

굴삭기 프론트 레이아웃의 연성 설계 프로세스 개선을 위한 초기 설계 지원 시스템 개발

배일주*, 이수홍**, 이경수***

Development of a Design Support System to Improve a Coupled Design Process of an Excavator Front Layout Design

Ilju Bae*, Soo-hong Lee** and Kyung Soo Lee***

ABSTRACT

A layout design of an excavator front is a coupled design. Parameters of the layout design are coupled each other. So it is difficult to make decisions to set the parameters of the layout of an excavator front. We analyze the parameters of the layout design of an excavator front. We regroup the parameters as interface groups. And we suggest a new design process which is based on the interface groups. And we redesign user-interfaces of the Knowledge based Excavator Design System(KEDS).

Key words : Excavator Layout Design, Coupled Design, Design Support System

1. 서 론

초기 설계를 지원하는 설계 지원 시스템(Design Support System)의 대부분은 반복적인 의사결정을 효율적으로 설계 결과물에 반영하기 위하여 변수 기반 설계 모델과 설계 규칙의 집합을 시스템 내에 포함하고 있다. 하지만 현실적인 설계 문제에서 각 설계 인자 간의 관계는 복잡하게 얽혀 있기 때문에 설계 의사결정을 반복적으로 수행하게 되는 문제점을 해결하기 어렵다. 한 가지 의사결정이 다른 의사결정의 결과에 영향을 주게 되고 이로 인하여 설계 시 만족할 수준의 결과를 얻기 위해 의사결정 작업을 반복적으로 수행하여야 한다.

굴삭기 프론트 레이아웃 설계 역시 변수 간 연성관계(Coupled Relation)로 인하여 의사결정이 효율적으로 진행되기 어려운 문제점을 가지고 있다. 적절한 작업 범위를 결정하는 문제와 작업력을 결정하는 문제는 서로 맞물려 있고 각 설계 변수는 중복적으로 선

택되면서 적절한 값을 결정하는데 어려움이 존재하게 된다.

복잡한 설계 연성 관계를 개선하기 위한 다양한 연구가 있어왔지만 완벽히 이 문제를 해결할 수 있는 이론적 방법론은 존재하지 않는다. 각 사례 별 특성에 맞춘 연구로 개선 효과를 높일 필요가 있다. 이 연구에서는 굴삭기 프론트 레이아웃 설계에 대한 지식기반 설계 시스템 구축 과정에서 나타난 연성 설계의 흐름을 분석하고 이를 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

이를 위해 설계 인자 간의 상호 영향을 분석하고 이 결과를 바탕으로 새로운 설계 변수 그룹을 정의하였다. 새롭게 정의된 변수 그룹을 통해 의사결정의 흐름을 효율적으로 개선하였다. 최종적으로 변경된 설계 변수 그룹과 프로세스에 맞는 개선된 지식기반 설계 시스템을 제안하였다.

2. 연구 배경

2.1 굴삭기 프론트 레이아웃 설계 연구

굴삭기 프론트는 먼 거리의 위치에 일정한 힘을 작용하여 작업을 수행하는 굴삭기의 작업 부분에 해당한다. 이 부분은 굴삭기 설계 시 가장 재설계가 빈번

*연세대학교 대학원 기계공학과

**연세대학교 기계공회부

***연세대학교 대학원 기계공학과

- 논문투고일: 2008. 03. 21

- 논문수정일: 2008. 12. 29

- 심사완료일: 2009. 01. 12

하게 일어난다. 굴삭기 프론트는 주요 부품인 붐, 암, 버켓과 주요 부품에 힘을 전달하는 실린더와 주요 부품을 연결하는 링크 부품과 핀 등으로 구성되어 있다 (Fig. 1).

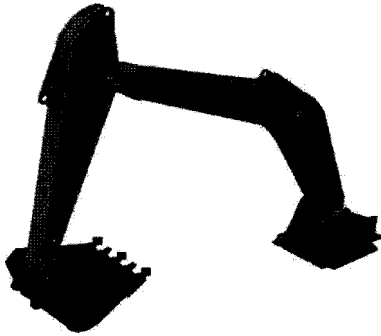


Fig. 1. 굴삭기 프론트의 형상.

굴삭기 프론트 레이아웃의 기능적 요구사항은 크게 작업 범위와 작업력, 내구성이라고 할 수 있다. 이 중 내구성에 관한 부분은 상세 설계를 고려해야 하는 부분으로 레이아웃만을 다루는 이 연구에서는 제외한다.

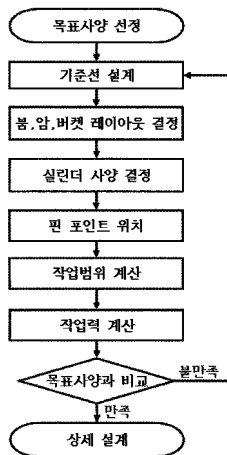


Fig. 2. 일반적인 굴삭기 프론트 설계 프로세스^[1].

작업 범위와 작업력을 고려하기 위한 굴삭기 프론트 레이아웃 설계 프로세스는 간략한 형태로 보면 일반적으로 Fig. 2와 같다. 먼저 설계 요구에 따른 목표 사양을 결정하고 기준선 설계를 시작으로 붐, 암, 버켓의 레이아웃을 결정하고, 실린더 사양을 결정한다. 다음으로 각 핀 포인트의 위치를 계산하고 이를 바탕으로 작업력과 작업 범위를 산출하는 순으로 작업을 진행하게 된다. 가장 적합한 최종 사양을 확보하기 위해 각 설계 단계는 수 차례 반복된다. 그 이유는 각

단계에서 결정되는 설계 인자가 복잡한 연관성을 가지며 먼저 결정된 인자나 결과에 영향을 주기 때문이다.

신대진 등은 QFD(Quality For Deployment) 방법론을 이용하여 굴삭기 설계 도메인에 대한 분석을 수행하고, 도출된 설계 인자를 하향식 설계가 가능하게 단계적으로 정리하였다. 각 설계 인자 결정을 지원하는 인터페이스를 개발하였고, CATIA의 지식처리 모듈인 Knowledgeware를 기반으로 설계 모델을 구현하여 설계 인자 결정에 따른 결과 도출이 가능하게 하였다^[2].

전기현 등은 QFD 방법론을 이용하여 설계 분석을 수행하는 경우에 발생하는 설계 인자 간의 일대다(1:多)의 관계 발생 문제를 공리적 설계 기법을 활용하여 설계 순서를 결정함으로써 개선하는 방안을 제안하였다^[3]. 그러나 이 연구에서는 상세한 설계 변수가 아닌 설계 요구 조건과 설계 변수 그룹 간의 관계만 고려하여 실제 레이아웃 설계 시 발생하는 연성 관계를 해결하지 못하였다.

배일주 등은 굴삭기 설계 지식의 유형화와 체계화에 대한 연구 및 유희로지 모델 개발에 관한 연구를 지속적으로 수행하였고 이를 통해 설계 지식과 설계 인자 간의 관계를 규명하였다^[4,5].

각 연구에서 굴삭기 프론트 레이아웃 설계 과정과 지원 방안을 현실화 하였으나 연성 관계에 대한 고려가 부족하여 설계 변수 결정이 반복되는 한계점을 가지고 있다.

2.2 연성 개선을 위한 설계 방법론 연구

설계 문제에 포함된 다수의 설계 변수와 그 설계 변수 간의 관계는 직관적인 통찰만으로 해석이 불가능한 복잡성을 가지고 있다. 설계 변수에 관한 체계적 분석을 위한 방법론과 전산적으로 처리하기 위한 알고리즘이 연구되고 있다.

의존 네트워크(Dependency Network)는 설계 인자 간 의존도 분석을 위한 접근 방법의 하나로 설계 변수를 의미하는 노드(Node)와 관계를 의미하는 아크(Arc)로 설계 변수 간의 의존 관계를 표현하고 이를 네트워크 알고리즘을 통해 분석하고 해결하는 방법이다^[6].

의존 네트워크는 설계 변수 간 관계를 명확히 표현하고 이를 추론하는데 도움을 준다. 하지만 이 방법은 설계 변수의 영향을 추적하여 분석하는데 유리하지만 설계 문제에 대한 통합적인 고찰을 하기에는 어려움이 따른다.

DSM(Design Structure Matrix)은 네트워크 구조가

아닌 매트릭스 형태로 의존 관계를 표현하고 시스템 혹은 프로젝트를 분석, 개선하는 방법이다^[7].

Black 등은 자동차 브레이크 시스템의 설계 변수를 분석하는데 있어 DSM을 활용하였다^[8]. 천준원 등은 트랜스미션-레비의 설계에 있어 DSM을 활용하여 설계 변수 관계를 분석하고 설계 결정 단계를 재정의하였다^[9]. 하성도 등은 제품 기능 전개에 있어 DSM을 이용한 그룹화를 적용하였다^[10].

이와 같은 DSM 관련 연구에서는 모든 설계 변수를 나열하여 이를 정방향 행렬로 표현하고 이 행렬을 그룹화하는 과정을 통해 설계의 순서 혹은 그룹화 분계를 해결하였다.

3. 연성 개선 설계 방법론

3.1 굴삭기 레이아웃 설계 변수의 연관성 분석

연성을 개선하기 위한 설계를 위해 먼저 굴삭기 설계 변수에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 3은 붐 레이아웃 그룹의 변수를 나타내고 있다. 붐 길이에 대한 변수는 BaseLine 그룹에 속해 있고 붐 레이아웃에서는 이에 대한 상대적인 길이 비율인 Length Ratio와 각 라인의 기울기를 의미하는 Angle 변수 등을 포함하고 있다. 굴삭기 프론트 레이아웃 설계를 위한 변수는 이와 같은 형태의 부품 그룹 9개로 구성되어 있다.

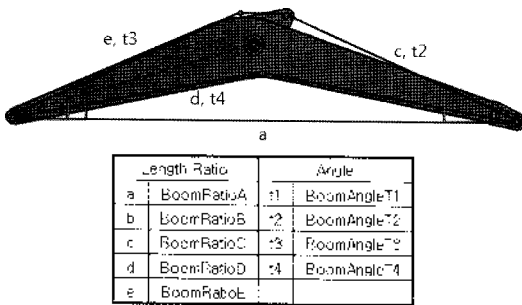


Fig. 3. 붐 레이아웃 그룹의 변수.

Table 1에서 나타낸 바와 같이 9개 그룹의 변수는 총 56개의 변수로 구성되어 있다.

설계 변수 간에 존재하는 함수 관계를 고려하여 변수 간 연관성을 파악하였다. 그 중 상호 관계가 존재하는 입력 변수 43개(관계 변수)와 그렇지 않은 입력 변수 13개(비관계 변수)로 구분하였다. 변수 간 연관성은 직접적인 함수적 관계가 존재하는 경우에만 표기하였으며 2차적인 관계에 의하여 후론적으로 영향

이 존재하는 경우는 제외하였다.

비관계 변수는 이 논문에서 제시하고 있는 출력 변수와 상호 간 영향이 존재하지 않으므로 설계 흐름에 직접적인 영향을 주지 않는 변수들이다. 그러나 이 논문에서 언급하지 않은 전체적인 설계 문제(내구성 등)에 있어서 영향을 미치고 있다.

Table 1. 프론트 레이아웃 설계 변수 그룹

Group	Parameters
WorkingRange	MaxDiggingReach, MaxDiggingDepth, MaxDiggingHeight, MaxDumpHeight, MaxVerDiggingDepth, MinSwingRadius
WorkingForce	(LiftingForce), ArmDiggingForce, BucketDiggingForce, MaxBucketForceAngle
BaseLine	BoomLength, ArmLength, BucketLength
BaseAngle	MaxBoomAngle, MinBoomAngle, MaxArmAngle, MinArmAngle, MaxBucketAngle, MinBucketAngle
BoomLayout	BoomRatioA, BoomRatioB, BoomRatioC, BoomRatioD, BoomRatioE, BoomAngleT1, BoomAngleT2, BoomAngleT3, BoomAngleT4
ArmLayout	ArmRatioA, ArmRatioB, ArmRatioC, ArmRatioD, ArmRatioE, ArmAngleT1, ArmAngleT2, ArmAngleT3, ArmAngleT4
BucketLayout	BucketRatioA, BucketRatioB, BucketRatioC, BucketAngleT1, BucketAngleT2
Cylinder	BoomMinCylLength, BoomCylStroke, BoomCylRadius, BoomCylForce, ArmMinCylLength, ArmCylStroke, ArmCylRadius, ArmCylForce, BucketMinCylLength, BucketCylStroke, BucketCylRadius, BucketCylForce
Link	PushLinkLength, GuideLinkLength

Table 2. 프론트 레이아웃의 1차 변수 연관도

Group	Input Parameters	Output Parameters												
		BoomLength	ArmLength	BucketLength	MaxBoomAngle	MinBoomAngle	MaxArmAngle	MinArmAngle	MaxBucketAngle	MinBucketAngle	BoomMinCylLength	ArmMinCylLength	BucketMinCylLength	PushLinkLength
BaseLine	BoomLength	X												
	ArmLength		X											
	BucketLength			X										
BaseAngle	MaxBoomAngle				X									
	MinBoomAngle					X								
	MaxArmAngle						X							
BoomLayout	BoomRatioA	X												
	BoomRatioB		X											
	BoomRatioC			X										
ArmLayout	ArmRatioA		X											
	ArmRatioB			X										
	ArmRatioC				X									
BucketLayout	BucketRatioA					X								
	BucketRatioB						X							
	BucketRatioC							X						
Cylinder	BoomMinCylLength									X				
	ArmMinCylLength										X			
	BucketMinCylLength											X		
Link	PushLinkLength												X	
	GuideLinkLength													X
	WorkingForce													

관계 변수는 입력 변수 31개와 출력 변수 19개로 구분된다. 입력 변수와 출력 변수 중 7개는 중복된다. 즉, 출력 변수 중 7개는 다른 출력 변수의 값을 결정하기 위한 입력 변수로 재 사용된다. Table 2에서 좌변은 입력 변수를 나타내고 상단은 출력 변수를 나타낸다. 중앙의 매트릭스에는 입력 변수와 출력 변수 간의 관계가 표현되어 있다.

변수에 대한 적절한 값을 선택하는 의사 결정 과정은 일반적으로 상단의 그룹에서 하단의 그룹의 순으로 부품 별로 진행된다. 이러한 부품 순으로 진행되는 의사 결정 과정에서는 연성 관계에 의해 나중에 결정한 내용이 먼저 결정된 결과에 영향을 미치면서 설계 요구를 만족시키기 위해서는 설계를 여러 차례 반복해야 하는 문제가 발생한다. Table 2에 의해 드러난 변수 간 관계는 부품 별 그룹에서 존재하는 연성 관계를 보여주고 있다.

3.2 유사도 비교를 통한 설계 변수 재그룹화

같은 유사 변수 내에서는 입력 변수의 개수를 필요한 정보의 양으로 보고 순서를 결정하였다.

분석을 통해 드러난 입력 변수와 출력 변수의 연성 관계를 개별적으로 비연성화(Decouple) 하는 것은 불가능하다. 이는 몇 개의 입/출력 변수들이 복합적인 관계로 단단하게 얽혀있기 때문이다. 비연성화가 불가능한 변수들은 유사한 결정 과정을 가진 그룹으로 분류가 있다.

따라서 연관성이 높은 설계 변수들을 새로운 그룹으로 재편집하고 각 그룹 간의 관계를 비연성화 함으로써 그룹 간의 연성 관계를 해결할 수 있다.

두 변수 간의 유사도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$D_{ab} = \frac{n(A \cap B)}{n(A \cup B)}$$

출력 변수 a, b에 대하여 a의 입력 변수 집합을 A, b의 입력 변수 집합을 B라고 할 때 a, b간의 유사도(D_{ab})는 A와 B의 공통요소의 개수를 A와 B에 포함된 총 변수의 개수로 나눈 값과 같다.

이와 같이 계산되는 출력 변수들 간의 유사도를 비교함으로써 유사한 입력 변수를 가진 그룹으로 분별하였다.

Table 3은 설계 변수의 순서를 조정하여 비연성화가 가능하도록 변화된 설계 변수 그룹을 보여준다. 설계 그룹 인터페이스 1에서 4로 설계가 진행되는 동안 앞 단계의 설계가 가능한 뒷단계에 영향을 미치지 않도록 설계 변수가 정리되었다.

Table 3. 프론트 레이아웃의 비연성화 설계 그룹

Group	Input Parameters	Output Parameters																		
		MinSwingRadius	MaxDiggingReach	MaxDiggingDepth	MaxVerticalDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth	MaxDiggingDepth
Interface 1	BoomLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	MaxBoomAngle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BucketLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	MinimumAngle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	MinBoomAngle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	MaxBoomAngle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Interface 2	BucketForce	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BucketMinAngle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	FuelInletLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	CylinderLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Interface 3	BoomAngle1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomAngle2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	ArmAngle15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Interface 4	MaxVerticalDiggingDepth	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomAngle16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomAngle17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomVerticalLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomCylinderLength	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomCylinderForce	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	BoomCylinderRadius	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

3.3 정보량에 따른 설계 우선 순위 결정

각 인터페이스에 포함된 변수 내의 설계 우선 결정은 입력 변수의 양에 따라 결정한다. 출력변수의 결정량(I)는 다음과 같이 표현된다. 여기서 A는 출력변수 a의 입력 변수 집합을 의미한다.

$$I_a = n(A)$$

그러나 여기서 I의 값만으로 순서를 결정할 때 앞 단계에서 결정된 변수에 의한 영향이 뒷단계에 고려되지 못한다. 따라서 앞 단계에서 결정된 입력 변수의 개수를 제외한 상대적인 결정량(RI)을 이용해 우선 순위를 결정한다. 여기서 U_s는 결정된 변수의 집합을 의미한다.

$$RI_a = n(A - U_s)$$

인터페이스 1에서 출력 변수 MinSwingRadius를 결정하기 위한 입력 변수(BoomLength, MaxBoomAngle)의 양이 가장 적다. MinSwingRadius가 결정된 후 여기서 결정된 입력 변수를 제외한 입력 변수의 양은 MaxDiggingReach와 MaxDiggingDepth의 입력 변수가 적다. 둘 사이의 우선 순위는 주변 변수를 고려하여 결정한다.

MinSwingRadius의 입력 변수가 결정된 경우, 다음으로 MaxDiggingReach와 MaxDiggingDepth를 결정하는 것이 결정해야 하는 의사결정의 수를 줄일 수 있게 한다.

그 후에는 MaxVerticalDiggingDepth, MaxDigging

Height, MaxDumpHeight의 순으로 의사 결정을 진행하는 것이 합리적이다.

그러므로 비연성화 되어 인터페이스 1에서부터 4로 의사 결정이 진행되는 것과 더불어 각 인터페이스 내에서도 개별 출력 변수의 의사 결정의 양을 고려하여 순서를 결정할 수 있다.

Table 4는 각 인터페이스에서의 출력 변수 결정 순서를 나타낸다.

Table 4. 각 인터페이스 별 출력 변수 결정 순서

Interface	Output Parameters
Interface 1	MinSwingRadius → MaxDiggingReach → MaxDiggingDepth → MaxVerDiggingDepth → MaxDiggingHeight → MaxDumpHeight
Interface 2	MaxBucketAngle → MinBucketAngle → MaxBucketForceAngle → BucketDiggingForce
Interface 3	MaxArmAngle → MinArmAngle → ArmDiggingForce
Interface 4	MinBoomAngle → MaxBoomAngle → (LiftingForce)

3.4. 변경된 설계 그룹을 위한 사용자 인터페이스

Fig. 4는 이 연구에서 개발한 굴삭기 설계 시스템의 인터페이스를 보여주고 있다. 인터페이스를 선택하는 경우 해당 인터페이스의 출력 변수가 좌측 목록에 나타난다.

출력 변수는 입력 변수의 수가 적은 순으로 나타난다. 선택된 출력 변수에 대한 입력 변수는 우측에 나타난다. 이 목록에는 앞 단계에서 결정한 변수까지 포함되어 있다. 하지만 "Prevent the Previous Value" 옵션이 체크되어 있는 경우 앞 단계에서 결정한 변수의 값을 보호할 수 있다. 필요하다 앞 단계에서 결정한 변수를 수정할 수 있지만 이 경우 다른 의사결정에 영향을 미치게 된다.

입력되는 입력 변수 값에 따라 출력 변수의 값의 변화를 관찰할 수 있으며 그 값이 타당한 경우 확인을 통해 새로운 변수값을 시스템에 입력한다.

설계를 위해 필요한 정보는 Information 기능을 통해 도움을 받을 수 있다(Fig. 5). 새로운 변수 그룹에 따른 의사 결정 시 부품 그룹에서 보던 것과 같은 수준의 이해가 가능하기 위해서 정보 제공 기능을 적절히 제공할 필요가 있다.

각 설계 변수의 의사 결정 시 합리적인 수준의 변화가 필요하다. 특히 각도 변수의 경우 비합리적인 설정은 추후 다른 설계에 큰 영향을 미치게 된다. 합리적인 값의 제약에 대한 설명은 신대진 등의 연구에 기술되어 있다.

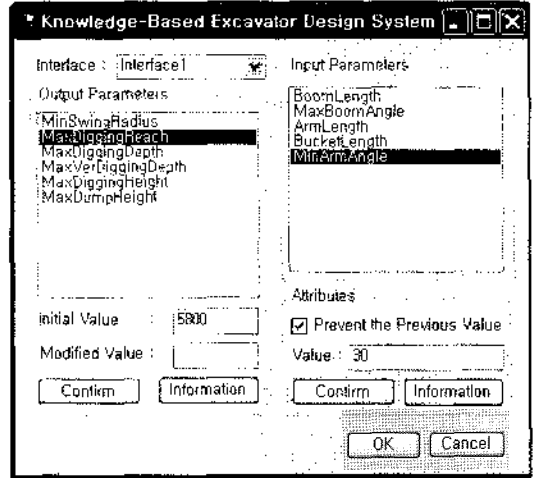


Fig. 4. 본 연구에서 개발한 KEDS의 사용자 인터페이스.

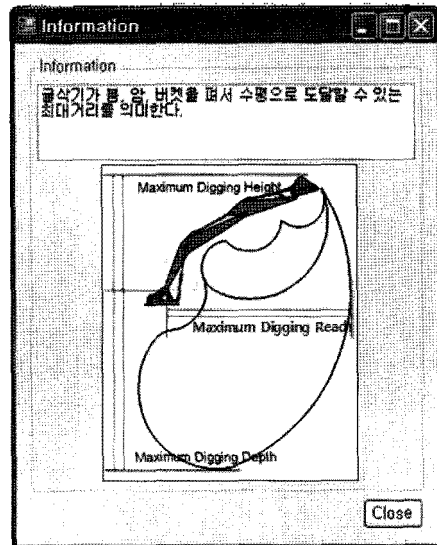


Fig. 5. 설계 변수에 대한 정보 제공 인터페이스.

5. 결 론

이 연구에서는 굴삭기 프론트의 레이아웃 설계 시 설계 인자 간의 인성 관계에 의한 의사결정의 어려움을 해결하기 위해 설계 변수 간 연관성을 파악하였다. 이 결과를 토대로 설계 변수들 관계 변수와 미관계 변수로 구분하였다. 또한 관계 변수를 입력 변수와 출력 변수로 구분하고 함수적 관계에 따라 그 연관성을 파악하였다. 관계 변수의 그룹을 유사도에 따라 재조정함으로써 설계 변수 그룹 간 연성화 문제를 보다 해소할 수 있는 방안을 제안하였다. 새로운 설계 그룹인

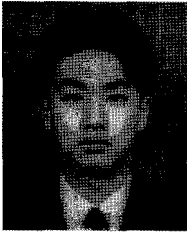
인터페이스 내에서도 의사 결정의 수(입력 변수의 수)에 따라 설계 순서를 결정할 수 있도록 하였다. 변경된 설계 그룹에 따른 설계 시스템의 사용자 인터페이스와 합리적 의사 결정을 위한 정보 제공에 대해 기술하였다.

논문에서 제안한 시스템을 통해 기존의 부품 그룹의 순으로 설계 작업을 진행하여 복잡하게 얽혀 있는 의사 결정 구조가 밀린의 흐름으로 단순화 되어 설계 작업을 효율적으로 진행할 수 있는 토대가 구축되었다.

이 논문에서 제안한 방법은 공리설계나 트리즈 방법과 같이 설계 문제 자체의 변화를 모색하지 않기 때문에 설계 변수 간 연성 관계의 총량을 줄이는데 있어서는 한계를 가지고 있다. 다만 지식기반설계시스템 구축과정에서 발견되는 설계 변수에 대한 서로의 연관 관계를 바탕으로 보다 효율적인 의사결정 구조를 갖는 시스템을 구축할 수 있는 방안을 제시하였다.

참고문헌

1. 배일주, 주수석, 이수홍, 장준현, “굴삭기 설계 지식의 유형화 및 체계화를 통한 지식 기반 설계 시스템 개발”, 대한기계학회 춘추학술대회, pp. 19-24, 2006.
2. Shin, D. J., Bae, I. J., Lee, S. H., Noh, T. H. and Kim, S. T., “An Implementation of Knowledge Based Engineering Design System for the Front Section of the Excavator with an Expert Shell”, *Proceedings of the KSPE Conference*, pp. 75-80, 2005.
3. Chun, K. H., Lee, K. S., Bae, I. J. and Lee, S. H., “A Study on a Development of an Initial Design System for an Excavator Front with Quality Function Deployment and Axiomatic Design”, *Proceedings of the KSME Conference*, pp. 1080-1085, 2005.
4. 배일주, 이수홍, 장준현, “설계 문서 및 지식의 통합적 표현과 지원 시스템에 대한 연구”, 한국정밀공학회지, 제23권 제3호, pp. 27-29, 2006.
5. 배일주, 이수홍, 전찬보, 장준현, “Protege를 이용한 굴삭기 설계 도메인의 표현과 응용”, 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp. 799-800, 2007.
6. Andrew Kusiak, “Engineering Design. Products, Processes, Systems”, Academic Press, pp. 387-409, 1995.
7. <http://www.dsmwcb.org>
8. Black, T. A., Fine, C. F. and Sachs, E. M., “A Method for Systems Design Using Precedence Relationships: An Application to Automotive Brake Systems”, MA, 3208, 1990.
9. 천준원, 박지형, 김태수, “DSM(Design Structure Matrix)을 이용한 Transmission-I.cver 설계과정의 체계화”, 한국정밀공학회 2002년도 추계학술대회 논문집, pp. 763-767, 2002.
10. 하성도, 이인경, 방건동, 박세형, “설계 지원 시스템 개발을 위한 제품 기능 전개 방법에 관한 연구”, 한국정밀공학회 99년도 추계학술대회 논문집, pp. 471-475, 1999.



배 일 주

2001년 연세대학교 기계전공공학부 학사
2003년 연세대학교 기계공학과 석사
2003년~현재 연세대학교 기계공학과
만사과장
관심분야: 지식기반설계, 동시공학,
온톨로지



이 수 홍

1981년 서울대 기계공학과 학사
1983년 서울대 기계설계학과 석사
1991년 Stanford대학 Design Division
Concurrent Engineering 전공, 박사
1991년~1992년 Lockheed Missile and
Space Co. Cable Harness Design
System 개발, Post-Doc.
1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실,
선임연구원
1994년~현재 연세대학교 기계공학과 경
교수
관심분야: 지식기반설계, 동시공학설계,
시뮬레이션CAD, PDM/PLM, STEP
Ontology



이 경 수

2000년 연세대학교 기계공학과 학사
2002년 연세대학교 기계공학과 석사
2008년 연세대학교 기계공학과 박사
2008년~현재 연세대학교 BK 나노 자이
트로 응용기계기술사업단 연구원
관심분야: 설계방법론, 거대설계, 나노/
마이크로 생산공정