Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 21, No. 11 pp. 19-27, 2020

https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.11.19
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

해양플랜트 상부구조설계 지원 소프트웨어 개발에 대한 연구

김현철[1*], 국성근[2]
[1]울산과학대학교 기계공학부, [2]지엘이엔지

A Study on the Development of Software Supporting the Superstructural Design of Offshore Plant

Hyun-Cheol Kim[1*], Sung-Keun Kook[2]
[1]Faculty of Mechanical Engineering, Ulsan College
[2]Global Leader Engineering

요 약 해양플랜트 탑사이드에는 원유, 가스 등의 에너지 자원을 처리하기 위한 다양한 종류의 해양 설비들과 이들 설비들을 연결하는 기자재 및 의장재들이 제한된 공간 내에 설치되어 있다. 그리고 해양플랜트 상부구조는 해양 설비 및 관련 장비들을 고정하고 지지하기 위한 수많은 받침선반 구조물과 보강재들로 구성된 구조물이다. 본 논문은 이들 상부구조설계를 효율적으로 지원하기 위한 설계 지원 소프트웨어 개발 내용을 기술하였다. 개발된 설계 지원 소프트웨어는 AVEVA Marine의 PML(Programmable macro language)을 기반으로 하며, 상부구조설계를 위한 파라메트릭 방법을 지원한다. 브라켓, 수직 보강재 등 해양플랜트 상부 구조의 보강재를 위한 파라메트릭 설계는 설계 오류를 줄이고 효율적인 작업을 가능하게 한다. 그리고 AutoLisp을 사용하여 기본 설계와 상세설계에서 작성된 받침선반 구조에 대한 2D도면으로부터 일괄 3D 모델링하는 방법을 개발하였다. 또한, 개발된 설계지원 소프트웨어를 해양플랜트 상부구조설계 3D 모델링에 적용할 할 경우 AVEVA PDMS의 기본 기능들만 사용한 경우 대비 약 90%이상 설계시수 단축을 기대할 수 있음을 상부구조 모듈설계 적용 예를 통해 확인하였다.

Abstract On an offshore plant topside, various types of offshore facilities for processing energy resources, such as oil and gas, and equipment and outfitting for connecting these facilities are installed in a limited space. An offshore plant superstructure is composed of numerous supporting rack structures and reinforcements for securing and supporting offshore installations and the related equipment. This paper describes the development of design support software to support this superstructure design efficiently. The developed design support software, which was based on AVEVA Marine's PML(Programmable Macro Language), supports the parametric method for superstructure design. A method of batch 3D modeling from 2D drawings for supporting rack structure produced in the basic and detailed design was also developed using AutoLisp. In addition, through the application example of superstructure module design, the design support software introduced in this paper can be expected to reduce the design time by more than 90% compared to the use of only basic functions of AVEVA PDMS.

Keywords : Offshore Plant, Topside, Superstructure, Design Support Program, Parametric Design

*Corresponding Author : Hyun-Cheol Kim(Ulsan College)
email: hckim@uc.ac.kr
Received July 20, 2020 Revised September 9, 2020
Accepted November 6, 2020 Published November 30, 2020

1. 서론

2014년 해양플랜트(offshore plant) 산업의 글로벌(global) 침체 이후 해양플랜트 설비 국산화와 설계 및 생산 기술의 차별화된 기업 경쟁력 강화를 위한 연구가 더욱 중요한 이슈로 대두되었다. 특히, 해양플랜트 설계 분야에서는 그동안의 대규모 해양플랜트 건조 프로젝트 과정에서 구축한 국내 대형조선소와 중소 설계협력업체들 간의 상호 긴밀한 업무 협조를 통해 꾸준히 설계 기술을 축적하고 공정 경험을 공유해 왔다. 해양플랜트의 상세 및 생산 설계에 사용되는 전용 CAD 시스템으로는 AVEVA Marine에서 개발된 PDMS(Plant Design Manage- ment System)[1, 2]가 주로 사용된다. 국내 기업에서도 장기간에 걸쳐 자체 개발 3D CAD 커널(kernel)을 사용하여 PDMS와 동등 수준의 해양플랜트 3D 생산설계 시스템[3, 4]을 연구하여 개발하였지만, 실제로 대형 조선소와 설계업체에서는 적용되고 있지 않다. 그 주요 이유 중의 하나는 해양플랜트 건조 과정에서 설계 및 공정 정보, 각종 도면, 데이터 형식 등을 선주, 선급 그리고 조선소 간에 동일한 시스템으로 공유해야 하므로 시스템 환경의 변경이 어렵기 때문이다. 또한, 국내 중소 설계협력업체들은 대형 조선소와 동일한 시스템 환경에서 설계 작업을 수행해야 하므로, 국내 독자 개발된 시스템으로 설계 업무를 수행할 경우 데이터 호환성 문제와 검증에 대한 여유가 없으므로, PDMS를 기반으로 하는 작업 효율성 향상에 보다 많은 관심을 가지고 있는 것이 작금의 현실이다.

한편, 해양플랜트 탑사이드(topside)에는 원유, 가스 등의 에너지 자원을 처리하기 위한 다양한 종류의 해양설비들과 이들 설비들을 연결하는 기자재 및 의장재들이 상부구조물(superstructure)의 제한된 공간 내에 설치되어 있다. 여기서 상부구조물은 해양설비 및 관련 기자재 및 의장재들을 고정하고 지지하기 위한 수많은 받침선반 구조(rack structure)와 보강재(reinforcements)들로 구성된 구조물로 정의된다. Fig. 1은 해양플랜트의 상부구조와 거주구 모듈(accommodation module)의 3D 모델링 결과를 보여준다. Fig. 1(b)에서 보듯이 해양플랜트 상부구조는 다양한 치수(dimensions)를 가지는 빔(beam)들이 수평과 수직으로 나열되어 설계된 구조물인 받침선반구조로 되어 있으며, 이들 받침선반은 브라켓(bracket), 수직보강재(stiffener), 받침대(pad) 등으로 보강되어 있다. 본 논문에서는 수평 받침선반구조를 레벨 구조(level rack structure)이라 하고, 수직 받침선반구조를 벽 구조(wall rack structure)이라 한다. 해양플랜트 상부구조설계 지원 관련 연구 현황을 살펴보면, 송명근 등(2010)은 해양플로터의 상부모듈 지지구조에 대하여 설계 및 건조 생산성 향상을 위해 고려해야 할 사항들을 구조 형식이 결정되기까지의 주요 단계별로 검토하고, 갑판(deck) 연결부의 용접형상에 따른 생산성 효과를 분석하였다[5]. 정세용 등(2015)은 최적화 기법을 이용한 부유식 해양플랜트 상부구조의 다층 배치 알고리즘을 제안하고 효율성을 검토하였다[6].

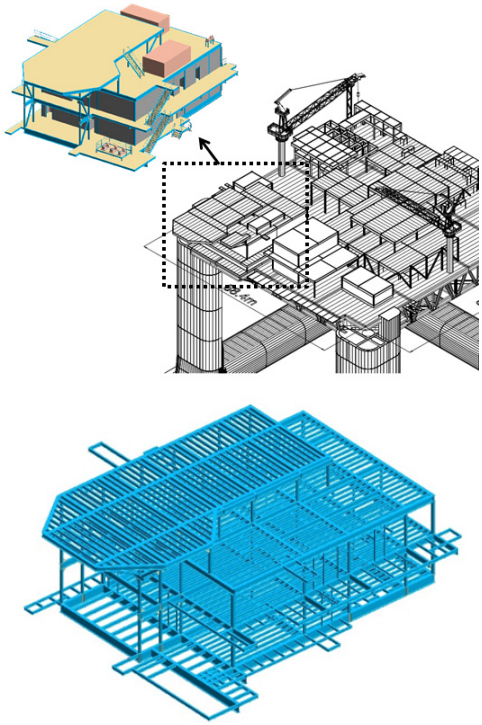


Fig. 1. An example of (a) offshore plant's superstructure and (b) 3D structure modeling of accommodation module

이들 연구들은 기본설계에서 상부 구조의 효율적인 배치 및 생산성 검토를 중심으로 수행되었다. 본 논문과 같이 상세 및 생산 설계 효율성 향상에 대한 연구는 김현철과 김종명(2019)이 있다. 그는 프로그램 매크로언어를 이용하여 해양플랜트 전장생산설계 지원 소프트웨어을 개발하고 업무 효율성을 검토하였다[7]. 국내 독자 개발된 해양플랜트 생산설계 소프트웨어는 ㈜타임텍(2020)의 Plant3D Structure가 있다[3]. Plant3D Structure는 PDMS와 동일한 수준의 설계기능을 제공하지만, 실무 적용에는 아직 충분히 검증되지 않아 활용도가 적은 단점을 가진다.

해양플랜트 상부구조 설계시 받침선반구조는 일반적으로 기본설계에서 NAPA, AutoCAD 등의 소프트웨어를 사용하여 각종 규정에 따라 2D 도면으로 작성된 후, PDMS에서 2D 형상과 각 빔 부재의 치수와 재질 등을 고려하여 설계자가 직접 3D 모델링을 수행한다. 이때 반복적인 작업이 많고, 2D 도면 해독 오류의 위험이 있어서 설계자의 보다 세심한 주의와 경험을 필요로 하므로 설계에 다소 많은 시수가 요구된다. 또한, 다양한 모양의 보강재를 이들 받침선반구조에 배치하는 데에도 많은 시간이 요구된다.

본 논문에서는 해양플랜트 상부구조를 3D모델링할 경우 설계 시수를 획기적으로 단축시키고 효율적으로 설계 작업을 지원할 수 있는 PDMS기반 파라메트릭 설계 지원 소프트웨어 개발과 그 방법에 대해서 기술하였다. 즉, AutoCAD 2D도면에 작성된 받침선반구조를 AutoLisp을 사용하여 3D모델링에 필요한 데이터를 추출하여, PDMS에서 일괄적으로 자동 3D모델링하는 방법과 각종 의장품 및 보강재의 파라메트릭 설계 방법에 대해 기술하였다. 그리고 구현된 설계지원 소프트웨어 구조를 설명하고, PDMS 기본기능들만 사용하여 설계한 결과와 비교함으로써 개발된 설계 지원 시스템의 성능을 검토하였다.

2. 파라메트릭 설계의 정식화

파라메트릭 설계 방법은 위치, 각도, 넓이 혹은 부피, 도심 등을 파라미터(parameter)로 하여 곡선 혹은 곡면을 모델링하는 방법으로, 곡선 혹은 곡면을 직접 작도하는 것이 아니라 형상을 정의하는 곡선식 혹은 곡면식의 경계조건인 파라미터들을 조정하기 때문에 복잡하고 반복적인 해양플랜트 CAD작업에는 반드시 필요한 기능이다. 수학적인 파라메트릭 표현은 다음과 같이 설계변수 $\overrightarrow{V} = \{v_1, v_2, ..., v_n\}$ 를 찾는 최적화 문제로 정식화될 수 있다[8, 9].

곡선 혹은 곡면 표현:

$$F = f(\overrightarrow{C}) \tag{1}$$

목적함수: 평활화 기준(Fairness criteria)

$$f(\overrightarrow{C}) = J^2(\overrightarrow{C}) = \int_a^b \overrightarrow{C}'' \, dt \tag{2}$$

부등호 경계조건: 형상 파라미터

$$g_i(\overrightarrow{V}) \le \epsilon, \; i = 1, ..., m \tag{3}$$

설계변수 경계조건: 곡선 혹은 곡면 표현 Eq.(1)을 정의하는 파라미터의 허용범위

$$v_{ilow} \le v_i \le v_{ihigh}, \; i = 1, ..., n \tag{4}$$

여기서 ϵ는 허용오차, *ilow*는 하한값의 색인, *ihigh*는 상한값의 색인을 나타낸다.

일반적으로 원, 구, 사각형 등과 같이 수학적으로 정의되는 곡선 혹은 곡면 표현 Eq.(1)은 목적함수 Eq.(2)가 필요하지 않지만, 자유 형상을 표현하기 위한 3차 스플라인(cubic spline), B-스플라인과 같은 곡선 혹은 곡면식은 퇴화(degeneration)를 방지하기 위해 미분 혹은 곡률(curvature)와 같은 평활화 기준을 최소화하는 최적화 알고리즘에 의해 형상 모델링을 수행한다. 때문에 목적함수 Eq.(2)는 곡선 혹은 곡면 표현 Eq.(1)과 형상 파라메터의 정의와 허용 범위를 나타내는 Eq.(3)과 Eq.(4)의 특성에 특성에 따라 선택적으로 사용된다.

3. 받침선반 3D 모델링

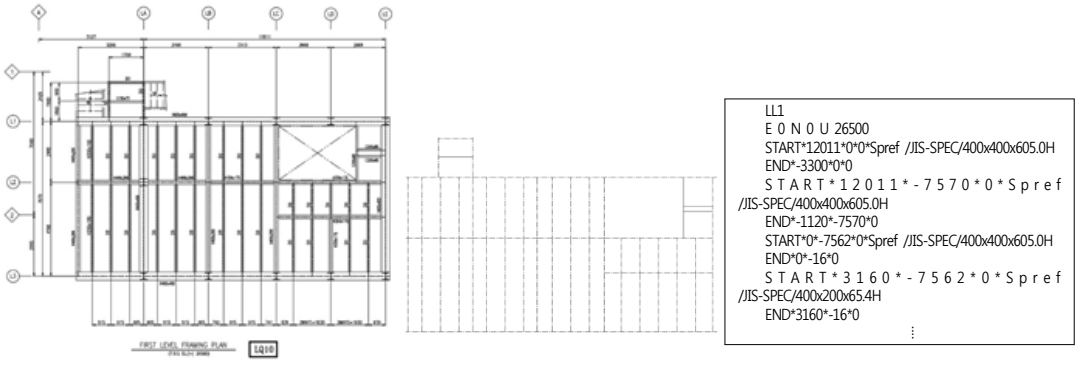
수많은 배관열(piping system)과 다양한 해양 장비들을 지지하기 위한 빔(beam)으로 구성된 복잡한 구조물을 받침선반(rack) 구조물이라고 한다. Fig. 1(b)는 배관열(pipeline) 설치를 위한 받침선반을 포함한 다양한 받침선반 구조로 구성된 해양플랜트의 상부 구조물 예를 보여준다. 이러한 해양플랜트 받침선반 구조물은 일반적으로 AutoCAD 등을 사용하여 2D 도면으로 각종 규정에 따라 작성한 후, 2D 도면을 기반으로 설계자가 직접 PDMS의 기본 기능들을 사용하여 3D모델링을 수행한다. 이때 반복적인 작업이 많고, 도면 해독 오류의 위험이 있어서 설계자의 보다 세심한 주의와 경험을 필요로 하며, 형상과 각 구조 부재의 치수와 재질 등 생산 정보들을 포함하여 작업해야 하므로 3D 구조 모델링에 다소 많은 시수가 요구된다. 이러한 이유로 받침선반의 2D 구조도면을 PDMS에서 일괄적으로 3D 모델링할 수 있도록 AutoLisp과 받침선반 PML(Programmable Macro Language)[7]을 개발하여 적용하였다.

AutoLisp과 PML을 사용한 받침선반 3D 모델링 과정은 다음과 같다.

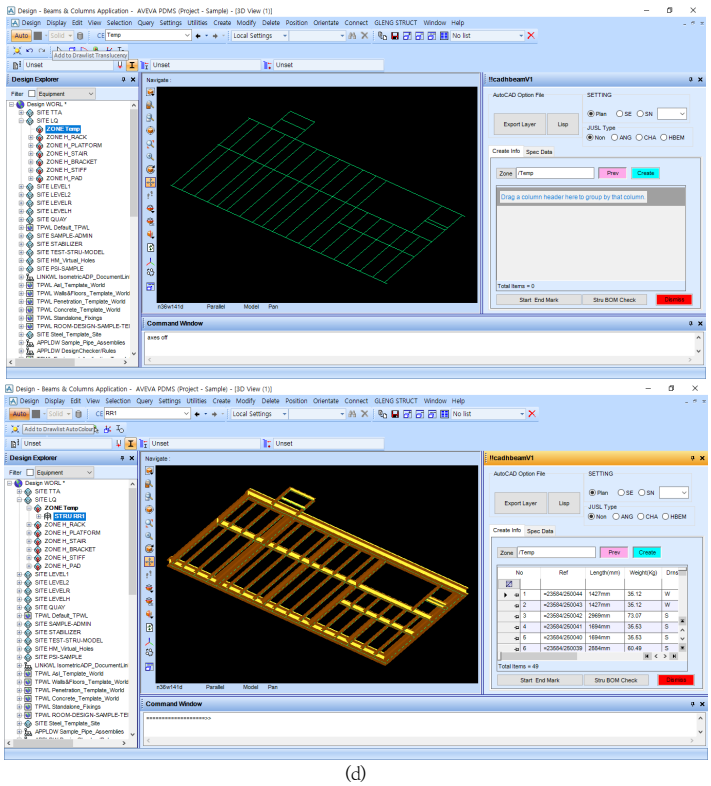
1단계: AutoCAD로 작성된 받침선반 구조의 2D도면상의 빔 부재의 중심선으로 도면을 재정리한다. 이때 각 빔 부재의 명칭은 “단면유형/부재단면의 가로×세로×두께”로 정의한다. (Fig. 2 (a), (b))

2단계: 개발된 AutoLisp을 실행하여 부재 정보를 포함하는 PDMS 유형에 적합한 파일로 변환한다. (Fig. 2(c))

3단계: PDMS환경에서 개발된 반침선반 생성 PML을 사용하여 3D 반침선반 구조를 일괄 생성한다. 여기서 반침선반 생성 PML은 PDMS 기반 사용자 정의 매크로 언어이며, 단순한 일괄 배치 방식 뿐 만 아니라, 객체 지향 프로그래밍 방식도 지원하므로 AutoLisp에 의해 생성된 받침선반의 빔 부재 정보를 해석하여 일성된 받침선반의 빔 부재 정보를 해석하여 일괄 3D 모델링 할 수 있도록 자체 개발하였다. (Fig. 2 (d))



(a) (b) (c)



(d)

Fig. 2. An example of 3D conversion from 2D drawing of rack structure. (a) 2D drawing of rack structure, (b) Rearranging drawing with the centerline of the beam member, (c) Extracting the information on the rack beam members after applying AutoLisp and (d) 3D modeling of rack structure using rack modeling PML

4. 보강재의 파라메트릭 3D 모델링

받침선반 구조물은 일반적으로 수직과 수평으로 설치되는 빔 구조물이 복잡하게 구성되어 해양 설비와 각종 장비들을 지지해야 한다. 그리고 외부 해양 환경에 따라 다양한 하중들이 지속적으로 이들 부재들에 작용하므로, 이들 하중에 견딜 수 있도록 구성된 빔 부재의 결합 방식에 따라 다양한 지지대 및 보강재가 사용된다. 본 연구에서는 이들 지지대와 보강재 모델링을 위해 파라메트릭 설계를 수행할 수 있도록 PML을 개발하였다.

4.1 유형별 브라켓의 파라메트릭 설계

브라켓은 수직과 수평 받침선반이 교차되는 모서리에 설치되어 Rack 강도를 강화시키는 용도의 지지 보강재로서, Fig. 3과 같이 설계에서 가장 많이 사용하는 4가지 유형(type) 브라켓의 형상에 대해 고유의 파라미터들을 정의하여 Eq.(1)에 의해 모델링되도록 하였다.

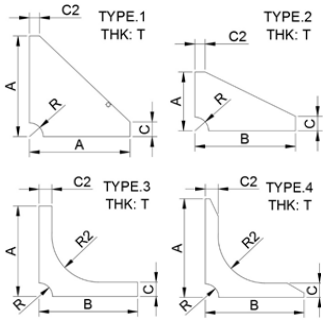
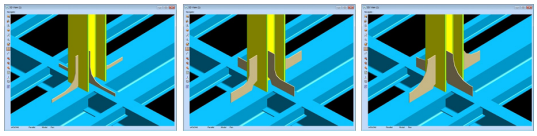


Fig. 3. Definition of four types of bracket shapes

Fig. 4는 유형 3의 브라켓을 정의하는 파라미터 값을 정의하여 브라켓을 모델링한 예들을 나타낸다. 브라켓의 파라메트들을 정의하고 설치하고자 하는 받침선반과 결합하는 수직 혹은 수평 빔을 선택하면 교차점에서 정의된 브라켓을 자동으로 생성한다. 이들 브라켓은 필요에 따라 빔의 4개 면에 설치될 수 있고, 빔의 한 단면에 부분적으로 설치될 수도 있다.(Fig. 5)

4.2 수직보강재의 모델링

수직보강재는 받침선반에 수직 하중을 지지하는 보강재로 주로 사용된다. 즉, 수평으로 설치되어 있는 받침선반 구조물 바닥면에 수직으로 받침선반이 설치되거나 해양 설비 및 장비들이 놓일 경우 바닥면이 아래 받침선반 구조에 수직보강재를 보완하여 수직하중에 견디는 힘을 강화하게 된다. 이때 수직 하중을 주는 빔의 중심선과 일치하거나 균형있게 수직보강재를 설치해야 한다.



(a) (b) (c)

단위: mm

Bracket	A	B	C	C2	R
(a)	750	500	25	25	-15
(b)	750	500	100	100	-100
(c)	500	750	100	100	-100

Fig. 4. Examples of bracket types 3's modeling by variation of parameters

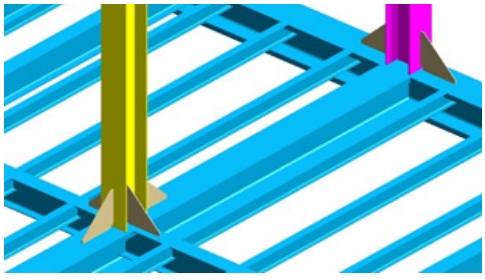
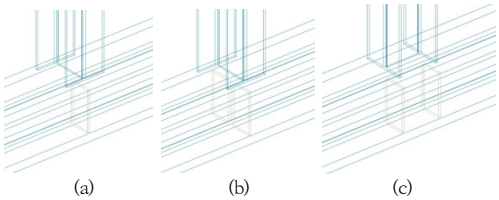


Fig. 5. Examples of bracket installed on two or all faces of vertical beams

받침선반은 일반적으로 "I"형 빔 단면을 가지므로, Fig. 6에서와 같이 수직보강재의 크기는 받침선반의 빔 단면 크기와 동일하고, 받침선반과 결합하는 상부 수직부재의 중심과 일치하도록 자동으로 설치한다. 여기서 한 개 혹은 두 개, 단면 혹은 양면의 수직보강재 모델링이 가능하도록 하였다.



(a) (b) (c)

Fig. 6. Examples of stiffener installed under rack structure (a) one single face stiffener (b) one both face stiffener (c) two single face stiffeners

5. 설계 지원 시스템의 구조

해양플랜트 상부구조 설계지원 시스템은 PDMS에서 제공하는 PML을 기반으로 개발하였다. 상부구조설계에 필요한 빔 구조물 이외에도 플랫폼(platform), 계단(stair), 받침대(pad), 평면 판재(plate) 등 의장들에 대해서도 3D 형상 템플릿(Shape template)을 정의하는 파라메트릭 설계가 가능하도록 구성하였다. 따라서 설계자는 별도의 선 혹은 곡선 작도의 작업이 없이 파라메트릭 설계를 통해 효율적인 상부구조 배치설계가 가능하다. Fig. 7(a)는 PDMS에 삽입된 구조 설계 지원 시스템의 기능 실행 예를 보여주고, Fig. 7(b)는 PDMS의 모델링 엔진을 중심으로 기본 기능과 개발된 설계 지원 기능의 관계를 나타낸다.

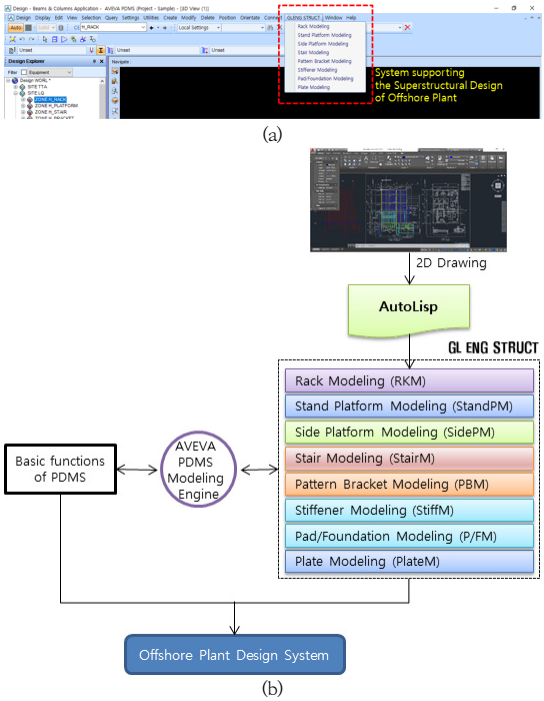


Fig. 7. System supporting the superstructural design of offshore plant. (a) System combined with PDMS (b) Concept system supporting for structural design

6. 설계 지원 시스템의 성능 검토

일괄 자동 받침선반 3D 모델링과 파라메트릭 설계 기반 보강재 모델링 기능을 포함한 해양플랜트 상부 구조 설계 지원 기능들의 작업 효율성 검토를 위해 PDMS에서 제공하는 기본 기능들만 사용한 결과와 개발된 설계 지원 소프트웨어(이하, “GLENG STRUCT”라 함.)를 사용한 결과의 설계소요시수를 비교하였다. 여기서 동일한 조건 설정을 위해 설계 전후 처리 과정도 설계 작업에 포함하였으며, “GLENG STRUCT”의 실행 소요시간은 한국정보통신기술협회에서 수행한 “V&V시험[10]”에서 확인한 결과를 적용하였다. 그리고 PDMS의 기본 기능만 사용한 설계 결과는 개당 소요시간으로부터 전체 작업 평균 소요시간을 예상하여 산정하였다.

6.1 받침선반 모델링 및 배치 소요시간 검토

대상 받침선반 모델은 Fig. 8과 같으며, Table 1은 그 범위와 구성을 보여준다. Table 1의 각 항목에 대한 2D 도면은 AutoCAD로 이미 작성되어 있다고 가정하고, 2D도면으로부터 3D 받침선반 모델링 작업을 위한 설계 시수를 측정하였다.

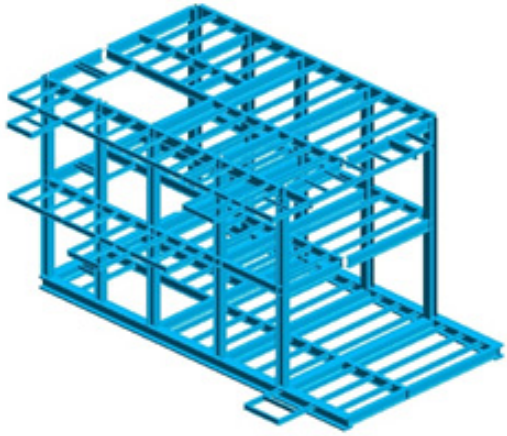


Fig. 8. Rack structure model used for performance review

Table 1. Scope and composition of rack structure model

Item	Scope	Nr. of beams	Nr. of beam types
Floor 1	15.3m×8.0m×0.5m	48ea	19
Floor 2	11.9m×9.7m×0.4m	59ea	24
Floor 3	13.3m×9.7m×0.5m	99ea	39
Wall 1	12.2m×0.35m×8.0m	5ea	1
Wall 2	12.2m×0.35m×8.0m	5ea	1
Sum		216ea	84

“V&V 시험”결과를 포함한 “GLENG STRUCT”적용 결과는 Table 2와 같다. 여기서 설계조건 입력항목은

AutoCAD 2D도면 선행 작업, 예를 들면, 2D 도면상 빔 구조의 중심선 정리, 3D 정보 정리 등을 의미한다. 성능 검증은 3회에 걸쳐 동일한 조건으로 수행하였다. Table 2에서 AutoCAD 2D도면으로 하는 선행 작업 시간에 약 99%가 소요되며, 받침선반 3D 모델링 소요시간은 약 1% 미만으로 거의 실시간으로 수행됨을 알 수 있다. 이는 PDMS의 기본 기능만을 사용하여 받침선반 3D모델링을 수행한 결과와 대조된다. PDMS의 기본 기능만을 사용한 경우 AutoCAD 2D도면으로부터 받침선반 구조물을 구성하는 각 빔 부재에 대해 설계자가 직접 3D모델링을 수행하였으며, 개당 평균 0.4분 정도 소요되었다. 그리고 이를 바탕으로 Table 1의 216개, 84종류의 받침선반 빔 부재를 3D 모델링하는데 약 86분으로 추정하였다.

Table 2. Time required for rack structure modeling using "GLENG STRUCT"

Test item	Unit	Required time		
		First	Second	Third
Inputs for design conditions of floor 1	sec.	25.13	24.5	24.89
3D modeling of floor 1	sec.	0.21	0.51	0.32
Inputs for design conditions of floor 2	sec.	21.12	20.54	21.75
3D modeling of floor 2	sec.	0.22	0.56	0.50
Inputs for design conditions of floor 3	sec.	21.25	22.66	22.36
3D modeling of floor 3	sec.	0.85	0.43	0.66
Inputs for design conditions of wall 1	sec.	24.3	23.91	24.01
3D modeling of wall 1	sec.	0.57	0.67	0.40
Inputs for design conditions of wall 2	sec.	26.98	25.37	26.48
3D modeling of wall 2	sec.	0.37	0.52	0.45
Total average	sec.	121.2		
	min.	2.0		

이를 Table 2의 결과와 비교하면, "GLENG STRUCT"를 사용하여 설계할 경우 PDMS의 기본 기능만을 사용하는 경우에 비해 약 98%의 설계 작업 시수를 절감할 수 있음을 알 수 있다. 그리고 빔 부재 개수와 관계없이 층(floor)과 벽(wall)의 개수에 따라서 설계 조건 설정 시간이 소요되므로, 복잡한 받침선반 구조에서 빔 부재 개수가 증가할수록 작업 효율성은 더욱 커질 것으로 예상된다.

6.2 브라켓 모델링 및 배치 소요시간 검토

유형 1 브라켓(0.5m×0.5m) 6개(ea)를 Fig. 8의 받침선반 구조에서 1층과 연결된 2개의 수직 빔 하부에 Fig. 9와 같이 설치하였다.

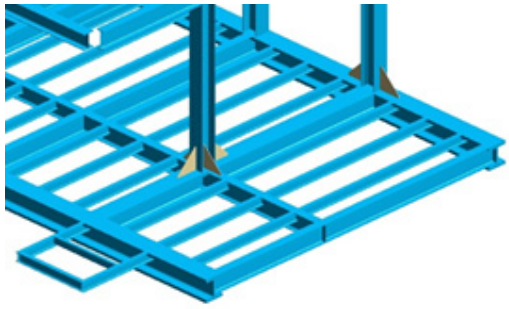


Fig. 9. Bracket models used for performance review

Table 3은 브라켓 모델링에 소요된 시간을 나타내며, 약 0.6분이 소요되었다. 그리고 PDMS의 기본 기능만으로 설계하였을 때에는 약 3.8분이 소요되었다. 이 결과로부터 "GL ENG STRUCT"를 사용한 설계의 경우가 PDMS의 기본 기능만 사용한 경우 대비 약 84%의 설계 소요시간 단축이 가능함을 알 수 있다.

Table 3. Time required for bracket modeling using "GLENG STRUCT"

Test item	Unit	Required time		
		First	Second	Third
Inputs for design conditions	sec.	34.53	32.87	33.15
3D modeling	sec.	1.41	1.16	1.13
Total average	sec.	34.76		
	min.	0.58		

Fig. 8의 받침선반 구조에서 1층과 연결된 3개의 수직 빔과 결합하는 수평 빔 구조 내부에 Fig. 10과 같이 수직보강재를 설치하였다.

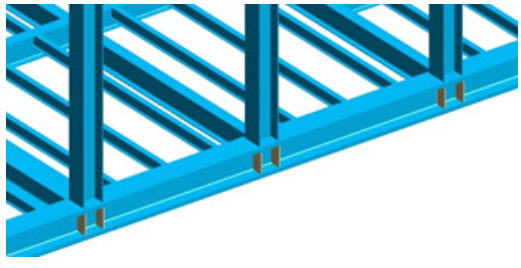


Fig. 10. Stiffener models used for performance review

Table 4는 수직보강재모델링에 소요된 시간을 나타내며, 약 0.4분이 소요되었다. 그리고 PDMS의 기본 기능만으로 설계하였을 때에는 약 4.0분이 소요되었다. 이 결과로부터 “GL ENG STRUCT”를 사용한 설계의 경우가 PDMS의 기본 기능만 사용한 경우 대비 약 90%의 설계 소요시간 단축이 가능함을 알 수 있다.

Table 4. Time required for stiffener modeling using “GLENG STRUCT”

Test item	Unit	Required time		
		First	Second	Third
Inputs for design conditions	sec.	25.34	24.61	24.92
3D modeling	sec.	1.45	1.47	1.67
Total average	sec.	26.49		
	min.	0.44		

7. 결론

PDMS는 해양 플랜트의 기본에서 생산설계에 이르는 전반적인 범위에 사용되는 해양플랜트 전용 3D CAD이지만, 제공되는 기본 기능들만을 사용하여 3D 모델링을 수행하려고 할 때에는 순차적으로 조건을 설정하는 과정을 거쳐야 하므로 다소 복잡하고 번거롭다. 때문에 내부구조가 복잡하고, 특성상 동일한 반복 작업이 많은 해양구조물 상부구조설계에 이들 기본 기능만으로 작업을 한다는 것은 업무 효율성 저하와 함께 설계자의 피로도 증가를 수반하게 된다. 그리고 그 결과 설계자의 도면 오독과 잘못된 정보 입력으로 이어져 간혹 대형 설계오작으로 이어지는 경우도 발생한다. 때문에 기본 기능들을 재구성하거나 새로운 기능들을 포함한 해양플랜트 설계자의 실무 환경에 최적화된 설계 지원 기능 개발이 필요하다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 3D 템플릿과 완전한 파라메트릭 설계를 지원하는 해양플랜트 상부구조설계 지원 소프트웨어를 개발하고, 그 성능을 검토하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 개발된 설계 지원 소프트웨어는 PDMS의 모델링 엔진을 기반으로 개발되었으므로 PDMS와 100% 호환성을 가진다.

둘째, 완전히 3D 템플릿 기반 파라메트릭 설계를 지원하므로, 곡선 혹은 곡면 CAD 작업 없이 구조설계 작업이 가능하다. 따라서 설계자는 구조 배치 설계에만 집중할 수 있다.

셋째, 개발된 AutoLisp를 사용하면 2D 선행 조건 설정 시간을 제외하면 거의 실시간으로 받침선반 3D 모델링을 수행할 수 있다. 이는 기존 작업 대비 약 98%이상의 작업 효율성을 가진다.

넷째, 개발된 설계 지원 소프트웨어를 적용할 경우 PDMS의 기본 기능을 이용한 설계 대비 약 85%~ 90% 작업 효율성이 향상될 수 있음을 확인하였다.

해양플랜트 설계 기술은 풍부하고 다양한 설계 경험을 가지고 있는 국내 중소 설계업체의 차별화된 강점 중의 하나이다. 본 연구에서 개발된 설계 지원 소프트웨어는 이러한 풍부한 설계 경험을 최대한 발휘할 수 있도록 기존 시스템을 기반으로 하는 개선 방향을 제시하고자 하였다. 향후 PDMS와 동등 수준의 설계 소프트웨어 자체 개발도 중요하지만, 설계 작업효율 향상과 설계시수 최소화를 목적으로 하는 독자 기술력 확보에도 보다 많은 관심과 새로운 시도가 지속적으로 수행되기를 기대한다.

References

[1] H. C. Kim. “Development of parametric design tool for offshore plant cable tray using PML”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.20, No.2, pp.632-637, Feb. 2019. DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.632

[2] AVEVA, “AVEVA Plant(12.1) Programmable Macro Language: Applied TM-1403”, Training Guide, 2012.

[3] TIMETEC, Plant3D Structure, Available form: http://timetec-ttm.com/ko/plant/tsd.html (accessed March 04, 2020)

[4] D. Y. Park, D. W. Kim, K. Y. Kim, “Development of TTM HULL”, *Special paper, Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol.54, No.1, pp.7-16, Mar. 2017.

[5] M. K. Song, B. S. Jang, D. E. Ko, “A study of the design for the topside module support structure of an offshore floater”, *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.24, No.4, pp.53-58, Aug. 2010.

[6] S. Y. Jeong, M. I. Roh, H. K. Shin “Multi-floor layout model for topsides of floating offshore plant using the optimization technique”, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol.52, No.1, pp.77-87, Feb. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.3744/SNAK.2015.52.1.77

[7] H. C. Kim, J. M. Kim, “Development and working efficiency of supporting program for the parametric electrical outfit production design of offshore plant based on PML”, *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.33, No.3, pp.205-213, Jun. 2019. DOI: https://doi.org/10.26748/KSOE.2018.089

[8] H. C. Kim, S. M. Hwangbo, "Surface modeling of forebody's hull form using form parameters and fair-skinning", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol.45, No.6, pp.601-610, Dec. 2008.
DOI: https://doi.org/10.3744/SNAK.2008.45.6.601

[9] H. C. Kim, "Parametric hull form design using VOB", *Journal of Ocean Engineering and Techno- logy*, Vol.30, No.4, pp.235-242, Aug. 2016.
DOI: https://doi.org/10.5574/KSOE.2016.30.4.235

[10] GL ENG, "V&V test report on GLENG STRUCT TOOL v1.0", Telecommunication Technology Asso- ciation, Korea, Nr. TBT-C-19-0049-GR, Jan. 2020.

김 현 철(Hyun-Cheol Kim) [종신회원]

- 1995년 2월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 독일 베를린공대 조선해양공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 2012년 2월 : 삼성중공업 책임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 울산과학대학교 기계공학부 부교수

〈관심분야〉
조선해양 시스템설계, 선박설계 및 성능평가,

국 성 근(Sung-Keun Kook) [정회원]

- 1994년 2월 : 울산대학교 전기공학과
- 1987년 2월 ~ 2001년 1월 : 현대미포조선 설계부
- 2005년 10월 ~ 2013년 6월 : SPP조선 설계부
- 2013년 10월 ~ 현재 : 지엘이엔지

〈관심분야〉
조선해양플랜트 전장설계 및 구조설계