

플랜트 프로젝트용 3차원 디자인 시스템에서 라이브러리 개발을 통한 설계시간 감축

이정현, 문승재*, 유호선**†

현대엔지니어링, *한양대학교 기계공학부, **숭실대학교 기계공학과

Man-hour Reduction by Development of Library in a 3-D Design System for Plant Projects

Jung-Hyun Lee, Seung-Jae Moon*, Hoseon Yoo**†

Hyundai Engineering CO., LTD., Seoul 158-050, Korea

*School of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 135-935, Korea

**Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received August 5, 2009; accepted September 25, 2009)

ABSTRACT : This study discussed for library development of the 3 dimensional design system for the progressive developmental world wide plant industry. Its previous background had spatial limitation by utilizing 2 dimensional CAD. This work presented an effective mode for improving man-hour by applying with 3 dimensionoal design system through theoretical definition, category, and means of basic man-hour. We researched an effective method for reducing man-hour through applied example on the actual project by comprehending affection of extra development for library on man-hour.

Key words : 설계시간(Man-Hour), 라이브러리(library), 플랜트 프로젝트(plant project)

1. 서론

2차원 CAD는 과거에서부터 기계, 배관, 토목, 전기, 계장, 안전등 플랜트 여러 분야를 포함하여 타 제조업에서도 필연적으로 사용되어졌고 또 그 유효성도 충분히 검증이 되어있다. 그러나 2차원 CAD를 통해 시각적 이미지를 표현하는 것은 한계가 있었다. 1990년대 중반 이후부터 플랜트 업계에서는 2차원 CAD의 한계점을 느끼게 되어 설계단계에서 입체적으로 완공상태 확인이 가능한 3차원 디자인 시스템의 도입을 추진하게 되었다. 이렇게 도입된 3차원 디자인 시스템을 이용하여 설계단계에서 접근성, 운전성 및 유지보수성 등을 사전 검토하여 시공

단계에서 설계변경을 최소화하고 분야별 설계도면의 정확도를 높일 수 있게 되었으며, 각 분야별 성과품(배관도면, 전기도면, 기초도면 등)이 자동으로 생성되어 도면과 BOM(bill of materials)의 정확한 관리가 가능해졌다. 그리고 기존의 설계 용도로만 활용되어 오던 2차원 CAD 데이터에 대해 해석, 검증, 가상환경 구축, 가공등 다양한 용도로의 활용이 가능하게 되었다. 또한 2000년대에 들어서면서 부터는 3차원 디자인 시스템 개발업체에 의해서 협업적 환경을 고려하여 개발된 PLM(product life cycle management software)이 제공되기 시작했다.^{[1],[2]} 3차원 디자인 시스템의 사용은 이제 플랜트 산업에서는 선택이 아닌 필수가 되었다.

본 연구에서는 3차원 디자인 시스템의 효율적인 성과를 얻기 위한 방법으로 기계분야의 라이브러리를 개선하고 이에 따른 설계시간의 감축효과에 대해 분석하였다.

† Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0661; Fax +82-2-820-0668

E-mail address: hsyoo@ssu.ac.kr

2. 3차원 디자인 시스템

2.1 개요

국내에서 현재 사용하고 있는 3차원 디자인 시스템은 미국에서 개발된 인터그래프(Intergraph)사의 PDS(plant design system)가 주도적이다. PDS 프로그램은 전 세계 육상플랜트 시장의 75%를 차지하고 있고, 해상플랜트 시장 역시 35%의 시장 점유율을 지니고 있다. PDS는 종합 플랜트 설계 전용 소프트웨어로써 이를 이용하여 엔지니어링 업무 수행의 효율을 높일 수 있고 설계에서 시공까지, 나아가 유지 보수에 이르는 전 과정을 일괄 공정으로 수행할 수 있도록 도와준다. 3차원 디자인 시스템을 도입하였을 경우의 장점을 살펴보면 첫째, 축적된 설계 경험을 기반으로 개발된 데이터베이스(data base)구축 및 이로 인한 플랜트 설계에 소요되는 경비를 절감할 수 있다. 둘째, 통합 설계 능력은 조기에 설계비용 산정을 가능케 하며 3차원 모델링 작업을 통하여 각종 보고서 작성에 수반되는 도면 및 자료가 자동적으로 생성되므로 각 분야별 중복 작업을 배제함으로써 경제성 및 투자 효율을 높일 수 있다. 셋째, 설계 및 시공시 사용된 도면 및 자료의 데이터베이스 구축으로 설계 변경에 따른 변경 내역(revision history)관리 및 유지 보수에 유용하게 활용할 수 있다.^[3]

2.2 구성

PDS는 플랜트 설계 업무를 수행하기 위해 요구되는 다양한 기술적인 기능 및 사용자가 요구하는 사항을 만족시킬 수 있도록 각 기능별로 모듈(module)화하여 개발이 되어있으며 각각의 모듈 간의 유기적인 데이터 흐름 및 정보 공유와 관리를 할 수 있도록 구성되어 있다. Fig. 1은 PDS 각 모듈의 구성부분을 나타낸 것으로 그림에서 2D schematics는 시스템의 기본 흐름에 대해 나타내었고 3D modeling은 PDS 프로그램 툴(tool)에서 용도별 구성 메뉴를 나타낸 것이다.

PD_DESIGN, PD_EQP, PE_HVAC, FW+, EERWAY, 3'rd Party 메뉴는 3D 모델링을 할 때에 사용하는 툴이며, 결과물을 위한 툴로는 PD_DRAW, PD_STRESS, PD_CLASH, PD_REPORT, PD_REVIEW, PD_ISO/ISOGEN가 있다. PD_DRAW은 설계한 도면의 결과물을 얻을 때에 사용하며, PD_STRESS는 응력해석과 하중 분석 등의 결과를 얻을 때에 사용한다. PD_CLASH는 설계한 공간에

서의 간섭을 체크하는 용도로 주로 사용하며, PD_REPORT는 주로 배관 등의 BOM(bill of materials)의 결과물과 노즐(nozzles)의 좌표, 크기 등의 결과물을 얻어낼 때에 사용 된다. PD_ISO/ISOGEN은 배관에서 시공용 도면인 ISO(isometric drawing)의 출력물을 얻어내어 배관 시공을 하는 목적으로 사용된다. PD_REVIEW는 일반적으로 30%, 60%, 90% 진행사항별 리뷰 일정을 수립하여 진도별 진행사항을 리뷰하고 문제점과 개선사항등을 사전에 적용하여 사전에 리스크를 예방하는 역할을 한다.

2.3 항목

PDS 프로그램의 시스템 구성 모듈은 아래와 같이 19가지로 구성되며, 각 구성 모듈별로 간략한 설명을 하면 아래와 같다.^[3]

- 1) PDS2D : PDS 2D applications(P&ID and PFD)
- 2) PD_SHELL : Plant design - nucleus
- 3) PD_PROJECT : Project administrator
- 4) PD_DATA : Reference data manager
- 5) RD_USRDB : U.S.practice reference data
- 6) RD_DINRDB : DIN practice reference data (not included in standard delivery)
- 7) PD_EQP : Equipment modeling
- 8) FW+ : Frameworks plus
- 9) EERWAY : Electrical raceway
- 10) PEHVAC : HVAC modeling
- 11) PD_DENSIGN : Piping designer
- 12) PD_MODEL : Piping model builder
- 13) PD_DRAW : Drawing manager
- 14) PD_ISO ISO : Extraction interface
- 15) PD_ISOGEN : ISOGEN(not included in standard delivery)
- 16) PD_CLASH : Interference manager
- 17) PD_REPORT : Report manager
- 18) PD_STRESS : Pipe stress analysis interface
- 19) PD_REVIEW : Design review integrator

3. 설계시간

3.1 정의

설계시간(man-hour)이란 일반적인 의미로 3년 이상의 숙련자가 한 시간 동안 할 수 있는 작업분량

이란 의미로 흔히 사용된다. 이는 공정을 단위 작업으로 나누어 작업에 필요한 인원인 전문 작업공수를 산정하고 나서 단위작업의 작업표준시간을 설정하고 특별한 문제가 없이 이를 한 시간 동안 수행하였을 경우 어느 정도의 분량을 할 수 있는지 그 정도의 값으로 측정을 하게 된다. 이때 한 시간당 생산된 수량을 단위시간당 생산대수(UPH, unit per hour)라고 한다. 계산을 할 때에 유의할 사항은 계획된 조건(설비, 공구, lay-out, 작업방법, 자재위치, 물류이동등) 하에서 작업자가 작업방법을 숙지하고 정해진 시간만큼 지속적으로 작업을 수행할 때 소요되는 평균시간이어야 한다. 각 항목별 계산방법은 아래와 같다.

- 1) 단위시간당 생산대수(UPH)는 3600초를 cycle time으로 나누어서 구한다.
- 2) 설계시간은 작업자 수 곱하기 작업시간을 생산대수로 나누어서 구하며, 필요인원수(man power)는 설계시간과 UPH의 곱으로 구할 수 있다.
- 3) 생산대수는 작업시간을 cycle time과 가동률(%)의 곱으로 나타낼 수 있다.
- 4) 가동률은 가동시간을 작업시간으로 나누어 계산할 수 있다. 즉, 작업시간에서 비가동시간을 뺀 값을 가지고 작업시간으로 나눈 값으로 구한다.^[4]

3.2 구성

3.2.1 작업표준시간

표준화된 작업을 정상적인 숙련도의 작업자가 정상적인 속도(정신적, 육체적 무리가 없는 속도)로 한 단위의 작업을 완수하는데 필요한 시간이며, 이 시간에는 여유시간이 포함되어 있다.^[5] 작업표준시간을 측정하기 위한 방법으로는 MODAPTS기법(modular arrangement of predetermind time standards)^[4]과 MOST기법(maynard operation

sequence technique)^[6] 등이 있다. Table 1은 작업표준시간이 작업시간과 여유시간으로 나누어지며 그 상세한 내역으로는 어떠한 항목이 있는지를 나열한 표이다.

3.2.2 정미시간

가공물을 가공하는데 소요되는 시간 즉, 동작기계 및 공구가 완전한 상태로 유지되고 재료, 공구, 운반구 등에 따른 대기, 작업자의 피로 등을 감안하지 않은 순수 가공시간을 의미한다.

3.2.4 여유 시간

용변, 물을 마시거나 땀을 닦는 시간등 인간의 생리적 심리적 요구에 의한 지연과 작업 중 피로회복을 위하여 소요되는 시간, 자재 불량등으로 인해 발생하는 지연 시간 등을 여유시간이라 하고 작업표준시간에 포함된다. 피로 여유율 산정방법으로는 첫째로는 육체적 노력과 정신적 노력 그리고 회복계수 및 단조감 고려법, 둘째로, 작업이 요구하는 육체적 조건과 정신적 조건 및 작업환경 평가법, 셋째로, 에너지 대사율과 노동 강도에 의한 방법, 넷째로, 국제노동기구(ILO) 여유율 고려 방법이 있다.^[5]

4. 라이브러리 개발

4.1 기본 라이브러리 현황

PDS프로그램에서 기본적으로 제공하는 라이브러리 중에 기계분야의 라이브러리는 다음과 같다.[3]

- Component nozzle
- Horizontal vessel
- Vertical vessel
- Vertical tower
- Vertical heat exchanger
- Horizontal heat exchanger
- Reboiler
- Horizontal pump
- Forced draft air fan
- Air fan support steel
- Air fan platforming
- Double pipe exchanger-vertical, horizontal
- Circular fired heater-radiant, convection
- Circular platforming for layout

4.2 개선 라이브러리

PDS프로그램에서 기본적으로 제공되는 라이브러

Table 1 Work measurement

작업 표준 시간	작업 시간	정미 시간	- 공작물 조작시간 - 가공시간 - 기계조작시간 - 검측시간
		준비 시간	- 금형/기계/공구 취부 - 도면 검토 - 가공물 준비 (LOT 단위 발생)
	여유 시간	- 생리 여유 - 피로 여유 - 불가피한 자연 여유(재료분량, 조정 등)	

Table 2 Rotating equipment library status

EQUIPMENT	LIBRARY ID No. (EP)	TYPE
Driven Equipment		
Hor. Cent. Pump	01	Overhung single stage, foot-mounted
	02	Overhung single stage, Centerline-mounted
	03	Axial split, 1 stage
	04-1	Axial split, multistage - suct. nozzle at non-drive end
	04-2	Axial split, multistage - suct. nozzle at drive end
	05	Radially split, 1 and 2 stage
	06	Radially split, multistage (single & double casing)
	07	Radially split, multistage, ring-section
	08	Canned motor pump
	09	Magnetic drive pump, foot-mounted
	10	Magnetic drive pump, centerline-mounted
Vert. Cent. Pump	11	Vertical pump (bottom suction/side discharge)
	12	Vertical sump pump (bottom suct./top disch.)
	13	Vertical barrel pump
	14-1	Vertical in-line pump with common baseplate
	14-2	Vertical in-line pump without common baseplate
	15-1	High speed integral gear pump with common baseplate
	15-2	High speed integral gear pump without common baseplate
Reci. Pump	16	Reci. pump, 1-head
	17	Reci. pump, 2-head
	18-1	Reci. pump, 3-head (upper pump head)
	18-2	Reci. pump, 3-head (lower pump head)
	19-1	Metering pump, 1-head, hori. motor
	19-2	Metering pump, 1-head, vert. motor
	20-1	Metering pump, 2-head, hori. motor
	20-2	Metering pump, 2-head, vert. motor
	21	Metering pump, 3-head
	22	Air driven diaphragm pump
Rotary Pump	23	Gear pump
	24	Screw pump

리에 설계시간을 최소화하기 위한 목적으로 자주 사용되는 필요한 부분을 추가하여 개선된 라이브러리를 적용해 실제 프로젝트에 실행한 기계분야 라이브러리인 회전기계(rotating equipment) 및 장치기계(stationary equipment) 중 개선된 회전기계의 라이브러리 일부를 Table 2에 나타내었다. 각 항목 중 기계(equipment)는 기계별 구분, EP는 라이브러리의 고유 시스템 번호, 그리고 타입(type)은 각 기계별 타입을 나타낸다. Table 2의 rotary pump 항목을 예를 들면 기계분류는 rotary pump이고, 고유 라이브러리시스템 번호는 EP23이며, 기어펌프(gear pump)를 나타낸다.

3차원 디자인 설계 분야는 너무나도 광범위하기 때문에 그 중 일부분인 기계분야만을 분석하였다. 실제 프로젝트에 적용하기 위해서 사용하는 기계 모양을 그룹화 하여 개발하는 방식을 사용하였다. 그룹화를 통한 결과로 실제 실행 프로젝트에 도입하여 모델링을 시행하였을 경우에 라이브러리 개발 전보다 설계시간이 줄어드는 효과를 얻었으며, 효율적인 업무가 가능하였다. 또한, 그룹화를 통한 효과로 3차원 모델링 시에 생기는 사용자의 운영적 오류, 실수가 감소되는 효과가 나타나 반복되는 수정을 하지 않아도 되는 효율적인 결과를 얻었다.

5. 라이브러리 개선 효과

5.1 라이브러리 개선 아이템

기존에 기본으로 제공되는 라이브러리는 형상 표현에 제한적이기 때문에 기기를 구성하는 여러 부속기기(component)를 하나하나 덧붙여서 모델링을 해야 했으나 새로운 라이브러리 추가로 인해 보다 빠른 업무 진행과 모델링으로 설계시간을 줄일 수 있었으며, 이로 인해 사용자가 실수할 수 있는 요지를 최소화 하여 3차원 모델링 결과물의 품질을 높일 수 있었다. 입력방식은 데이터 입력 방식을 사용한다.

기본으로 제공하는 라이브러리에서 지원되는 펌프는 2차원의 간단한 모양으로 심플하게 되어있다. 개선 라이브러리를 활용하여 3차원 모델링을 하였을 시 완성 후 모델 리뷰 시에 펌프의 형상에서 어느 방향이 펌프방향이고 어느 방향이 드라이브, 모터 방향인지를 구별하기가 힘들어 재차 확인해야하는 불필요한 시간을 가지게 된다. 중요한 문제점은 모델러(modeler)가 모델링(modeling)을 할 때에 흡입노즐(suction nozzle)과 토출노즐(discharge

Table 3 Man-hour of library item and basic item

Items		Description	MH / Item	
			Basic	Library
Rotating Equipment	Pump	Pumps	4.5	3
	Fan & blower	Cent. type, roots type fans & blowers	5	3
	Agitator	Top type & side entry type agitators	4.0	3
Accessories	Seal pot	Pump seal plan	2.5	1
	Cooler	Pump seal plan water cooler	2	1
	Air fin cooler	Pump seal plan	2	1
	Flame arrestor	LO system vent end	0.5	0.5
	Silencer	Diesel engine exhaust line	1	0.5
	Local control panel	Free standing type	0.5	0.5

nozzle)의 정보 입력부분이 한 번의 작업으로 이루어지지 않고 개별적으로 노즐을 추가해서 붙여 표현하는 방식으로 해야 하기 때문에 오류의 소지도 높아지고 시간적으로도 비효율적이다.

5.2 라이브러리 아이템 설계시간 비교

Table 3은 각 아이템당 소요되는 설계시간을 라이브러리 개선전과 라이브러리 개선 후로 나누어 비교한 것으로, 비교 기준은 회전기계류로 선정하였으며 라이브러리 개선 아이템은 실제로 3차원 모델링을 하여 얻어낸 수치이며, 라이브러리 개선 전 아이템은 과거에 실행하였던 3차원 모델링 설계시간을 활용하여 라이브러리 개선이 구축된 아이템과 라이브러리 개선이 구축되지 않은 아이템의 설계시간 비교를 도표화한 것이다. 표에서 나타난 설계시간의 비교에서 라이브러리 개선 아이템과 라이브러리 개선 전 아이템의 설계시간 총합을 비교하여 보면, 회전기계단품의 수치가 라이브러리 개선 아이템은 9시간, 라이브러리 개선 전 아이템은 13.5시간으로 라이브러리 개선 아이템이 4.5시간의 여유가 더 있었고, 악세서리(accessories)의 수치 역시 라이브러리 개선 아이템은 4.5시간, 라이브러리 개선 전 아이템은 8.5시간으로 라이브러리를 개선한 아이템이 4시간의 여유가 더 있는 결과가 나타났다. 확인된 결과와 같이 라이브러리 개선을 통한 그룹화가 진행된 아이템은 라이브러리 개선이 구축되지 않은 아이템

에 비하여 설계시간적인 측면에서 보다 효율적이라는 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 3차원 디자인 시스템의 특성 및 설계시간(man-hour)의 특성과 종류에 대해 분석하였으며, 3차원 디자인 시스템의 라이브러리 개선에 관한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

설계시간 감축을 위하여 3차원 디자인 시스템 라이브러리 그룹화를 통한 개선안을 실제 프로젝트에 적용해 본 결과 3차원 모델링의 설계시간이 아이템 당 최대 2시간까지 효율적으로 줄어들었다.

참고문헌

1. (주)한양, 2002, 플랜트 교육과정, (주)한양 플랜트 사업본부, p.46.
2. (주)대우건설, 2004, 통영 생산기지 건설지, (주)대우건설, p.15.
3. (주)한양, 1999, 평택LNG 인수기지 건설지, (주)한양, p.18.
4. (주)한양, 2002, 플랜트 교육과정, (주)한양 플랜트 사업본부, p.73.
5. 김문환 외 17인, 2008, 건설경영공학, 기문당, p.221.