



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0066808  
(43) 공개일자 2020년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06Q 50/08 (2012.01) G06Q 10/04 (2012.01)  
G06Q 10/06 (2012.01)  
(52) CPC특허분류  
G06Q 50/08 (2013.01)  
G06Q 10/04 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0153357  
(22) 출원일자 2018년12월03일  
심사청구일자 2018년12월03일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
한승헌  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 N503호  
박찬영  
서울특별시 강서구 양천로 482, 304호(등촌동, 삼부르네상스오피스텔)  
(74) 대리인  
김인철

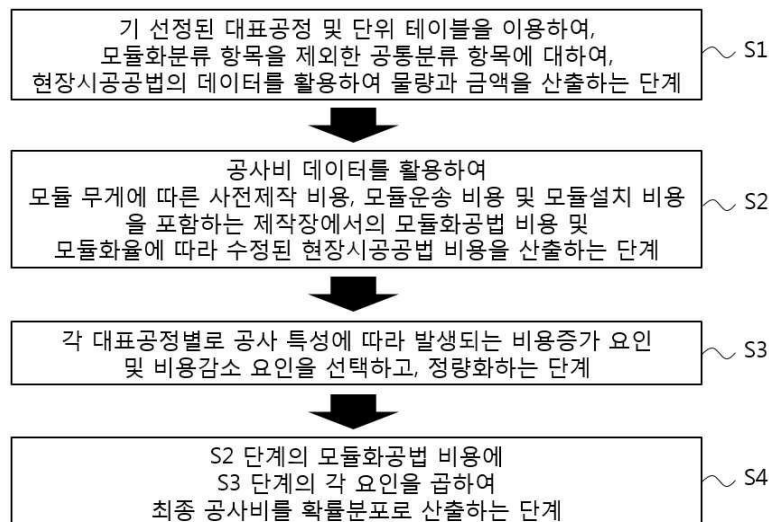
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법

(57) 요약

본 발명은 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법으로서, 초기 공사비 산출부가 기 선정된 대표공중 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 S1 단계; 모듈화공법 비용산출부가 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 S2 단계; 비용요인 정량화부가 각 대표공중별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 S3 단계; 및 최종 공사비 산출부가 S2 단계의 모듈화공법 비용에 S3 단계의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 S4 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G06Q 10/06312* (2013.01)

*G06Q 10/06313* (2013.01)

(72) 발명자

**최영욱**

강원도 춘천시 춘주로 174, 103동 301호(퇴계동,  
그린타운아파트)

**문수환**

서울특별시 마포구 상암산로1길 24, 409동 801호(  
상암동, 상암 월드컵파크 4단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615009912

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 플랜트연구

연구과제명 오일샌드 육상플랜트 고유모듈기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 성진이앤티(주)

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

초기 공사비 산출부가 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 S1 단계;

모듈화공법 비용산출부가 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 S2 단계;

비용요인 정량화부가 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 S3 단계; 및

최종 공사비 산출부가 S2 단계의 모듈화공법 비용에 S3 단계의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 S4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

S1 단계의 상기 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립 랙 공종, 운송 단계의 모듈 운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

S1 단계의 상기 공통분류 항목은 프로젝트관리 단계의 프로젝트 관리팀 공종, 설계 단계의 기본설계 공종과 상세설계 공종, 조달 단계의 기자재 공종, 강구조 공종 및 배관 공종, 시공 단계의 현장 기초공 및 토목공사 공종, 콘크리트공사 공종, 빌딩공사 공종, 보온공사 공종, 방화공사 공종, 강구조공사 공종, 기자재공사 공종, 배관공사 공종, 계장공사 공종, 페인트공사 공종 및 전기공사 공종을 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

S2 단계의 모듈 무게( $W_M$ )는 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )와 사전조립 랙의 무게( $W_{PARs}$ )를 합산하는 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

$$[관계식 1] \quad W_M = W_{PAUs} + W_{PARs}$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $W_{PAUs}$  = 모듈 구성 중 기자재, 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위,  $W_{PARs}$  = 모듈 구성 중 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위)

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )는 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모

돌화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

[관계식 2]

$$W_{PAUs} = W_{ET} + W_{SSU}(= 5/2 W_{ET}) + W_{PU}(= 3/2 W_{ET})$$

(여기서,  $W_{ET}$  = 사전제작에 들어갈 기자재의 총 무게,  $W_{SSU}$  = PAUs에 할당된 강구조의 무게,  $W_{PU}$  = PAUs에 할당된 배관의 무게)

#### 청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 사전조립 렉의 무게( $W_{PARs}$ )는 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

[관계식 3]

$$W_{PARs} = W_{SSR}(= W_{SST} - W_{SSU}) + W_{PR}(= W_{PT} - W_{PU})$$

(여기서,  $W_{SST}$  = 사전제작에 들어갈 강구조의 총 무게,  $W_{SSR}$  = PARs에 할당된 강구조의 무게,  $W_{PT}$  = 사전제작에 들어갈 배관의 총 무게,  $W_{PR}$  = PARs에 할당된 배관의 무게)

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

S2 단계의 사전제작 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

[관계식 4]

$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No_{\cdot MHr/Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No_{\cdot MHr/Ton}$  = 미국 기준 각종 설비 제작을 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_L$  = 시설(기관), 해양 작업 및 모듈 제작 시 적용 가능한 국가별 가중치,  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간 당 금액)

#### 청구항 8

청구항 1에 있어서,

S2 단계의 모듈운송 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

[관계식 5]

$$\text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No_{\cdot \$USD/(Km \cdot Ton)}$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $Dis.$  = 현장과 제작장 사이의 해상거리(Km),  $No_{\cdot \$USD/(Km \cdot Ton)}$  = 1톤의 모듈을 1Km 운송하는데 드는 비용)

## 청구항 9

청구항 1에 있어서,

S2 단계의 모듈설치 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

[관계식 6]

$$\text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No_{\cdot MHr / Ton \text{ for } Inst.} \times F_P \times AR$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No_{\cdot MHr / Ton \text{ for } Inst.}$  = 미국 기준 모듈 설치를 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액)

## 청구항 10

청구항 1에 있어서,

S2 단계에서 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용은 사전제작에 할당된 물량비율을 제외하고 남은 물량비율에 대하여 직선 보간법으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

## 청구항 11

청구항 1에 있어서,

S3 단계의 비용증가 요인은 자재비 증가 요인, 현장 및 제작장의 추가 품질관리 인력 투입 요인, 야드 및 하역장 확보 이용 요인 및 모듈화 공법을 고려한 설계비 증가 요인을 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

## 청구항 12

청구항 1에 있어서,

S3 단계의 비용감소 요인은 프로젝트 관리 팀 인력 감소 요인, 건설장비 투입 시간 감소 요인, 현장 운영비 요인, 시공 경비 감소 요인, 현장에서의 작업 효율 증대를 통한 간접비 및 시공비 감소 요인 및 총 프로젝트 공기 감소로 인한 비용 절감 요인을 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

## 청구항 13

청구항 1에 있어서,

S3 단계의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포와 베르누이 분포를 활용하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

## 청구항 14

청구항 13에 있어서,

각 요인의 영향에 대하여 삼각분포를 활용하기 위한 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며,

각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며,

발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법.

## 청구항 15

기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공 공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 초기 공사비 산출부;

공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작 장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 모듈화공법 비용산출부;

각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 비용요인 정량화부; 및

상기 모듈화공법 비용산출부에서 산출한 모듈화공법 비용에 상기 비용요인 정량화부에서의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 최종 공사비 산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

## 청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 초기 공사비 산출부의 상기 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립 랙 공종, 운송 단계의 모듈운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함하는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

## 청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 모듈화공법 비용산출부에서 모듈 무게( $W_M$ )는 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )와 사전조립 랙의 무게( $W_{PARs}$ )를 합산하는 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

[관계식 1]

$$W_M = W_{PAUs} + W_{PARs}$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $W_{PAUs}$  = 모듈 구성 중 기자재, 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위,  $W_{PARs}$  = 모듈 구성 중 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위)

## 청구항 18

청구항 1에 있어서,

상기 모듈화공법 비용산출부에서 사전제작 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

[관계식 4]

$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No_{\cdot MHr/Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No_{\cdot MHr/Ton}$  = 미국 기준 각종 설비 제작을 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_L$  = 시설(기관), 해양 작업 및 모듈 제작 시 적용 가능한 국가별 가중치,  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간 당 금액)

## 청구항 19

청구항 15에 있어서,

상기 모듈화공법 비용산출부에서 모듈운송 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

[관계식 5]

$$\text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No. \text{USD}/(Km \cdot Ton)$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $Dis.$  = 현장과 제작장 사이의 해상거리(Km),  $No. \text{USD}/(Km \cdot Ton)$  = 1톤의 모듈을 1Km 운송하는데 드는 비용)

## 청구항 20

청구항 15에 있어서,

상기 모듈화공법 비용산출부에서 모듈설치 비용은 다음의 관계식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

[관계식 6]

$$\text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No. \text{Mhr}/Ton \text{ for Inst.} \times F_P \times AR$$

(여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No. \text{Mhr}/Ton \text{ for Inst.}$  = 미국 기준 모듈 설치를 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액)

## 청구항 21

청구항 15에 있어서,

비용요인 정량화부의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포와 베르누이 분포를 활용하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

## 청구항 22

청구항 21에 있어서,

각 요인의 영향에 대하여 삼각분포를 활용하기 위한 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며, 각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며,

발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화하는 것을 특징으로 하는 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템.

## 청구항 23

하드웨어와 결합되어, 청구항 1 내지 청구항 15 중 어느 한 항에 기재된 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

## 발명의 설명

## 기술 분야

본 발명은 대표공중 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법에 관한 것이다. 구체적으로, 모듈화 공법 적용 시 발생하는 비용 증가 및 감소요인의 영향강도를 정량화하여 확률 기반의 공법 결정 모델을 구축하는 기

[0001]

술분야에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0002] 건설 산업에서 모듈화 공법(Modularization)의 도입은 생산성 향상, 자재 관리, 품질 관리, 현장의 안전 확보 등의 장점이 있으며 이러한 장점들을 토대로 프로젝트 비용 감소, 품질 향상, 공기 단축 등 프로젝트 성과 측면에서 유의미한 결과를 도출할 것으로 보고되었다. 실제 플랜트 프로젝트에서도 모듈화 공법의 도입 시도가 이루어졌으며 그 효과가 점차 보고되고 있는 단계이다.
- [0003] 하지만, 모듈화 공법은 제작장 시공과정과 운송 및 설치 과정에서 일부 공기 지연이 발생할 시 현장시공 방식에 비해 프로젝트 성과 측면에서 더 큰 손실을 야기할 수 있다. 일부 모듈화 플랜트 프로젝트에서는 설계 역량 부족, 체계적 관리 미흡 등의 이유로 사업비용 증가, 공기 증가 등 프로젝트 성과 측면에서 부정적인 사례가 발생하기도 하였다.
- [0004] 그런데 현재로서는 모듈화 적용 사례가 많지 않아 그 효과를 정량적으로 예측하는데 어려움이 따르고 있는 실정이다. 이에, 사전에 기존 현장시공방식 대비 모듈화 공법 적용 할 경우 얻을 수 있는 효과에 대한 면밀한 분석이 필수적이다.
- [0005] 이에, 모듈화공법 적용시의 공사비를 산출하여, 당해 프로젝트에 모듈화공법이 적합한지 여부를 사전 체크할 필요성이 제기되고 있다.
- [0006] 하지만, 종래기술인 기존 연구는 모듈화 공법의 적용성 및 최적화에 초점이 맞춰져 있을 뿐이었다. 특히, 모듈화 플랜트 비용 분석은 사례 중심 연구가 중점적으로 수행되어왔기 때문에 데이터를 바탕으로 한 분석이나 정형화된 비용 분석 프레임워크를 구축하는데 미흡한 실정이었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) (문헌 1) 한국 공개특허공보 제10-2014-0144778호(2014.12.22)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법은 다음과 같은 해결과제를 가진다.
- [0009] 첫째, 현장시공방식 플랜트의 초기단계 견적서를 활용하여 모듈화 플랜트의 개략 공사비를 산출할 수 있도록 한다.
- [0010] 둘째, 현장시공방식과 모듈화 방식 중 비용 측면에서 공법 결정을 위한 의사결정을 지원하고자 한다.
- [0011] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명은 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법으로서, 초기 공사비 산출부가 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 S1 단계; 모듈화공법 비용산출부가 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 S2 단계; 비용요인 정량화부가 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 S3 단계; 및 최종 공사비 산출부가 S2 단계의 모듈화공법 비용에 S3 단계의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 S4 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명에 있어서, S1 단계의 상기 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립 랙 공종,



운송 단계의 모듈운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명에 있어서, S1 단계의 상기 공통분류 항목은 프로젝트관리 단계의 프로젝트 관리팀 공종, 설계 단계의 기본설계 공종과 상세설계 공종, 조달 단계의 기자재 공종, 강구조 공종 및 배관 공종, 시공 단계의 현장 기초 공 및 토목공사 공종, 콘크리트공사 공종, 빌딩공사 공종, 보온공사 공종, 방화공사 공종, 강구조공사 공종, 기자재공사 공종, 배관공사 공종, 계장공사 공종, 페인트공사 공종 및 전기공사 공종을 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈 무게( $W_M$ )는 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )와 사전조립 팩의 무게( $W_{PARs}$ )를 합산하는 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.

[0016] [관계식 1] 
$$W_M = W_{PAUs} + W_{PARs}$$

[0017] (여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $W_{PAUs}$  = 모듈 구성 중 기자재, 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위,  $W_{PARs}$  = 모듈 구성 중 배관 및 강구조를 포함한 모듈의 기본 단위)

[0018] 본 발명에 있어서, S2 단계의 사전제작 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.

[0019] [관계식 4]

[0020] 
$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No. \cdot \text{MHr} / \text{Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$

[0021] (여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No. \cdot \text{MHr} / \text{Ton}$  = 미국 기준 각종 설비 제작을 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_L$  = 시설(기관), 해양 작업 및 모듈 제작 시 적용 가능한 국가별 가중치,  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액)

[0022] 본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈운송 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.

[0023] [관계식 5]

[0024] 
$$\text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No. \cdot \$\text{USD} / (\text{Km} \cdot \text{Ton})$$

[0025] (여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $Dis.$  = 현장과 제작장 사이의 해상거리(Km),  $No. \cdot \$\text{USD} / (\text{Km} \cdot \text{Ton})$  = 1톤의 모듈을 1Km 운송하는데 드는 비용)

[0026] 본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈설치 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.

[0027] [관계식 6]

[0028] 
$$\text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No. \cdot \text{MHr} / \text{Ton for Inst.} \times F_P \times AR$$

[0029] (여기서,  $W_M$  = 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(ton),  $No. \cdot \text{MHr} / \text{Ton for Inst.}$  = 미국 기준 모듈 설치를 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton),  $F_P$  = 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치,  $AR$  = 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액)

[0030] 본 발명에 있어서, S2 단계에서 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용은 사전제작에 할당된 물량비율을 제외하고 남은 물량비율에 대하여 직선 보간법으로 산출될 수 있다.

[0031] 본 발명에 있어서, S3 단계의 비용증가 요인은 자재비 증가 요인, 현장 및 제작장의 추가 품질관리 인력 투입

요인, 야드 및 하역장 확보 이용 요인 및 모듈화 공법을 고려한 설계비 증가 요인을 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명에 있어서, S3 단계의 비용감소 요인은 프로젝트 관리 팀 인력 감소 요인, 건설장비 투입 시간 감소 요인, 현장 운영비 요인, 시공 경비 감소 요인, 현장에서의 작업 효율 증대를 통한 간접비 및 시공비 감소 요인 및 총 프로젝트 공기 감소로 인한 비용 절감 요인을 포함할 수 있다.

[0033] 본 발명에 있어서, S3 단계의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포와 베르누이 분포를 활용할 수 있다.

[0034] 본 발명에 있어서, 각 요인의 영향에 대하여 삼각분포를 활용하기 위한 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며, 각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며, 발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화할 수 있다.

[0035] 본 발명은 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템으로서, 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 초기 공사비 산출부; 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 모듈화공법 비용산출부; 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 비용요인 정량화부; 및 상기 모듈화공법 비용산출부에서 산출한 모듈화공법 비용에 상기 비용요인 정량화부에서의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 최종 공사비 산출부를 포함할 수 있다.

[0036] 본 발명에 있어서, 상기 초기 공사비 산출부의 상기 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립 랙 공종, 운송 단계의 모듈운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함할 수 있다.

[0037] 본 발명에 있어서, 비용요인 정량화부의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포와 베르누이 분포를 활용할 수 있다.

[0038] 본 발명에 있어서, 각 요인의 영향에 대하여 삼각분포를 활용하기 위한 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며, 각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며, 발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화할 수 있다.

[0039] 본 발명은 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

[0040] 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장될 수 있다.

### 발명의 효과

[0041] 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0042] 첫째, 대표공종 기반의 물량의 변화를 파악하고, 모듈화 플랜트 특성을 반영하여 제작장에 할당된 비용 추정에 하는 효과가 있다.

[0043] 둘째, 모듈화 공법 적용에 따른 비용 증가 및 감소 요인의 효과 정량화 및 단계별 영향 관계를 제공하는 효과가 있다.

[0044] 셋째, 플랜트 모듈러 프로젝트에서 초기단계 개략공사비를 예측하여 하여 적용할 공법에 대한 의사결정을 지원 하는 효과가 있다.

[0045] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법의 각 단계를 나타낸다.

도 2는 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템의 각 산출부와 정량화부를 나타낸다.

도 3은 본 발명에 따른 몬테카를로 시뮬레이션의 결과를 나타낸다.

도 4는 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템의 구성을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0047] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.
- [0048] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.
- [0049] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0050] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0051] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다. 도 1은 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법의 각 단계를 나타낸다.
- [0052] 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법은 초기 공사비 산출부가 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 S1 단계; 모듈화공법 비용산출부가 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 S2 단계; 비용요인 정량화부가 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 S3 단계; 및 최종 공사비 산출부가 S2 단계의 모듈화공법 비용에 S3 단계의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 S4 단계를 포함한다.
- [0054] 본 발명에 따른 S1 단계는 초기 공사비 산출부가 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출하는 단계이다.
- [0055] 본 발명에 있어서, S1 단계의 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립 랙 공종, 운송 단계의 모듈운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함할 수 있다.
- [0056] 본 발명에 있어서, S1 단계의 공통분류 항목은 프로젝트관리 단계의 프로젝트 관리팀 공종, 설계 단계의 기본설계 공종과 상세설계 공종, 조달 단계의 기자재 공종, 강구조 공종 및 배관 공종, 시공 단계의 현장 기초공 및 토목공사 공종, 콘크리트공사 공종, 빌딩공사 공종, 보온공사 공종, 방화공사 공종, 강구조공사 공종, 기자재공사 공종, 배관공사 공종, 계장공사 공종, 페인트공사 공종 및 전기공사 공종을 포함할 수 있다.
- [0057] 본 명세서에서는 개략 공사비 산정을 위해, <표 1>에 예시된 총 21개로 구성된 모듈화 플랜트 프로젝트 대표공종 분류체계를 사용하였다. 대표공종 분류체계는 기존 현장시공방식 프로젝트의 데이터를 활용하며 초기단계(기본설계 단계)에서 물량과 금액이 산출된 상태이다.
- [0058] 본 발명에서 활용하는 대표공종 분류체계는 모듈러 플랜트 프로젝트의 초기단계에 평가 가능한 항목을 대상으로 선별하였으며 실무에서 대표적으로 쓰는 단위를 이용하였다. 일반적으로 기존 현장시공방식의 플랜트와 달리 사전제작(Fabrication) 단계의 사전조립 유닛 (Pre-assembled units)와 사전조립 랙 (Pre-assembled racks), 운송(Transportation) 단계의 모듈 운송 (Modules transportation) 및 설치 (Installation) 단계의 모듈 설치 (Modules installation) 단계가 모듈화 공법 적용에 따라 추가될 수 있다.

표 1

단계	분류	대표공종	단위	물량	금액
프로젝트 관리 (Management)	공통 (Common)	프로젝트 관리 (Project management)	시간 (Hour)	4,680,064	424,158,000
설계 (Engineering)	공통 (Common)	기본설계 (Basic design)	시간 (Hour)	800,460	113,969,000
		상세설계 (Detailed design)	시간 (Hour)	3,644,600	287,986,000
조달 (procurement)	공통 (Common)	기자재 (Equipment)	톤 (Ton)	23,395	538,085,000
		강구조 (Steel structure)	톤 (Ton)	33,103	69,516,300
		배관 (Piping)	톤 (Ton)	27,552	137,760,000
사전제작 (Fabrication)	모듈화 (Modulari- zation)	사전조립 유닛 (Pre-Assembled Units (PAUs))	톤 (Ton)	-	
		사전조립 랙 (Pre-Assembled Racks (PARs))	톤 (Ton)	-	
시공 (Construction)	공통 (Common)	현장 기초공 및 토목공사 (Site work and civil work)	입방 미터 (Cubic meter)	1,760,631	177,173,100
		콘크리트공사 (Concrete work)	입방 미터 (Cubic meter)	393,353	320,412,138
		빌딩공사 (Building work)	제곱 미터 (Square meter)	267,085	199,111,981
		보온공사 (Insulation work)	제곱 미터 (Square meter)	64,274	26,655,038
		방화공사 (Fireproofing work)	제곱 미터 (Square meter)	46,430	3,784,788
		강구조공사 (Structural Steel work)	톤 (Ton)	33,103	46,423,163
		기자재공사 (Equipment work)	톤 (Ton)	23,395	49,885,225
		배관공사 (Piping work)	톤 (Ton)	27,552	307,038,225
		계장공사 (Control system work)	개 (Each)	10,501	14,870,863
		페인트공사 (Paint work)	미터 (Linear meter)	586,416	35,846,850
		전기공사 (Electrical work)	미터 (Linear meter)	6,430,444	133,367,650
운송 (Transportation)	모듈화 (Modulari- zation)	모듈 운송 (Modules transportation)	킬로미터 · 톤 (Kilometer · Ton)	-	
설치 (Installation)		모듈 설치 (Modules installation)	톤 (Ton)	-	

[0059]

[0061]

본 발명에 따른 S2 단계는 모듈화공법 비용산출부가 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출하는 단계이다.

[0062]

본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈 무게( $W_M$ )는 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )와 사전조립 랙의 무게( $W_{PARs}$ )를 합산하는 다음의 관계식 1로 산출될 수 있다.

[0063]

[관계식 1]

[0064]

$$W_M = W_{PAUs} + W_{PARs}$$

[0065] 여기서,  $W_M$  는 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(Module Weight manufactured in fabrication shops)(ton)이다.  $W_{PAUs}$  는 모듈 구성 중 기자재(Equipment), 배관(Piping), 강구조(Structural steel)을 포함한 모듈의 기본 단위이다.  $W_{PARs}$  는 모듈 구성 중 배관(Piping), 강구조(Structural steel)을 포함한 모듈의 기본 단위이다.

[0067] 본 발명에 있어서, 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )는 다음의 관계식 2로 산출될 수 있다.

[0068] [관계식 2]

$$W_{PAUs} = W_{ET} + W_{SSU}(= 5/2 W_{ET}) + W_{PU}(= 3/2 W_{ET})$$

[0070] 여기서,  $W_{ET}$  는 사전제작에 들어갈 기자재의 총 무게 (Total Weight of Equipment manufactured in fabrication)이다.  $W_{SSU}$  는 PAUs에 할당된 강구조의 무게(Weight of Structural steel in PAUs)이다.  $W_{PU}$  는 PAUs에 할당된 배관의 무게(Weight of Piping in PAUs)이다.

[0072] 본 발명에 있어서, 사전조립 렉의 무게( $W_{PARs}$ )는 다음의 관계식 3으로 산출될 수 있다.

[0073] [관계식 3]

$$W_{PARs} = W_{SSR}(= W_{SST} - W_{SSU}) + W_{PR}(= W_{PT} - W_{PU})$$

[0075] 여기서,  $W_{SST}$  는 사전제작에 들어갈 강구조의 총 무게(Total Weight of Structural steel manufactured in fabrication)이다.  $W_{SSR}$  는 PARs에 할당된 강구조의 무게 (Weight of Structural steel in PARs)이다.  $W_{PT}$  는 사전제작에 들어갈 배관의 총 무게(Total Weight of Piping manufactured in fabrication)이다.  $W_{PR}$  는 PARs에 할당된 배관의 무게(Weight of Piping in PARs)이다.

[0077] 모듈의 무게가 결정되면, 사전제작 비용은 범용 공사비 데이터를 활용할 수 있다. 예를 들어, 전 세계적으로 널리 사용되는 공사비데이터(Global Construction Cost Yearbook / Pipelines, Mining & Offshore Cost Data Yearbook)를 활용하여, 사전제작 비용, 모듈운송비용 및 모듈설치비용을 산출할 수 있다.

[0078] 후술할  $No_{MH/Ton}$ ,  $No_{\$USD/(Km \cdot Ton)}$ ,  $No_{MH/Ton \text{ for } Inst.}$ ,  $F_L$ ,  $F_P$  및  $AR$ 은 이러한 범용 공사비 데이터에서 확인 가능하다.

[0080] 본 발명에 있어서, S2 단계의 사전제작 비용은 다음의 관계식 4로 산출될 수 있다.

[0081] [관계식 4]

$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No_{MH/Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$

[0083] 여기서,  $W_M$  는 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(Module Weight manufactured in fabrication shops)(ton)



이다.  $No \cdot M\text{Hr}/\text{Ton}$  는 미국 기준 각종 설비 제작을 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton the U.S for stick-built work) (Hr/ton)이다.  $F_L$  는 시설(기관), 해양 작업 및 모듈 제작 시 적용 가능한 국가별 가중치(Country applicable factor to process facility, offshore work and modules)이다.  $F_P$  는 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치(Productivity factors compared against a U.S. basis)이다.  $AR$  는 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액(Country applicable factor to process facility, offshore work and modules)이다.

[0084] 본 발명에 있어서, AR (All in Rate)은 기본임금, 보험료, 부담금, 휴가, 공휴일, 훈련비용 등 모든 해당 간접비 및 이윤을 포함한 금액(include base wage, insurance, fringes, burdens, vacations, holidays, small tools and training levies, plus all applicable overhead and profit)을 의미한다.

[0086] 본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈운송 비용은 다음의 관계식 5로 산출될 수 있다.

[0087] [관계식 5]

[0088] 
$$\text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No \cdot \$\text{USD}/(\text{Km} \cdot \text{Ton})$$

[0089] 여기서,  $W_M$  는 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(Module Weight manufactured in fabrication shops) (ton)이다.  $Dis.$  는 현장과 제작장 사이의 해상거리(Km)이다.  $No \cdot \$\text{USD}/(\text{Km} \cdot \text{Ton}) = 1\text{톤의 모듈을 1Km 운송하는데 드는 비용} (\$USD \text{ per Km} \cdot \text{Ton for module transportation}) (\text{Hr/ton})$ 이다.

[0091] 본 발명에 있어서, S2 단계의 모듈설치 비용은 다음의 관계식 6으로 산출될 수 있다.

[0092] [관계식 6]

[0093] 
$$\text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No \cdot M\text{Hr}/\text{Ton for Inst.} \times F_P \times AR$$

[0094] 여기서,  $W_M$  는 제작장에서 제작되는 모듈의 무게(Module Weight manufactured in fabrication shops) (ton)이다.  $No \cdot M\text{Hr}/\text{Ton for Inst.}$  는 미국 기준 모듈 설치를 위한 1톤 당 인력 투입 시간(Hr/ton the U.S for installation work) (Hr/ton)이다.  $F_P$  는 미국 기반의 각 국가 별 상대적 생산성 가중치(Productivity factors compared against a U.S. basis)이다.  $AR$  는 건설현장의 숙련자 및 비숙련자의 시간당 금액(All in hourly selling rate for skilled and unskilled constriction worker) (\$USD/Hr)이다.

[0095] 본 발명에 있어서, AR (All in Rate)은 기본임금, 보험료, 부담금, 휴가, 공휴일, 훈련비용 등 모든 해당 간접비 및 이윤을 포함한 금액(include base wage, insurance, fringes, burdens, vacations, holidays, small tools and training levies, plus all applicable overhead and profit)을 의미한다.

[0097] 표 1의 각 단계 및 대표공종에, 소정의 모듈화비율을 설정하고, 전술한 관계식들의 결과값을 적용한 것을 표 2로 나타내었다. 표 2는 모듈화 공법 적용에 따른 대표공종 사전제작 비율 및 모듈의 물량의 예시에 해당된다.

[0098] 본 발명에 있어서, S2 단계에서 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용은 사전제작에 할당된 물량비율을 제외하고 남은 물량비율에 대하여 직선 보간법으로 산출될 수 있다. 즉, 사전제작에 할당된 비율을 제외하고 남은 비율에 대해서는 직선 보간법을 통해서 추정되었다. 직선보간법은 두 점을 직선으로 연장한 구간 안에서 특정한 좌표에서의 값을 찾는 방법을 의미한다.

표 2

단계	대표공종		모듈화 비율	모듈화 물량	현장시공 물량	\$USD
사전제작 (Fabrication)	사전조립 유닛 Pre-Assembled Units (PAUs)		-	23,395	-	37,057,680
	사전조립 랙 Pre-Assembled Racks (PARs)			26,775	-	65,117,408
시공 (Construction)	현장 기초공 및 토목공사 (Site work and civil work)		-	-	1,760,631	177,173,100
	콘크리트공사 (Concrete work)		-		393,353	320,412,138
	빌딩공사 (Building work)		-		199,111,981	199,111,981
	보온공사 (Insulation work)		70	44,992	26,655,038	7,996,511
	방화공사 (Fireproofing work)		30	13,929	3,784,788	2,649,352
	강구조공사 (Structural Steel work)		75	24,827	46,423,163	11,605,791
	기자재공사 (Equipment work)		20	4,679	49,885,225	39,908,180
	배관공사 (Piping work)		75	20,664	307,038,225	76,759,556
	계장공사 (Control system work)		20	2,100	14,870,863	11,896,690
	페인트공사 (Paint work)		50	293,208	35,846,850	17,923,425
	전기공사 (Electrical work)		10	643,044	133,367,650	120,030,885
운송 (Transportation)	모듈 운송 (Modules Transportation)	PAUs		23,395	-	34,155,530
		PARs		26,775	-	4,349,639
설치 (Installation)	모듈 설치 (Modules Installation)		-	50.170	-	8,048,562

[0099]

[0102] 본 발명에 따른 S3 단계는 비용요인 정량화부가 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화하는 단계이다.

[0103] S3 단계의 비용증가 요인은 자재비 증가 요인, 현장 및 제작장의 추가 품질관리 인력 투입 요인, 야드 및 하역장 확보 이용 요인 및 모듈화 공법을 고려한 설계비 증가 요인을 포함할 수 있다.

[0104] S3 단계의 비용감소 요인은 프로젝트 관리 팀 인력 감소 요인, 건설장비 투입 시간 감소 요인, 현장 운영비 요인, 시공 경비 감소 요인, 현장에서의 작업 효율 증대를 통한 간접비 및 시공비 감소 요인 및 총 프로젝트 공기

감소로 인한 비용 절감 요인을 포함할 수 있다.

[0105] 이러한 비용증가 요인과 비용감소 요인을 정리한 예시는 표 3으로 나타난다.

표 3

분류	비용 요인
비용 증가	1. 자재비 증가 (운송과정에서 하중을 충분히 견디기 위해 보강재(Stiffeners) 설치 )
	2. 현장 및 제작장의 추가 품질관리 인력 투입 (운영 상 비효율로 인한 비용 증가 및 하역장 투입 인력 증가)
	3. 야드(Yard) 및 하역장(Laydown Space) 확보 비용
	4. 모듈화 공법을 고려한 설계비 증가 (모듈의 운송과 설치 과정을 반영한 추가 설계로 인한 시간 증가)
비용 감소	1. 프로젝트 관리 팀(Project Management Team) 인력 감소
	2. 건설장비 투입 시간 감소
	3. 현장 운영비 (현장 운영비(Stie operation Cost) 감소)
	4. 시공 경비 감소 (보험료, HSE 비용 등)
	5. 현장에서의 작업 효율 증대를 통한 간접비 및 시공비 감소
	6. 총 프로젝트 공기 감소로 인한 비용 절감 (패스트트랙(Fast-track) 적용)

[0106]

[0108] 본 발명에 따른 S3 단계의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포를 활용하는 것이 바람직하다. 나아가 각 요인의 영향에 대하여 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며, 각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며, 발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화하는 것이 바람직하다.

[0109] 표 3에서 사용할 요인을 선택하여, 과거 프로젝트에 미친 영향을 조사하여 도 2와 같이 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte-Carlo Simulation)의 삼각 분포(Triangular Distribution)을 활용하여 정량화를 실시한다. 몬테카를로 시뮬레이션(Monte-Carlo Simulation)을 활용하여 이전 사례의 비용 요인에 의한 영향의 편향성을 줄였다.

[0110] 또한 모듈러 플랜트 특성 상 사례가 많지 않아 본 발명에서는 삼각 분포(Triangular distribution)를 적용한다. 즉, 각 요인의 영향에 대해 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode), 최솟값(Lower limit)를 결정한다. 또한, 발생확률에 대해서는 베르누이(Bernoulli distribution) 분포를 활용한다. 즉, 각 발생확률은 0,1의 값을 가지며 발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화를 하였다.

[0111] 이를 각 요인별 발생확률 및 정량화하여 다음 표 4의 예시와 같이 나타낼 수 있다.



표 4

분류	Cost factors	영향 단계 및 대표공종	확률 (%)	Triangular distribution		
				최솟값 (%)	최빈값 (%)	최댓값 (%)
증가 요인	1. 자재비 증가 (운송과정에서 하중을 충분히 견디기 위해 보강재(Stiffeners) 설치 )	강구조 (Steel structure)	50	1	10	16
		사전제작 (Fabrication)	75	3	10	13
	2. 현장 및 제작장의 추가 품질관리 인력 투입 (운영 상 비효율로 인한 비용 증가 및 하역장 투입 인력 증가)	프로젝트 관리 (Management)	50	1	2	3
		사전제작 (Fabrication)	50	1	4	6
		시공 (Construction)	50	1	3	6
	3. 야드(Yard) 및 하역장(Laydown Space) 확보 이용	프로젝트 관리 (Management)	50	4	5	6
		시공 (Construction)	50	1	4	6
	4. 모듈화 공법을 고려한 설계비 증가 (모듈의 운송과 설치 과정을 반영한 추가 설계로 인한 시간 증가)	기본 설계 (Basic design)	100	1	5	6
		상세 설계 (Detail design)	100	1	10	16
감소 요인	1. 프로젝트 관리 팀(Project Management Team) 인력 감소	프로젝트 관리 (Management)	25	-9	-8	-7
		사전제작 (Fabrication)	25	-9	-8	-7
		시공 (Construction)	25	-13	-12	-11
	2. 건설장비 투입 시간 감소	사전제작 (Fabrication)	25	-13	-11	-10
		시공 (Construction)	25	-13	-12	-11
	3. 현장 운영비 (현장 운영비 감소)	프로젝트 관리 (Management)	75	-13	-10	-7
	4. 시공 경비 감소 (보험료, HSE 비용 등)	시공 (Construction)	75	-13	-11	-7
	5. 현장에서 작업 효율 증대를 통한 간접비 및 시공비 감소	시공 (Construction)	25	-13	-12	-11
	6. 총 프로젝트 공기 감소로 인한 비용 절감 (패스트트랙 적용)	시공 (Construction)	50	-16	-10	-1

[0112]

[0114] 본 발명에 따른 S4 단계는 최종 공사비 산출부가 S2 단계의 모듈화공법 비용에 S3 단계의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출하는 단계이다.

[0115] S4 단계는 앞서 계산한 값을 바탕으로 최종적으로 프로젝트 개략 공사비를 추정하는 단계이다. 프로젝트 개략 공사비를 추정하는 단계는 아래와 같다.

[0116] S1 단계를 통해 본 발명에서 구분한 대표공종들에 대해, 현장시공공법의 데이터를 활용하여, 현장시공방식에서 발생하는 대표공종별 비용이 산출된다.

[0117] S2 단계를 통해 모듈화 공법을 적용하였을 때 발생하는 비용(사전제작 비용, 모듈운송비용, 모듈설치비용)이 산출된다. 이때 각 대표공종별로 적용되는 모듈화율에 의해 현장시공방식과 모듈화공법으로 적용했을 때 발생하는 비용을 각각 산출할 수 있다.

[0118] S3는 도 3과 같이 각 비용요인의 발생확률과 영향 강도를 정량화 하는 단계이다. S3 단계를 통해 각 공종 단계별 비용과 각 비용요인의 영향 단계와 영향 강도가 입력이 되고, 발생확률은 베르누이 분포, 영향강도는 삼각분포로 추정된다. 도 3는 각 비용요인의 정량화에 대한 분포를 나타낸다. 발생확률은 오른쪽 그래프에

도시되었고, 영향강도는 왼쪽 그래프에 도시되었다.

[0120] S4 단계에서는 각 프로젝트 단계 및 대표공종의 요인의 발생확률과 영향강도를 곱하여 최종 공사비를 산정한다 (표 5 참조). 결과는 도 3의 확률 분포로 도출되며 의사결정자는 모듈화 공법 도입 목적에 따라 원하는 확률을 선택할 수 있을 것이다. 예시는 누적분포 80%에 해당되는 값이다.

표 5

단계	대표공종	현장시공방식 [USD\$]	모듈화 비용 [USD\$]	비 고
프로젝트 관리 (Management)	프로젝트 관리 (Project management team)	424,158,000	421,443,389	
설계 (Engineering)	기본설계 (Basic design)	113,969,000	119,183,082	
	상세설계 (Detailed design)	287,986,000	321,968,348	
조달 (procurement)	기자재 (Equipment)	538,085,000	538,085,000	
	강구조 (Steel structure)	69,516,300	76,467,930	
	배관 (Piping)	137,760,000	137,760,000	
사전제작 (Fabrication)	사전조립 유닛 (Pre-Assembled Units (PAUs))		40,819,035	모듈화 공법 특성
	사전조립 랙 (Pre-Assembled Racks (PARs))		71,726,825	
시공 (Construction)	현장 기초공 및 토목공사 (Site work and civil )	177,173,100	177,173,100	
	콘크리트공사 (Concrete)	320,412,138	320,412,138	
	빌딩공사 (Building)	199,111,981	199,111,981	
	보온공사 (Insulation)	26,655,038	7,404,770	
	방화공사 (Fireproofing)	3,784,788	2,453,300	
	강구조공사 (Structural Steel)	46,423,163	10,746,962	
	기자재공사 (Equipment)	49,885,225	36,954,975	
	배관공사 (Piping)	307,038,225	71,079,349	
	제장공사 (Control system)	14,870,863	11,016,335	
	페인트공사 (Paint)	35,846,850	16,597,092	
	전기공사 (Electrical)	133,367,650	111,148,600	
운송 (Transportation)	모듈 운송 (Modules transportation)		38,505,170	모듈화 공법 특성
설치 (Installation)	모듈 설치 (Modules installation)		5,418,360	
합 계		2,886,043,321	2,735,475,741	모듈화 공법 적용시 공사비 5% 감소

[0122] 이하에서는, 전문한 관계식과 표를 이용한 실시예를 설명하고자 한다.

[0125] 건설 현장은 쿠웨이트를 선정하였고, 사전조립유닛을 위한 제작장은 필리핀, 사전조립 랙을 위한 제작장은 UAE (아랍에미레이트)를 선정하여 진행하였습니다. 따라서 아래 식에 있는 “국가 가중치” “생산성 가중치 ” “ All in Rate” 는 각 국가 (필리핀, UAE)에 해당되는 값입니다.

[0126] 해상거리는 제작장에서 현장까지를 의미한다. 후술할 사전제작유닛(PAUs)의 9,733Km은 필리핀에서 쿠웨이트까지의 해상거리이며 사전제작택(PARs)의 1,083Km은 UAE에서 쿠웨이트까지의 해상거리이다.

[0128] S1 단계의 경우, 프로젝트 대표공종 및 단위가 선정되었고, 예로 강구조공사의 물량은 33,103톤, 비용은 46,423,163 USD 이다.

[0130] S2 단계에서는 다음과 같이 공사비 데이터를 활용한 사전제작 비용 추정할 수 있다(표 2 참조).

[0131] 모듈의 무게는 S2 단계에서 제시한 관계식 2를 활용하여 추정한다. 모듈의 무게는 총 50,170 Ton 이다.

[0132] [관계식 2]

$$W_{PAUs} = W_{ET} + W_{SSU}(= 5/2 W_{ET}) + W_{PU}(= 3/2 W_{ET})$$

$$W_{PAUs} = 23,395 = [20,664(\text{기자재공사 물량}) + 5/2 * 20,664 (\text{강구조공사 물량 즉, 기자재공사 물량의 } 5/2 \text{ 배}) + 3/2 * 20,664 (\text{배관공사 물량 기자재공사 물량의 } 3/2)]$$

[0135]

[0136] [관계식 3]

$$W_{PARs} = W_{SSR}(= W_{SST} - W_{SSU}) + W_{PR}(= W_{PT} - W_{PU})$$

$$W_{PARs} = 26,775 = [13,130(\text{PAUs에 할당하고 남은 강구조 공사 물량}) + 13,646 (\text{PAUs에 할당하고 남은 배관 공사 물량})]$$

[0140] 이때, 모듈의 무게 추정은 강구조공사, 기자재공사, 배관공사 만을 활용하며 나머지는 무시할 수 있는 무게이므로 계산에서 무시한다.

[0142] 사전제작 비용은 모듈의 무게가 결정되면, S2 단계에서 제시한 관계식 4를 활용하여 추정하며, 사전제작 비용은 102,175,088USD 이 산출된다.

[0143] [관계식 4]

$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No_{MH/Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$

$$\text{사전조립유닛의 사전제작비용} = 37,057,680 = [23,395(\text{PAUs무게}) * 80(\text{미국 기준 모듈 제작을 위한 1톤당 인력 투입시간}) * 0.9(\text{국가 가중치}) * 2.2(\text{생산성 가중치}) * 10(\text{All in Rate})]$$

$$\text{사전조립택의 사전제작비용} = 65,117,408 = [26,775(\text{PARs 무게}) * 80(\text{미국 기준 모듈 제작을 위한 1톤당 인력 투입시간}) * 0.95(\text{국가 가중치}) * 1.6(\text{생산성 가중치}) * 20(\text{All in Rate})]$$

[0148] 강구조공사의 모듈화율 75%를 적용하였을 때, 사전제작으로 처리되는 물량은 24,827톤이다.

[0150] 사전제작 물량으로 처리되는 강구조의 비용의 경우, 제작장이 위치한 국가별 정보에 따라 별도의 사전제작 비용으로 산출된다. 이때, 현장시공방식으로 시공되는 강구조공사는 S1 단계에서 산출된 물량의 25%에 해당되는 8,276톤이며, 비용은 직선보간법에 따라 S1 단계에서 산출한 비용의 25%에 해당되는 11,605,791USD이다 [11,605,791 \* 0.25 = 11,605,791]. 나머지 공사에 관해서도 똑같이 적용될 수 있다.

[0151] 모듈운송비용과 모듈설치비용은 모듈의 무게(Ton)가 결정되면 공사비 데이터를 활용하여 산출하게 된다.

[0152] 모듈운송비용은 38,505,170USD 이며 모듈설치비용은 5,418,360USD 이다.

[0154] [관계식 5]

$$[0155] \text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No. \cdot \$USD / (Km \cdot Ton)$$

[0156] 모듈운송비용 = 38,505,170

[0157] [모듈설치비용= 23,395(PAUs무게) \* 9,733(제작장과 현장 해상거리)\* 0.15(1톤의 모듈을 1Km 운반하는데 드는 비용) + 26,775(PARs무게) \* 1,083(제작장과 현장 해상거리)\* 0.15(1톤의 모듈을 1Km 운반하는데 드는 비용)]

[0159] [관계식 6]

$$[0160] \text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No. \cdot Mhr / Ton \text{ for Inst.} \times F_P \times AR$$

[0161] 모듈설치비용 = 5,418,360= [50,170(총 모듈 무게)\* 6(미국기준 모듈 설치를 위한 1톤 당 인력 투입 시간) \* 1.8(쿠웨이트 생산성) \* 10(All in rate)]

[0163] S3 단계에서는 비용 증가 및 감소 요인 선정 및 평가를 수행한다. S3 단계에서 밝힌 비용 감소 요인과 비용 증가 요인들이 발생하는 확률과 영향정도를 적용하는 단계이다.

[0164] 예를 들어, 사전제작의 경우 비용 증가요인이 2개(비용 증가 요인 1번, 2번)와 비용 감소요인이 2개가 존재한다 (비용 감소요인 1번, 2번).

[0165] 비용증가요인 1번의 발생확률은 75%이며, 영향강도는 3%(최솟값), 10%(최빈값), 13%(최댓값)이다. 비용증가요인 2번의 발생확률은 50%이며, 영향강도는 1%(최솟값), 4%(최빈값), 6%(최댓값)이다.

[0166] 비용감소요인 1번의 발생확률은 25%이며 영향강도는, -9%(최솟값), -8%(최빈값), -7%(최댓값)이다. 비용감소요인 2번의 발생확률은 25%이며, 영향강도는 -13%(최솟값), -11%(최빈값), -10%(최댓값)이다.

[0167] 발생확률과 영향강도를 곱함으로써 정량화가 가능하다. 이때, 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며 발생강도에 대해서는 삼각분포를 활용한다.

[0169] S4 단계에서 프로젝트 개략 공사비 추정을 한다(표 5 참조).

[0170] S2 단계에서 도출한 금액과 S3 단계에서 도출한 요인 정량화를 각각 곱하여 총 공사비를 산출한다.

[0171] 예를 들어, 사전제작 항목의 경우 PAUs의 공사비는 40,819,035USD이다.

[0172] [37,057,680 \* 1+ 비용 증가요인 1번 정량화(75% \* (3%, 10%, 13%)) + 비용 증가요인 2번 정량화(50% \* (1%, 4%, 6%)) + 비용 감소요인 1번 정량화(25% \* (-9%, -8%, -7%)) + 비용 감소요인 2번 정량화(50% \* (1%, 4%, 6%))=40,819,035 (확률 분포의 80%에 해당하는 값)]

[0174] PARs의 공사비는 71,726,825USD이다.

[0175] [65,117,408 \* 1+ 비용 증가요인 1번 정량화(75% \* (3%, 10%, 13%)) + 비용 증가요인 2번 정량화(50% \* (1%, 4%, 6%)) + 비용 감소요인 1번 정량화(25% \* (-9%, -8%, -7%)) + 비용 감소요인 2번 정량화(50% \* (1%, 4%, 6%))=71,726,825 (확률 분포의 80%에 해당하는 값)]

- [0177] 나머지 항목에 대해서도 똑같이 적용하며 모든 항목을 더하면 총 공사비가 산출된다.
- [0179] 한편, 본 발명은 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템으로 구현될 수 있다. 본 발명은 공사비 산정방법과 발명의 취지를 같이 하므로, 관계식의 설명 등 공통되는 구성은 설명을 되도록 생략하고, 주요한 구성을 위주로 설명하고자 한다.
- [0181] 본 발명은 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정시스템으로서, 초기 공사비 산출부(100), 모듈화공법 비용산출부(200), 비용요인 정량화부(300) 및 최종 공사비 산출부(400)를 포함한다.
- [0182] 본 발명에 따른 초기 공사비 산출부(100)는 기 선정된 대표공종 및 단위 테이블을 이용하여, 모듈화분류 항목을 제외한 공통분류 항목에 대하여, 현장시공공법의 데이터를 활용하여 물량과 금액을 산출할 수 있다.
- [0183] 본 발명에 따른 모듈화공법 비용산출부(200)는 공사비 데이터를 활용하여 모듈 무게에 따른 사전제작 비용, 모듈운송 비용 및 모듈설치 비용을 포함하는 제작장에서의 모듈화공법 비용 및 모듈화율에 따라 수정된 현장시공공법 비용을 산출할 수 있다.
- [0184] 본 발명에 따른 비용요인 정량화부(300)는 각 대표공종별로 공사 특성에 따라 발생하는 비용증가 요인 및 비용감소 요인을 선택하고, 정량화할 수 있다.
- [0185] 본 발명에 따른 최종 공사비 산출부(400)는 상기 모듈화공법 비용산출부(200)에서 산출한 모듈화공법 비용에 상기 비용요인 정량화부(300)에서의 각 요인을 곱하여 최종 공사비를 확률분포로 산출할 수 있다.
- [0186] 본 발명에 따른 초기 공사비 산출부(100)의 모듈화분류 항목은 사전제작 단계의 사전조립유닛 공종과 사전조립택 공종, 운송 단계의 모듈운송 공종 및 설치 단계의 모듈 설치 공종을 포함할 수 있다.
- [0187] 본 발명에 따른 모듈화공법 비용산출부(200)에서 모듈 무게( $W_M$ )는 사전조립 유닛의 무게( $W_{PAUs}$ )와 사전조립 택의 무게( $W_{PARs}$ )를 합산하는 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.
- [0188] [관계식 1]
- [0189] 
$$W_M = W_{PAUs} + W_{PARs}$$
- [0191] 본 발명에 따른 모듈화공법 비용산출부(200)에서 사전제작 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.
- [0192] [관계식 4]
- [0193] 
$$\text{사전제작비용 (Fabrication cost)} = W_M \times No_{MH/Ton} \times F_L \times F_P \times AR$$
- [0195] 본 발명에 따른 모듈화공법 비용산출부(200)에서 모듈운송 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.
- [0196] [관계식 5]
- [0197] 
$$\text{모듈 운송비용 (Transportation cost)} = W_M \times Dis. \times No_{\$USD/(Km \cdot Ton)}$$
- [0199] 본 발명에 따른 모듈화공법 비용산출부(200)에서 모듈설치 비용은 다음의 관계식으로 산출될 수 있다.
- [0200] [관계식 6]
- [0201] 
$$\text{모듈 설치비용 (Installation cost)} = W_M \times No_{MH/Ton \text{ for Inst.}} \times F_P \times AR$$



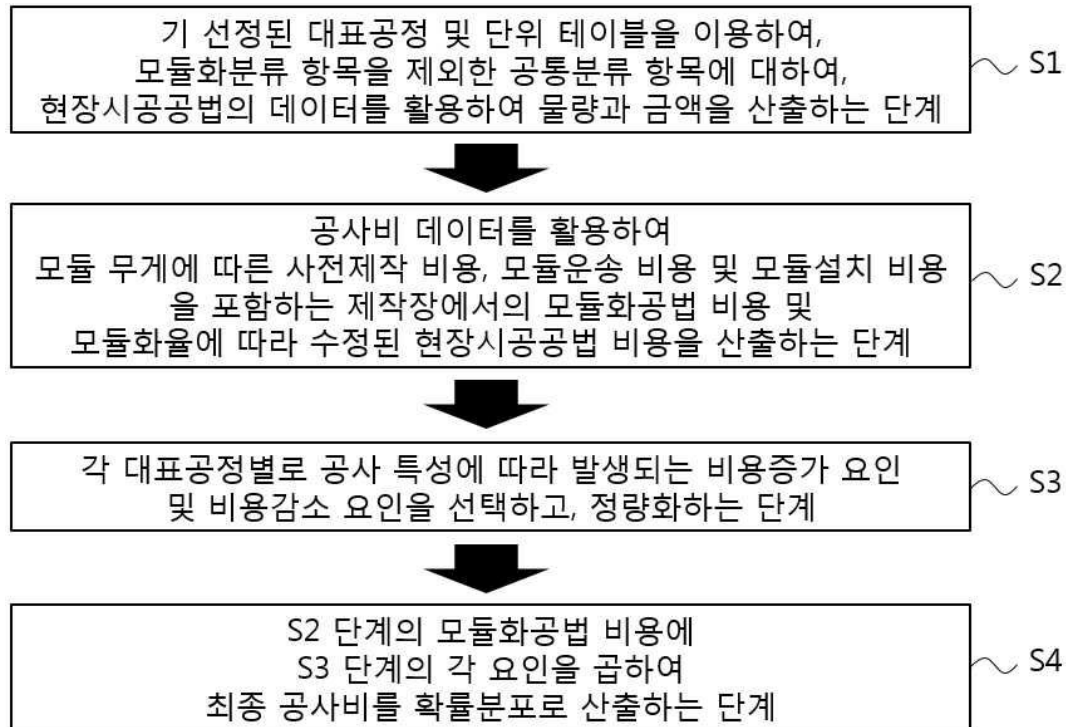
- [0203] 본 발명에 따른 비용요인 정량화부(300)의 정량화는 몬테카를로 시뮬레이션의 삼각 분포와 베르누이 분포를 활용할 수 있다.
- [0204] 본 발명에 있어서, 각 요인의 영향에 대하여 삼각분포를 활용하기 위한 최댓값(Upper limit), 최빈값 (Mode) 및 최솟값(Lower limit)를 결정하며, 각 요인의 발생확률은 베르누이 분포를 활용하며, 발생확률과 영향강도를 곱하여 정량화할 수 있다.
- [0206] 한편, 본 발명은 컴퓨터프로그램으로 구현될 수도 있다.
- [0207] 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 대표공종 기반의 모듈화 공법에 따른 개략 공사비 산정방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램인 것이 바람직하다.
- [0208] 여기서, 본 발명에 따른 장치는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽힐 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 광학 디스크, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크, 비휘발성 메모리 등을 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [0210] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

### 부호의 설명

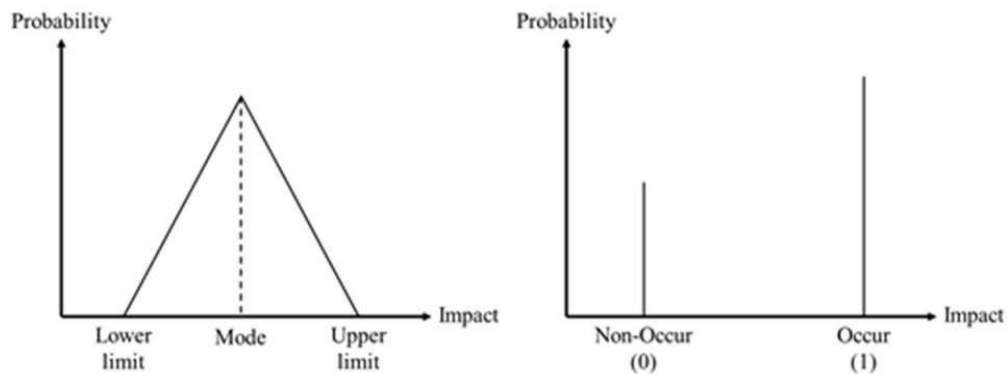
- [0211] 100 : 초기 공사비 산출부  
200 : 모듈화공법 비용산출부  
300 : 비용요인 정량화부  
400 : 최종 공사비 산출부

## 도면

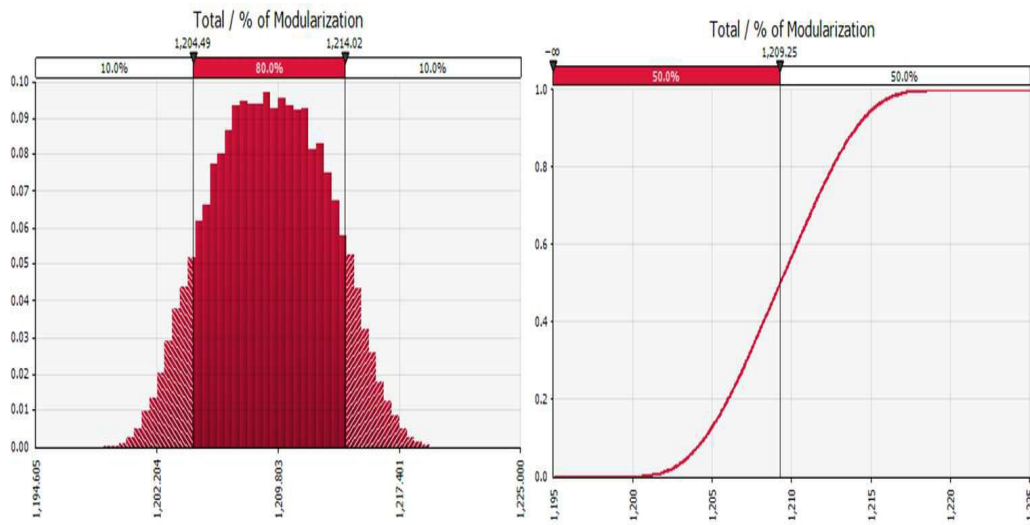
### 도면1



### 도면2



도면3



도면4

