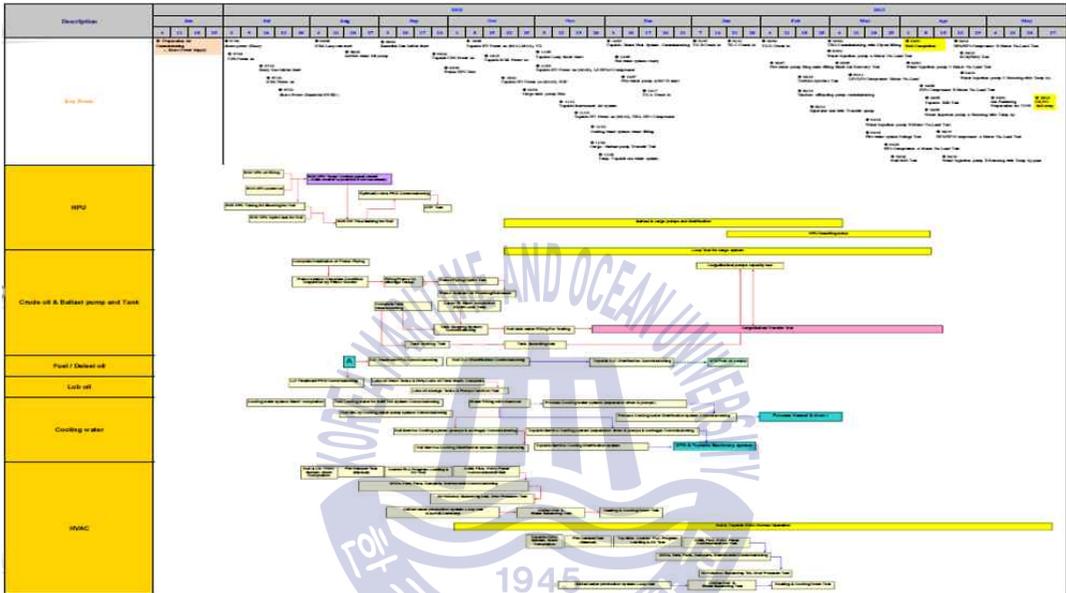


Fig. 4.9 Commissioning Engineering for Execution

- 온쇼어 커미셔닝 플랜 승인 시 추가사항 재승인 수행
- 커미셔닝 임시장비와 필요 소모품 관리 및 사용절차서
- CMS 데이터베이스 생성완료(벤더/패키지포함)
- PSSR walk-down 참석 및 펀치리스트 항목 생성
- 테스트 또는 확인해야 하는 기본적 평선 별 확인 및 필요시 절차서 수정
- 평선 및 오퍼레이션에 필요한 절차서 확인 및 필요시 절차서 수정
- 스테틱 장비별 서브 시스템/커미셔닝 패키지 확인 및 필요시 절차서 수정
- 주문주와 같이 온쇼어 평선 테스트수행 및 수행 중 발생한 수정사항에 대하여 절차서 반영
- ICSS 온쇼어 SAT 수행
- 커미셔닝을 수행하기 위한 Ready for commissioning Certification을 주문주와 논의 하여 발행 및 관리
- 각 장비별로 오퍼레이션 테스트를 수행하고 장비 수행 중 수정 발생한 사항에 대하여 오퍼레이션 테스트 프로시저에 수정 반영 후 주문주 재승인 절차 수행
- 오퍼레이션 테스트 중 발생한 도면 수정사항에 대하여 설계에 피드 백 및 수정 진행사항 관리

4.4 커미셔닝 레벨에 따른 세부 스케줄 개발

프로젝트 마일스톤 및 마스터 스케줄에 따라서 커미셔닝 액티비티의 효율적인 성취를 위한 커미셔닝의 스케줄을 최적화하는 것은 프로젝트의 시스템 컴플리션에 가장 큰 영향을 미치는 요소 중 하나이다.



A- Commissioning Milestone Setup

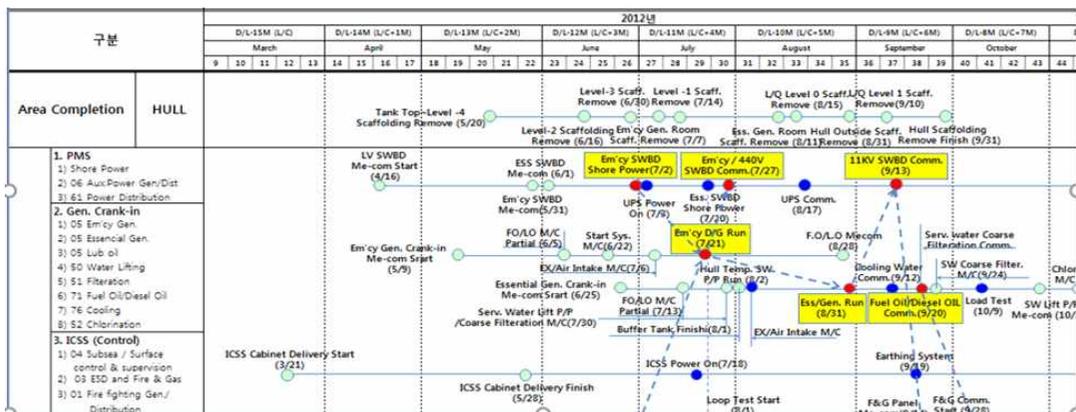
ID	작업 이름	기간	시작 날짜	종료 날짜	연월 작업	2012년		2013년	
						달	날	달	날
2208	2839 Blige Pumping Network	8 일	12-10-01 (월)	12-10-10 (수)					
2214	2840 Blige Water and Sludge Tanks and Pumps	9 일	12-10-01 (월)	12-10-11 (목)					
2221	2860 Hull Scupper System	12 일	12-09-24 (월)	12-10-09 (목)					
2227	2861 Machinery Space Deck Scuppers	6 일	12-09-24 (월)	12-10-01 (화)					
2232	2890 Portable Deck Draining Pumps A & B, Hull Open Drain	9 일	12-09-24 (월)	12-10-04 (목)					
2239									
2240	3X PRODUCED GAS PROCESSING	18 일	11-11-08 (화)	11-12-01 (목)					
2241	30 Gas Dehydration - Glycol	85 일	12-10-29 (월)	13-02-22 (금)					
2242	3010 Glycol Inlet Cooler, Scrubber & Filter Train A	15 일	13-02-04 (월)	13-02-22 (금)					
2249	3011 Glycol Contactor Train A	13 일	12-10-29 (월)	12-11-14 (수)					
2255	3012 Glycol Inlet Cooler, Scrubber & Filter Train B	15 일	12-10-29 (월)	12-11-16 (금)					
2262	3013 Glycol Contactor Train B	13 일	12-10-29 (월)	12-11-14 (수)					
2268	3020 Glycol Regeneration Package Train A	13 일	12-10-29 (월)	12-11-14 (수)					
2274	3030 Glycol Regeneration Package Train B	13 일	12-10-29 (월)	12-11-14 (수)					
2280	3040 Glycol Make-up System - Tote Tank, Pump & Hose	14 일	12-10-29 (월)	12-11-15 (목)					
2287									
2288	31 Gas Compression	134 일	12-11-05 (월)	13-05-09 (목)					
2289	3100 LP1/LP2 Gas Compressors	59 일	13-01-14 (월)	13-04-04 (목)					
2296	3101 LP1 Compressor Suction Cooler, Scrubber & Pump	13 일	13-01-14 (월)	13-01-30 (수)					
2302	3102 LP2 Compressor Suction Cooler, Scrubber & Pump	13 일	13-01-14 (월)	13-01-30 (수)					
2308	3110 HP1 Gas Compressor Train A	59 일	13-01-28 (월)	13-04-18 (목)					
2315	3111 HP1 Compressor Suction Cooler & Scrubber Train A	13 일	13-01-28 (월)	13-02-13 (수)					
2321	3112 HP1 Gas Compressor Train B	14 일	13-01-28 (월)	13-02-14 (목)					
2328	3113 HP1 Compressor Suction Cooler & Scrubber Train B	13 일	13-01-28 (월)	13-02-13 (수)					
2334	3140 HP2/HP3 Gas Compressors Train A	59 일	13-02-18 (월)	13-05-09 (목)					
2341	3141 HP2/HP3 Gas Compressors Train B	59 일	13-02-18 (월)	13-05-09 (목)					
2348	3142 HP2 Compressor Suction Cooler Train A	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2354	3143 HP2 Compressor Recycle Cooler Train A	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2360	3144 HP2 Compressor Suction Cooler Train B	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2366	3145 HP2 Compressor Recycle Cooler Train B	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2372	3146 HP3 Compressor Suction Cooler & Scrubber Train A	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2378	3147 HP3 Compressor Discharge Cooler Train A	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2384	3148 HP3 Compressor Suction Cooler & Scrubber Train B	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2390	3149 HP3 Compressor Discharge Cooler Train B	13 일	13-02-18 (월)	13-03-06 (수)					
2396	3150 Flare and HC Blanket Gas Recovery Package	18 일	13-01-07 (월)	13-01-30 (수)					
2403	3151 HC Blanket Gas Cooler	10 일	13-01-07 (월)	13-01-18 (목)					
2408	3152 HC Blanket Gas Scrubber and Pumps	14 일	13-01-07 (월)	13-01-24 (수)					
2415	3153 HC Blanket Header and PIV Breaker	8 일	12-11-05 (월)	12-11-14 (수)					
2420	3160 CL Gas Lift Right Branch GL 200-R	10 일	13-03-04 (월)	13-03-15 (목)					

B- Level 2 Schedule Draft

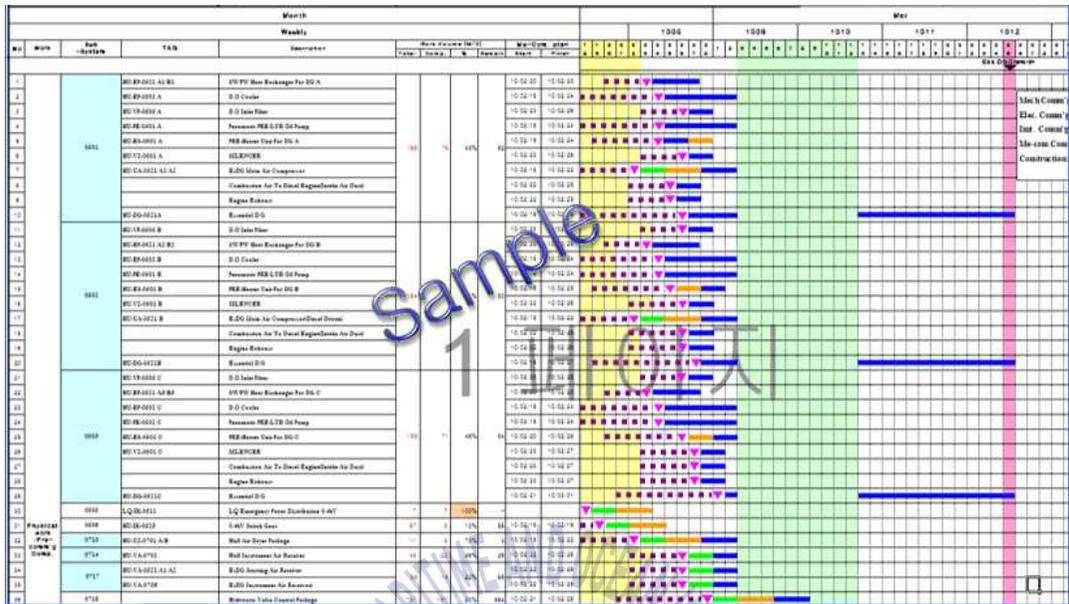
본 연구에서는 Microsoft Project 이용하여 최적의 커미셔닝 액티비티를 구현하는 방법을 분석하였다.

커미셔닝 시퀀스를 이용한 마일스톤을 가장 기본이 되는 레벨1 스케줄이라고 규정하고, 시스템/서브시스템 단위로 일정을 추가로 넣어서 스케줄을 작성한 것을 레벨2로 규정하면, 레벨2의 단계에서 실제로 프로젝트기간에 실현 가능한 스케줄인 지에 대한 검증이 필요하다.

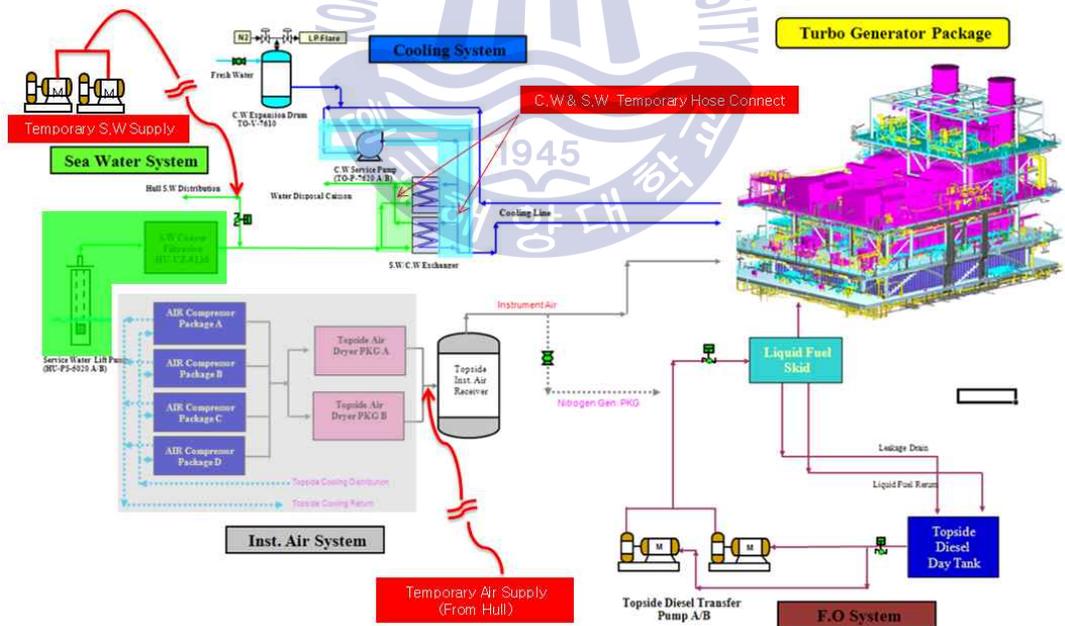
이는 Fig 4.10의 C에 있는 Manhattan sky line이라는 분석방법을 통하여 분석할 수 있다. 각 주별로 완료해야 하는 시스템/서브시스템의 수량을 주별로 표현하면 각 주별로 빌딩을 쌓듯이 필요한 자원의 부하에 대하여 시각적으로 분석이 가능해진다. 만약에 어느 주에 과도한 부하가 걸리면 커미셔닝 액티비티의 크리티컬 패스에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 다른 주로 이동하여 가능한 전체의 커미셔닝 액티비티의 부하가 평균화될 수 있도록 한다. 이는 커미셔닝 액티비티의 수행기간에 과도한 부하변동을 줄여서 커미셔닝 액티비티의 완성도를 높이는 데 큰 영향을 미친다. 레벨2 스케줄까지는 커미셔닝 매니저가 프로젝트 스케줄의 안의 범위에서 주도하여 작성하고, 확정된 레벨2 스케줄을 바탕으로 각 분야의 커미셔닝 엔지니어가 자세한 커미셔닝 액티비티를 넣어서 레벨3 스케줄을 작성한다. 때로는 레벨2에서 주어진 기간 안에 레벨3 스케줄을 달성할 수 없는 경우도 발생한다. 이런 상황에서는 각 분야 내에서 해결방법에 관하여 연구하고 토론하나, 불가할 때에는 다시 커미셔닝 매니저에게 보고하여



A- Pre-Commissioning and Commissioning Relation Analysis



B-Precommissioning Schedule Development



C-Overcome Method for Delayed Pre-commissioning Schedule

Fig. 4.11 Commissioning Schedule Development by Logic

레벨2 스케줄의 변경이 가능한지에 대한 논의가 필요하다. 이러한 과정을 위에서 아래로, 또한 아래에서 위로 올라가는 여러 번의 검증을 통하여 최적화된 커미셔닝 액티비티 스케줄을 만들어 간다.

또한, Fig 4.11와 같이 작성된 커미셔닝 스케줄 레벨3을 바탕으로 컨스트럭션 팀과 논의하여 메카니컬 컴플리션 스케줄이 커미셔닝 액티비티 스케줄과 공조되도록 하여야 한다. 시점상으로 컨스트럭션에서 커미셔닝 스케줄을 맞출 수 없을 때는 이를 극복하기 위한 임시 유틸리티 또는 우회하는 방법에 관하여 연구하고 필요시에는 생산설계에 사전에 반영하여 한정된 기간 내에 커미셔닝 액티비티를 완료하여 프로젝트의 시스템 컴플리션이 완료되도록 한다.



4.5 개발한 설계 방안의 효율성 검증

4.5.1 B 프로젝트 태스크 분석

4.1장에서 4.4장까지의 커미셔닝 엔지니어링을 수행하고 이를 바탕으로 하여 프로젝트를 수행한 B프로젝트의 프리커미셔닝 태스크와 커미셔닝 태스크의 진행을 세일어웨이로 부터 백워드로 하여 프로그램을 월별로 분석한 것이

Table 10 B Project Task Analysis

Date	B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (TaskBase)	B-ProjectGap (TaskBase)
S/A-12M	23.10%	4.16%	18.94%
S/A-11M	25.70%	7.21%	18.49%
S/A-10M	30.44%	9.84%	20.60%
S/A-9M	35.70%	12.53%	23.17%
S/A-8M	41.57%	16.89%	24.68%
S/A-7M	48.36%	23.78%	24.58%
S/A-6M	57.31%	30.84%	26.47%
S/A-5M	64.30%	37.96%	26.34%
S/A-4M	74.16%	45.48%	28.68%
S/A-3M	83.56%	57.49%	26.07%
S/A-2M	89.35%	68.91%	20.44%
S/A-1M	95.85%	81.28%	14.57%
S/A	97.36%	91.64%	5.72%

Table 10 B프로젝트 태스크 프로그램스 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 4.12 B프로젝트 태스크 프로그램스 그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위하여

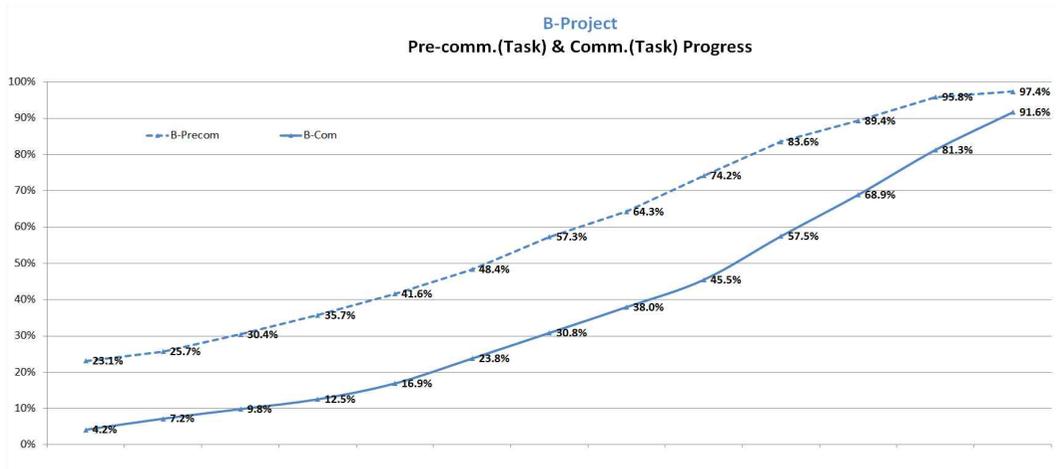


Fig. 4.12 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph

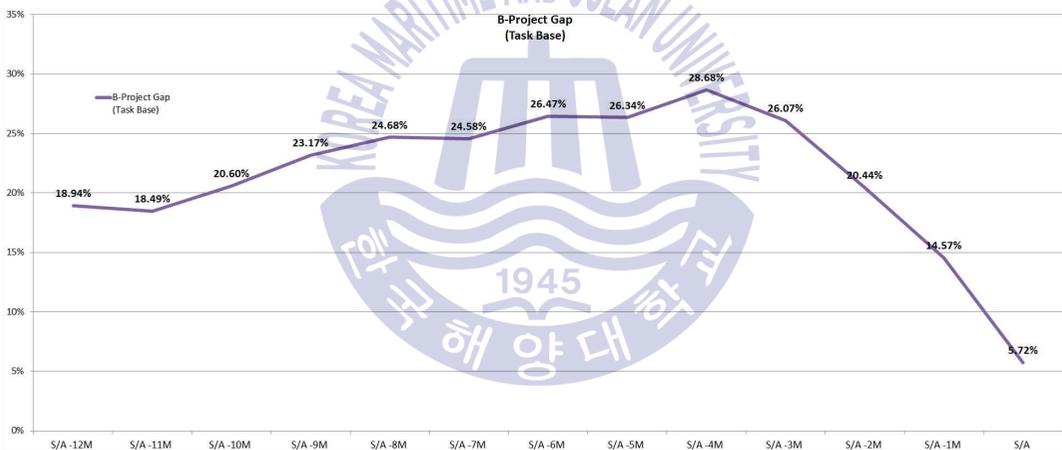


Fig. 4.13 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph

Fig. 4.13 B프로젝트 태스크 프로그램스 갭 비교를 만들어서 상관관계를 분석하였다. 상기와 같은 과정을 통하여 완료단계를 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 적용한 B프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램스의 갭이 최대 28.68%까지 발생하여, 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결도가 많이 향상 되었다. 프리커미셔닝과 커미셔닝의 갭이 많이 줄어들면, 해양플랜트의 마지막 단계에서 가장 중요한 과정인 시스템 별 완성도를 높이는데 큰 영향을 미치며, 이는 프로젝트의 효율을 높이는데 중요한 기여를 한다.

4.5.2 B 프로젝트 맨아워 분석

Table 11 B Project Man-hours Analysis

Date	B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (MHBase)	Commissioning Progress (MHBase)	B-ProjectGap (MHBase)
S/A-12M	20.62%	3.70%	16.92%
S/A-11M	23.36%	6.45%	16.91%
S/A-10M	27.49%	7.56%	19.93%
S/A-9M	34.41%	10.72%	23.69%
S/A-8M	38.76%	14.58%	24.18%
S/A-7M	43.00%	19.13%	23.87%
S/A-6M	49.28%	23.79%	25.49%
S/A-5M	55.59%	29.21%	26.38%
S/A-4M	66.74%	36.87%	29.87%
S/A-3M	77.23%	47.53%	29.70%
S/A-2M	86.24%	59.08%	27.16%
S/A-1M	94.14%	73.70%	20.44%
S/A	96.98%	86.19%	10.79%

B프로젝트의 프리커미셔닝의 맨아워와 커미셔닝 맨아워의 달성을 세일어웨이로 부터 백워드대로 하여 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 11 B프로젝트 맨아워 프로그램 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 4.14 B프로젝트 프리커미셔닝 커미셔닝 프로그램 그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.15 프로젝트 프리커미셔닝 커미셔닝 맨아워 프로그램 갭 그래프를 만들어서 상관관계를 분석하였다.

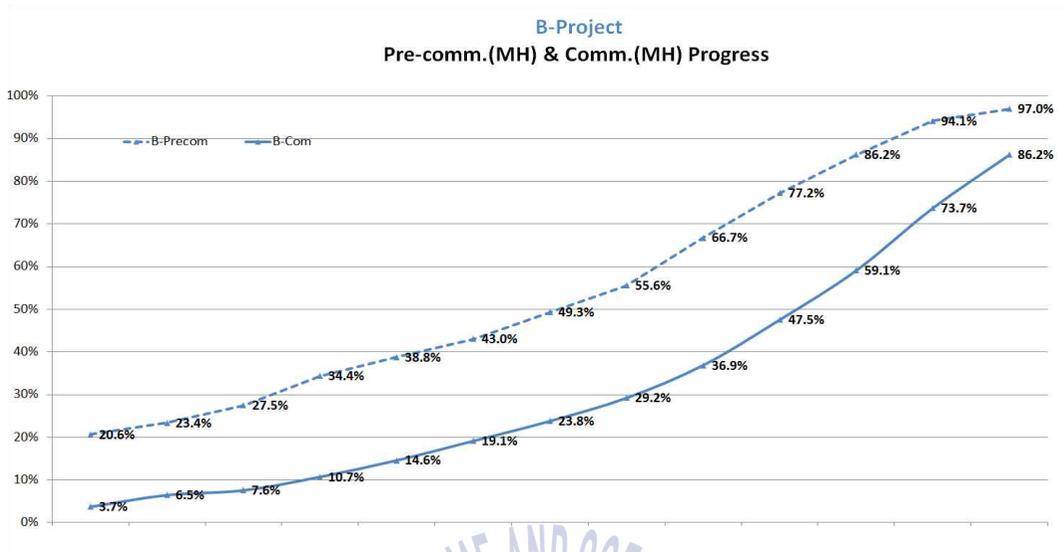


Fig. 4.14 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph

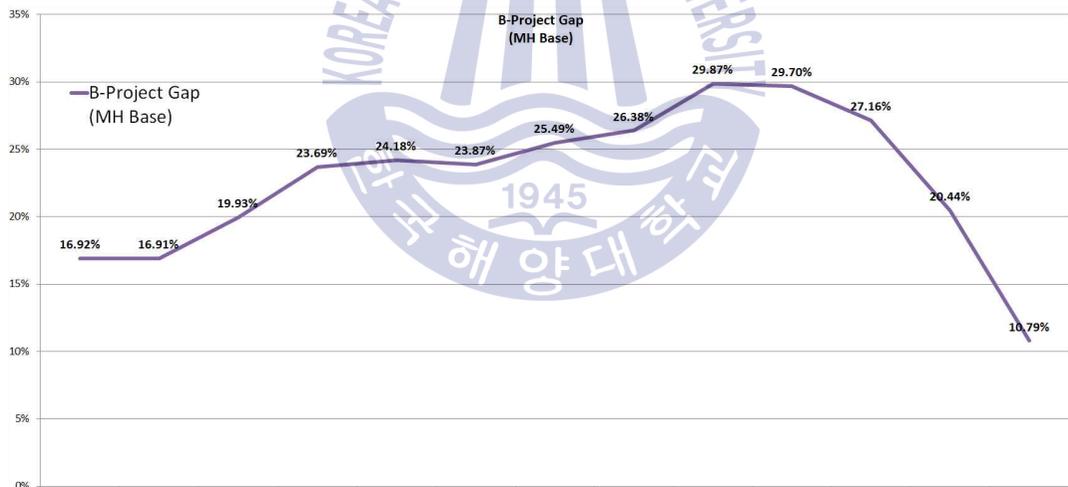


Fig. 4.15 B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph

상기와 같은 과정을 통하여 프로그램을 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 효율적으로 수행한 B프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램의 갭이 최대 29.70%까지 발생하여, 태스크 프로그램을 비교한 것과 같이 프리커미셔닝과 커미셔닝 액티비티의 연결도가 현저히 향상된 것으로 분석된다.

4.5.3 B 프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 비교

Table 12 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis

Date	B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (MHBase)	B-ProjectGap (Pre-comm.taskvsComm.MH)
S/A-12M	23.10%	3.70%	19.40%
S/A-11M	25.70%	6.45%	19.25%
S/A-10M	30.44%	7.56%	22.88%
S/A-9M	35.70%	10.72%	24.98%
S/A-8M	41.57%	14.58%	26.99%
S/A-7M	48.36%	19.13%	29.23%
S/A-6M	57.31%	23.79%	33.52%
S/A-5M	64.30%	29.21%	35.09%
S/A-4M	74.16%	36.87%	37.29%
S/A-3M	83.56%	47.53%	36.03%
S/A-2M	89.35%	59.08%	30.27%
S/A-1M	95.85%	73.70%	22.14%
S/A	97.36%	86.19%	11.17%

B프로젝트의 프리커미셔닝 태스크와 커미셔닝 맨아워의 달성을 세일어웨이로 부터 백워드리로 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 12 B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 4.16 B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램 비교그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.17 B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램 갭 비교그래프를 만들어서 상관관계를 분석하였다.



Fig. 4.16 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph

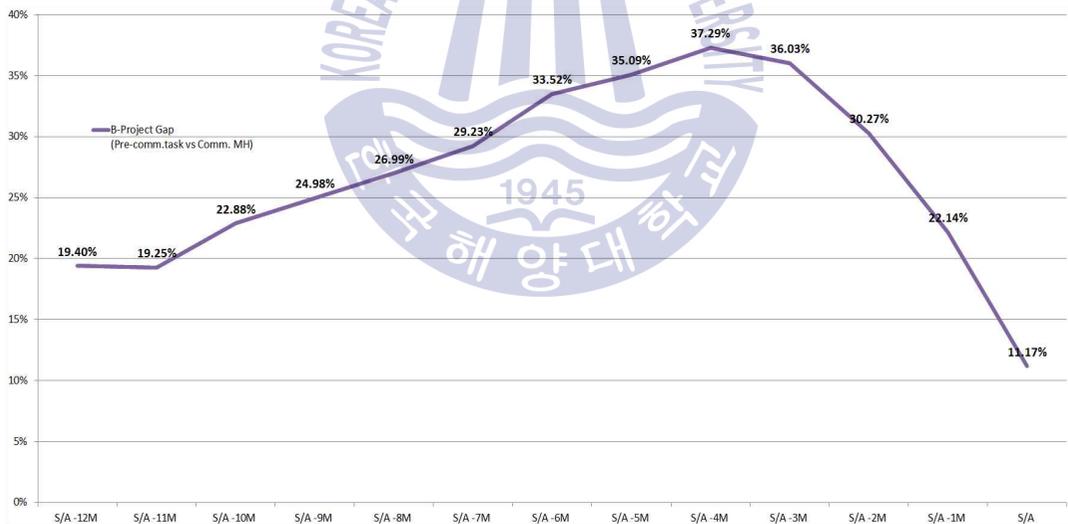


Fig. 4.17 B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph

상기와 같은 과정을 통하여 프로그램을 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 일부 적용한 A-프로젝트와 달리 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램의 갭이 최대 37.29%까지 발생하여, 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결도가 많이 향상 되었다.

4.5.4 A프로젝트와 B프로젝트 태스크 비교

상기와 같은 B프로젝트의 결과 값을 다시 A와 B프로젝트를 같은 표와 그래프로 재구성하여 변화된 값을 비교하였다. A, B프로젝트의 프리커미셔닝의 태스크와 커미셔닝 태스크의 진행을 세일어웨이로 부터 백워드로 하여 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 13 A-B프로젝트 태스크 프로그램스 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 형상화하여 분석한 것이 Fig. 4.18 A-B프로젝트 태스크 프로그램스 비교그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.19 A-B프로젝트태스크 프로그램스 갭 비교를 만들어서 상관관계를 분석하였다. 상기와 같은 과정을 통하여 완료 단계를 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 일부 적용한 A프로젝트는 프리커미셔닝

Table 13 A-B Project Task Analysis

Date	A-Project			B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (TaskBase)	A-ProjectGap (TaskBase)	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (TaskBase)	B-ProjectGap (TaskBase)
S/A-12M	8.56%	0.03%	8.53%	23.10%	4.16%	18.94%
S/A-11M	11.88%	0.27%	11.61%	25.70%	7.21%	18.49%
S/A-10M	17.66%	0.31%	17.35%	30.44%	9.84%	20.60%
S/A-9M	29.20%	1.82%	27.38%	35.70%	12.53%	23.17%
S/A-8M	42.08%	4.72%	37.36%	41.57%	16.89%	24.68%
S/A-7M	59.56%	8.70%	50.86%	48.36%	23.78%	24.58%
S/A-6M	72.30%	14.85%	57.45%	57.31%	30.84%	26.47%
S/A-5M	79.97%	18.43%	61.54%	64.30%	37.96%	26.34%
S/A-4M	91.15%	36.23%	54.92%	74.16%	45.48%	28.68%
S/A-3M	95.18%	52.79%	42.39%	83.56%	57.49%	26.07%
S/A-2M	97.70%	73.88%	23.82%	89.35%	68.91%	20.44%
S/A-1M	98.60%	80.99%	17.61%	95.85%	81.28%	14.57%
S/A	99.50%	95.82%	3.68%	97.36%	91.64%	5.72%

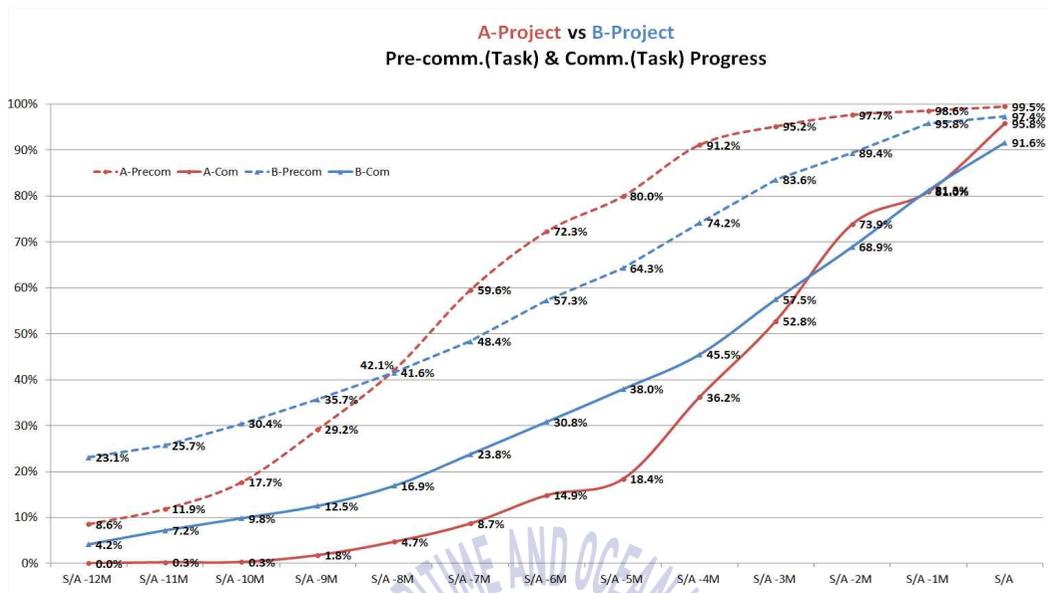


Fig. 4.18 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Graph

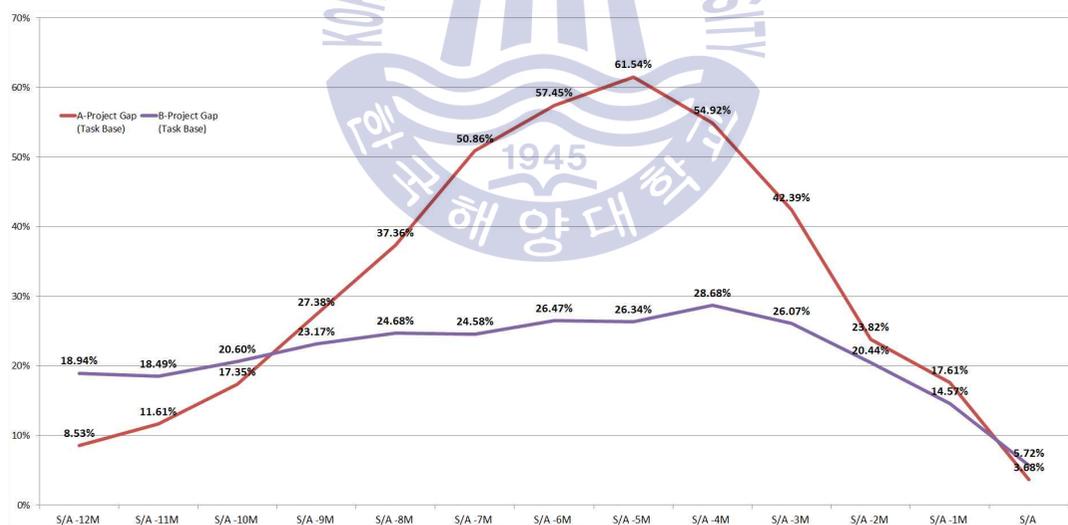


Fig. 4.19 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Task Gap Graph

과 커미셔닝 프로그램스의 갭이 최대 61.5%까지 발생한 것에 비하여, 커미셔닝 설계를 적용한 B프로젝트는 28.68% 갭이 발생하여 최고 갭 발생시 32.88%의 향상을 보여 연결도가 많이 향상된 것을 확인할 수 있다.

4.5.6 A프로젝트와 B프로젝트 맨아워 비교

Table 14 A-B Project Man-hours Analysis

Date	A-Project			B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (MHBase)	Commissioning Progress (MHBase)	A-ProjectGap (MHBase)	Pre-Commissioning Progress (MHBase)	Commissioning Progress (MHBase)	B-ProjectGap (MHBase)
S/A-12M	13.01%	0.13%	12.88%	20.62%	3.70%	16.92%
S/A-11M	14.63%	0.46%	14.17%	23.36%	6.45%	16.91%
S/A-10M	19.16%	0.44%	18.72%	27.49%	7.56%	19.93%
S/A-9M	28.51%	1.51%	27.00%	34.41%	10.72%	23.69%
S/A-8M	40.53%	3.26%	37.27%	38.76%	14.58%	24.18%
S/A-7M	58.44%	6.37%	52.07%	43.00%	19.13%	23.87%
S/A-6M	70.24%	9.42%	60.82%	49.28%	23.79%	25.49%
S/A-5M	79.44%	11.90%	67.54%	55.59%	29.21%	26.38%
S/A-4M	91.27%	24.26%	67.01%	66.74%	36.87%	29.87%
S/A-3M	94.77%	36.53%	58.24%	77.23%	47.53%	29.70%
S/A-2M	97.62%	54.37%	43.25%	86.24%	59.08%	27.16%
S/A-1M	98.59%	64.84%	33.75%	94.14%	73.70%	20.44%
S/A	99.79%	91.21%	8.58%	96.98%	86.19%	10.79%

같은 방법으로 A와 B프로젝트의 프리커미셔닝의 맨아워와 커미셔닝 맨아워의 달성을 세일어웨이로 부터 백워드로 프로그램을 월별로 분석한 것이 Table 14 A-B프로젝트 맨아워 프로그램 비교표이며, 이 비교표를 그래프로 분석한 것이 Fig. 4.20 A-B프로젝트 맨아워 프로그램 비교그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.21 A-B프로젝트 맨아워 프로그램 갭 비교를 만들어서 두 프로젝트를 같은 그래프에서 분석하였다.

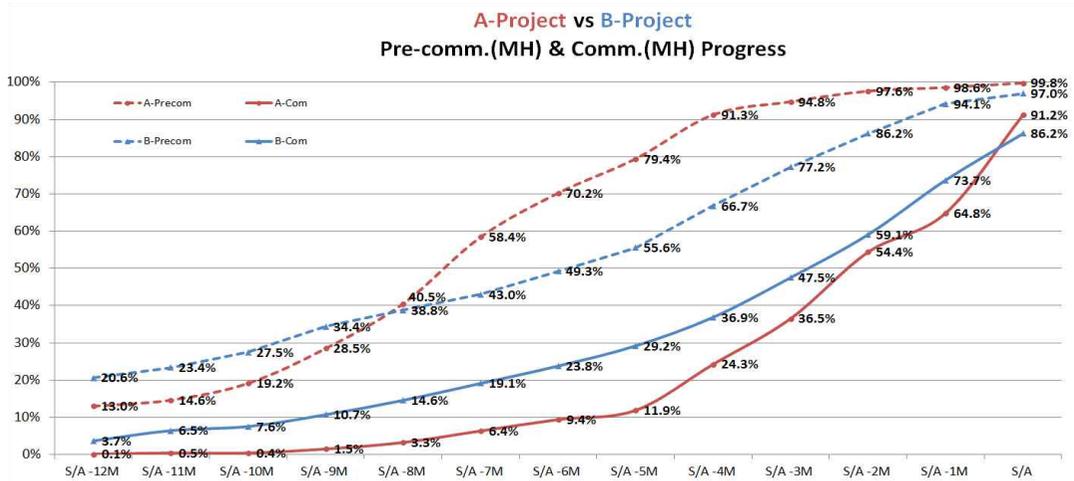


Fig. 4.20 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Graph

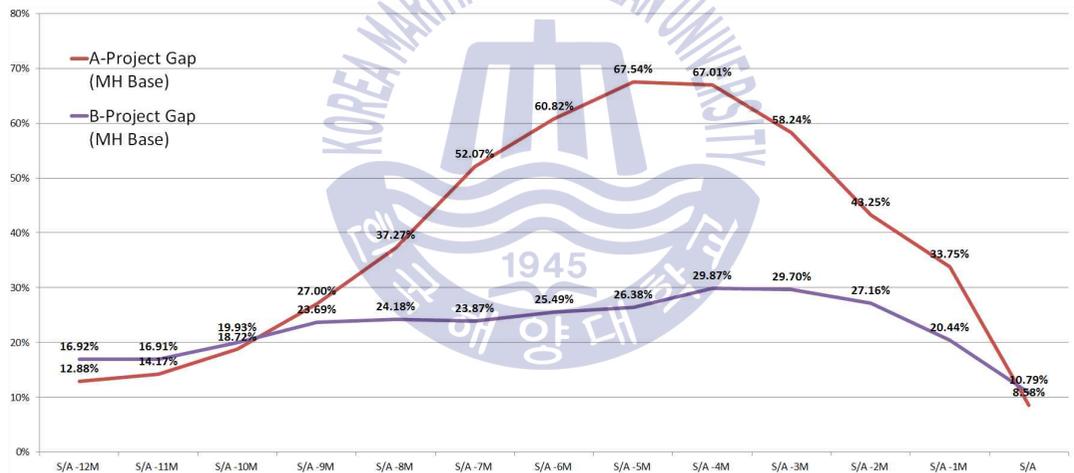


Fig. 4.21 A-B Project Pre-commissioning vs Commissioning Man-hours Gap Graph

상기와 같은 과정을 통하여 프로그램을 분석한 결과, A프로젝트는 프로그램의 갭이 최대 67.54%까지 발생한 것에 비하여, B프로젝트는 29.87% 갭이 발생하였다. 37.67%의 향상을 보이며 이러한 갭은 프리커미셔닝과 커미셔닝의 태스크로 분석한 결과와 유사한 추이를 보여주고 있으며, 커미셔닝 설계의 완성도가 해양플랜트의 완성도에 중대한 영향을 미치고 있음을 보여준다.

4.5.7 A프로젝트 와 B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 비교

Table 15 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Analysis

Date	A-Project			B-Project		
	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (MHBase)	A-ProjectGap (Pre-comm.task vsComm.MH)	Pre-Commissioning Progress (TaskBase)	Commissioning Progress (MHBase)	B-ProjectGap (Pre-comm.task vsComm.MH)
S/A-12M	8.56%	0.13%	8.43%	23.10%	3.70%	19.40%
S/A-11M	11.88%	0.46%	11.42%	25.70%	6.45%	19.25%
S/A-10M	17.66%	0.44%	17.22%	30.44%	7.56%	22.88%
S/A-9M	29.20%	1.51%	27.69%	35.70%	10.72%	24.98%
S/A-8M	42.08%	3.26%	38.82%	41.57%	14.58%	26.99%
S/A-7M	59.56%	6.37%	53.19%	48.36%	19.13%	29.23%
S/A-6M	72.30%	9.42%	62.88%	57.31%	23.79%	33.52%
S/A-5M	79.97%	11.90%	68.07%	64.30%	29.21%	35.09%
S/A-4M	91.15%	24.26%	66.89%	74.16%	36.87%	37.29%
S/A-3M	95.18%	36.53%	58.65%	83.56%	47.53%	36.03%
S/A-2M	97.70%	54.37%	43.33%	89.35%	59.08%	30.27%
S/A-1M	98.60%	64.84%	33.76%	95.85%	73.70%	22.14%
S/A	99.50%	91.21%	8.29%	97.36%	86.19%	11.17%
S/A +1M	-	-		-	-	
S/A +2M	-	-		-	-	
S/A+3.5M	-	-		-	-	

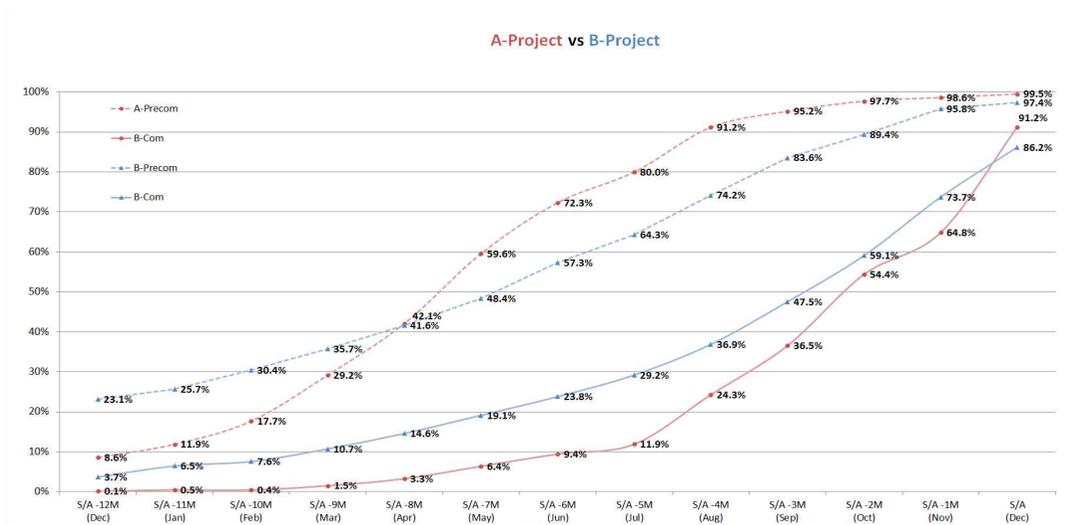


Fig. 4.22 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Graph

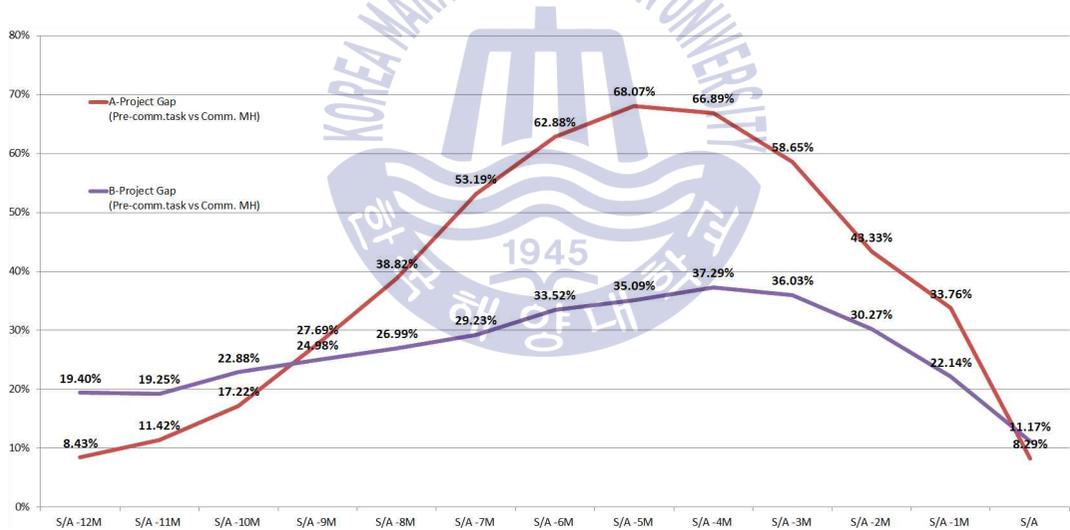


Fig. 4.23 A-B Project Pre-commissioning(Task) vs Commissioning(Man-hours) Gap Graph

같은 방법으로 해양플랜트의 프리커미셔닝은 태스크로 커미셔닝은 맨아워로 프로그램을 비교하여 A와 B프로젝트의 프리커미셔닝의 태스크와 커미셔닝맨아워의 달성을 세일어웨이로 부터 백워드로 프로그램을 월별로 Table 15 A-B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램 비교표를 만들고 그래프로 분석한 것이 Fig. 4.22 A-B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔

닝(맨아워) 프로그램스 비교그래프이다. 이 그래프를 또다시 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결 관계를 분석하기 위해서 Fig. 4.23 A-B프로젝트 프리커미셔닝(태스크) 커미셔닝(맨아워) 프로그램스 갭 비교를 만들어서 상관관계를 분석하였다.

상기와 같은 과정을 통하여 프로그램스를 분석한 결과, 커미셔닝 설계를 일부 적용한 A프로젝트는 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그램스의 갭이 최대 68.07%까지 발생하여, 37.29% 갭이 발생한 B프로젝트보다 30.78%의 갭이 더 발생하여 프리커미셔닝과 커미셔닝 액티비티의 연결도가 현저히 떨어지는 것으로 분석된다. 이를 통하여 커미셔닝 설계의 중요성을 확인하였다.



제 5 장 결론

본 연구는 한국의 조선·해양산업의 약한 고리인 커미셔닝을 효과적으로 수행하는 방법에 대하여 고민하였다. 커미셔닝은 크게 설계와 수행의 두 가지로 분류 할 수 있으며, 해양플랜트에서는 커미셔닝의 수행단계보다 그 이전에 커미셔닝 설계단계에서 관련된 사항에 대하여 얼마나 완벽하게 준비하였는가에 따라서 수행단계에서 프리커미셔닝과 커미셔닝의 연결도에 영향을 미치고 이는 프로젝트의 시스템 컴플리션에 크게 영향을 미친다.

Table 16 A-B Project Improvement Ratio

A Project Gap	B Project Gap	Improvement
61.54%	28.66%	32.88%
67.54%	29.87%	37.67%
68.07%	37.29%	30.78%

위와 같이 여러 가지의 분석 방법으로 A, B프로젝트의 프리커미셔닝과 커미셔닝의 상관관계를 분석한 결과, 해양플랜트의 프로젝트 초기에 커미셔닝 설계의 완성도가 해양플랜트의 컨스트럭션의 프로그래스인 프리커미셔닝과 커미셔닝 프로그래스의 연관성에 직접적인 영향을 미치고 있다는 것을 확인하였다. 이는 프로젝트의 시스템 컴플리션의 완성도에 영향을 주어 해양프로젝트의 마무리에 큰 영향을 미치게 된다.

커미셔닝 설계는 프로젝트의 계약이 시작되는 시점부터 커미셔닝 전문 인력이 투입하여 전체의 프로젝트의 흐름에 따라 효율적으로 시스템 컴플리션을 하여 주문주에게 인계를 할 수 있는 최적의 커미셔닝 액티비티를 생성하고 커미셔닝 전략을 수립하여 해양플랜트를 완성해 나가는 것이다.

해양플랜트는 구조보다 의장의 비중이 높고, 각각의 프로젝트가 특성이 다르고, 주문주의 계약사양에 따라 건조방법이 달라지는 오더메이드의 특성이 크다.

이러한 해양플랜트의 특성으로 인하여 제작할 때 의장의 설치공사 완료 후 프로젝트의 생명을 붙여넣는 시험운전 단계의 중요성도 상선과 달리, 해양플랜트의 특성이 반영된 복잡하고 정교한 커미셔닝 설계가 더욱더 필요하다.

따라서 본 연구는 커미셔닝에 대하여 정의하였으며, 커미셔닝 설계를 일부 적용한 A-프로젝트와 체계적으로 적용한 B-프로젝트와의 커미셔닝 완성도에 관한 결과를 비교함으로써 커미셔닝 설계의 필요성 및 중요성을 재확인하였고, 이를 바탕으로 신규 해양플랜트 프로젝트를 진행할 때 필요한 커미셔닝 설계에 대한 가이드라인을 만들려고 하였다.

B-프로젝트는 커미셔닝 설계기간에 전문 인력들이 투입되어 해양플랜트의 커미셔닝 필요사항을 사전에 정리하고 준비한 결과, 프로젝트의 프리커미셔닝과 커미셔닝의 투입인력 및 일정관리가 잘 연계되어서 프로젝트의 완성도 및 효율에 차이가 많이 발생하였다.

이는 A-프로젝트에서 온쇼어에서 커미셔닝을 마무리하지 못하여 오프쇼어로 이관된 많은 시스템이 A-프로젝트의 Hook up과 커미셔닝의 본 작업과 연관되어 오프쇼어에서 많은 추가비용과 스케줄의 지연을 발생시켰으나, B-프로젝트는 온쇼어에서의 높은 완성도를 바탕으로 오프쇼어에서는 온쇼어에서 불가능한 항목만을 Hook up과 커미셔닝에서 수행함으로써 프로젝트의 예정된 기간보다 단축하여 First oil 및 프로젝트 인계의 조기달성을 완성하는 성과를 이루었다.

이번 연구에서는 큰 흐름의 커미셔닝 설계에 대하여 분석하고 최적화하는 것에 중점을 주었으나, 해양플랜트 커미셔닝의 확대개념인 시스템 컴플리션을 보면, 해양플랜트 컴플리션을 하는 여러 가지의 PCS(프로젝트 컴플리션 시스템)가 사용되고 있다. 대표적인 것으로는 ICAPS, Wind PCS, Take-over 등이 있고, 해양플랜트에서는 약 200,000개가 넘는 액티비티들을 효율적으로 관리하여 프로젝트 공사기간을 최적화하기 위해서 사용한다.

커미셔닝 설계 액티비티를 효과적으로 적용하기 위한 PCS의 Data population의 최적화에 대하여 좀 더 연구한다면 한국의 해양플랜트산업의 발전에 도움이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

1. People 와Partnerships Delivering a World Scale Field Development
- marinetime Technology Society -Houston Section.
2. FPSO의 효율적인 커미셔닝 공정을 위한 연구 = Effective Commissioning process for FPSO - 이명호
3. Total General Specifications List

Reference	Rev.	Date	Title
GS EP EXP 101	04	09/05	Precommissioning and commissioning specification
GS EP EXP 103	04	09/05	Precommissioning and commissioning technical preparation
GS EP EXP 105	03	09/05	Precommissioning execution
GS EP EXP 107	03	09/05	Commissioning execution
GS EP EXP 109	01	03/05	ICAPS management procedure
GS EP EXP 201	02	09/05	Operations preparation during project – Maintainability & Inspectability criteria
GS EP EXP 203	02	10/05	Operations preparation during project – Maintenance and inspection documentation
GS EP EXP 205	03	10/05	Maintenance preparation during project: two years spare parts
GS EP EXP 207	03	10/05	Installation description structure
GS EP EXP 209	03	10/05	Performance indicators for maintenance and inspection
GS EP EXP 211	02	10/05	Plant integrity. Minimum inspection requirements
GS EP EXP 221	00	10/05	Data formats for UNISUP PM loading
GS EP EXP 401	03	10/05	Quantitative risk assessment of oil and gas installations
GS EP EXP 403	03	10/05	Production availability studies of oil and gas systems
GS EP EXP 501	02	10/05	Equipment and piping numbering

4. Commissioning & Start up Directory - ISS international
5. Commissioning requirement Mechanical Completion and Commissioning - NorSOK Standard
6. Commissioning management - mark Bridges; MSc, B-Eng(hons), 22 Feb, 2012. A
7. West African Giant = Total Pazflor FPSO
<https://gcaptain.com/west-african-giant-totals-pazflor/>
8. Agbami Oil field

<https://www.offshore-technology.com/projects/agbami/>

9. DAEWOO Win Contractor to Build Agbami FPSO - RigZone

https://www.rigzone.com/news/oil_gas/a/20570/daewoo_wins_contractor_to_build_agbami_fpso/

10. FPSO Projects

<https://www.Offshore-mag.com/learning-center/deepwater/offshore-deepwater-projects/fpso-project.html>

11. Procedures for Inspection, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Drilling Equipment

https://www.api.org/~media/files/publications/addenda-and-errata/exploration-생산/71_e1_a1.pdf?la=en

12. Manufacturing and commissioning of offshore Substations

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RP/2016-03/DNVGL-RP-0423.pdf>

13. design, Installation, and Maintenance of Electrical Systems for Fixed and Floating Offshore Petroleum Facilities for Unclassified and Class1, Division 1 and Division 2

<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/api.14f.2008.pdf>

14. Roles and Responsibilities of plant pre-commissioning, Commissioning and Acceptance Test Run

<http://kolmetz.com/pdf/articles/Roles%20and%20Responsibilities%20of%20Plant%20Commissioning%20Rev%203.pdf>

15. Commissioning Plan MO-99 Production process

https://www.arpansa.gov.au/sites/g/files/net3086/f/mo99_comm_proc_ctp_1174_b-commissioning-plan-process.pdf

16. A study on building integrated Design and Commissioning of GHP system
17. 10MVA STATCOM installation and Commissioning
18. 해양 플랜트 고압 Diverter FAT 및 Commissioning 프로시저 개발
19. EPC Megaprojects Management: PM Standards/이을범/ 포항공대엔지니어링 대학원(GEM)
20. Actemium Commissioning Reference Rev.5
21. Petronas General Specification.
22. 우리나라 해양시추설비 통합 시운전 사업모델의 개발 및 평가에 관한 연구 / 이창우 / 한국 해양대학교 대학원
23. 조선 산업 기장 시운전 운전 분야의 기술적 문제와 사고사례에 대한 분석 및 개선방안에 관한 연구/ 공은규 / 한국 해양대학교 대학원
24. 대기 환경에 따른 선박용 디젤엔진의 성능평가에 관한 연구/ 진은수/ 한국해양대학교 대학원
25. 디젤 주기관의 시운전 결과 및 성능 변화 추이에 관한 연구 / 이동훈 / 한국 해양대학교 대학원

Definitions(정의)

커미셔닝에 관련된 구성원 및 공사 수행단계에 대한 정의는 아래와 같다.

- 주문주 : Company에 계약을 맺은 조직의 대표자가 프로젝트 또는 사람을 관리하도록 위임 하여 파견한 사람을 의미한다.
- 주문주 매니저 : 프로젝트와 관련하여 모든 의사 결정 권한을 가진 주문주 관리자.
- PM(프로젝트 매니저) : Company의 프로젝트를 총괄하는 사람
- CM(컨스트럭션 매니저) : 공사 액티비티를 담당하는 현장의 공사 관리자.
- FPSO(부유식 원유생산 장치) : Floating Production Storage Offloading
- HSE 매니저 : Company의 대표는 Safety 및 환경 위생 프로그램의 올바른 적용을 확인하고 확인하기 위해 부지 조성 액티비티의 감시를 담당한다.
- Supplier : 재료를 공급하는 Vendor.
- SP : Shore Power
- 컨트랙터or: 작업을 컨스트럭션하고 해양플랜트의 material, 장비, 부품 및 부품을 통합하여 컨스트럭션을 책임지는 조직.
- 컨스트럭션 단계 : “커미셔닝 준비(RFC) 단계 “ 이전에 프로젝트 절차서에 따라 현장 인력이 수행하는 컨스트럭션 액티비티 범위.
- MC(메카니컬 컴프리션) : 프로세스, Units or 시스템은 프로젝트 절차서 및 계약 조항에 따라 컨스트럭션 되었음이 확인하는 과정.
- PC(프리커미셔닝) : 메카니컬 컴프리션이 완료되고 커미셔닝 팀이 수행하는 일련의 non-energized 액티비티를 의미한다. 프리커미셔닝 액티비티가 성공적으로 끝나면 프로세스 또는 그 일부가 커미셔닝 준비가 된 것을 의미한다.

- RFC(Ready For 커미셔닝, 커미셔닝 준비 완료) : 메카니컬 컴프리션이 완료되면 오프쇼어 해양플랜트, 또는 해양플랜트의 일부는, 커미셔닝을 위한 준비가 된 것으로 정의하고 프리커미셔닝 액티비티가 사전에 완료되어야 한다.
- HO(인계) : 이것은 해양플랜트 또는 그 일부에 대한 권한 및 책임을 컨트롤러에서 주문주에게 이전하는 것이다. 이것은 공식적으로 Certification에 의해 인증되며 경우에 따라 지정된 날짜까지 미완성된 잔여 항목의 완료를 전제로한 제한 조건을 포함할 수 있다.
- 커미셔닝 : 프리커미셔닝 후 시스템 단위로 성능검사를 수행하는 단계이다.
- Performance 테스트: 커미셔닝을 완료 후 오프쇼어 해양플랜트의 생산을 스타트 업하면서 초기에 프로젝트의 설계 사양대로 성능을 발휘하는 가에 대한 확인과정으로 프로세스 성능 보증을 위한 마지막 테스트이다.

