



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0107379
(43) 공개일자 2009년10월13일

(51) Int. Cl.

E04B 1/35 (2006.01) *E02D 29/045* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0032864

(22) 출원일자 2008년04월08일

심사청구일자 2008년04월08일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

임홍철

서울 강남구 압구정동 369-1 현대아파트 24-501

이강

서울 서초구 반포2동 신반포 한신1차 5-402

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인우인

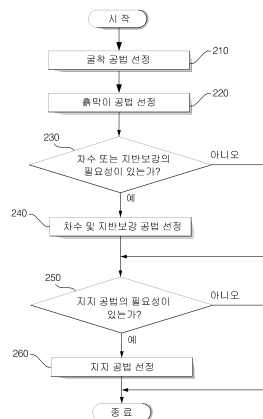
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법 및 시스템

(57) 요약

건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법 및 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템이 개시된다. 본 발명에 따른 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법은, 터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는 단계, 상기 입력된 정보에 기초하여 굴착 공법을 선정하는 단계, 상기 입력된 정보에 기초하여 흙막이 공법을 선정하는 단계, 상기 선정된 흙막이 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계, 상기 선정된 굴착 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 지지 공법을 선정하는 단계 및 상기 선정된 결과들을 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이러한 본 발명에 의하면 다양한 현장 제한 여건들을 고려하여 신속하고 객관적으로 건축물 지하공사의 터파기 공법을 선정할 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

최명석

대구 달서구 월성동 월성자이 101동 1103호

박상현

서울 강서구 화곡8동 397-19 서원타운 101호

김선우

서울 동작구 신대방1동 우성아파트 15동 105호

특허청구의 범위

청구항 1

건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법에 있어서,

터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는 단계;

상기 입력된 정보에 기초하여 굴착 공법을 선정하는 단계;

상기 입력된 정보에 기초하여 흙막이 공법을 선정하는 단계;

상기 선정된 흙막이 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 차수 및 지반 보강 공법을 선정하는 단계;

상기 선정된 굴착 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 지지 공법을 선정하는 단계; 및

상기 선정된 결과들을 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 굴착 공법을 선정하는 단계, 상기 흙막이 공법을 선정하는 단계, 상기 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계, 및 상기 지지 공법을 선정하는 단계는, 상기 입력된 정보에 기초하여 의사결정나무 알고리즘을 이용해서 각 공법을 선정하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 의사결정나무를 이루는 의사결정사항들은 기존의 공법 선정 과정을 분석하거나, 기존 지하공사의 사례들을 통계적으로 분석함으로써 얻어지는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 굴착 공법을 선정하는 단계에서 선정되는 결과는, 사면개착공법, 부분사면개착공법, Up-Up 공법, Bottom-Up 공법, 또는 Top-Down 공법 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 흙막이 공법을 선정하는 단계에서 선정되는 결과는, SCW(soil cement wall) 공법, 시트파일(sheet pile wall) 공법, CIP(cast in place concrete pile) 공법, H-pile 토류판 공법, 또는 지하연속벽(slurry wall) 공법 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 6

상기 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계는, 상기 흙막이 공법을 선정하는 단계에서 SCW 공법, 시트파일 공법, H-pile 토류판 공법이 선정되는 경우 차수 또는 지반보강의 필요성이 있는지 여부에 따라서 선택적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계에서 선정되는 결과는, SIG(super injection grouting) 공법, LW(labiles waterglass) 공법, SGR(space grouting rocket) 공법, JSP(jumbo special pattern) 공법 중 어느

하나인 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 지지 공법을 선정하는 단계는 상기 굴착 공법을 선정하는 단계에서 Bottom-Up 공법이 선정된 경우에 수행되는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 지지 공법을 선정하는 단계에서 선정되는 결과는, 그라운드 앵커 공법, IPS(innovative prestressed support) 공법, 또는 Strut/Raker 공법 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 입력되는 각종 정보는, 굴착 깊이, 굴착 면적, 굴착면의 길이, 굴착 심도 내 지하수 범위, 굴착 심도 내에서 투수계수가 작은 암층을 제외한 지하수 범위, 굴착 심도 내 암층 두께, 인접 시설물과의 거리 등 인접 시설물의 영향도에 관한 정보, 굴착 토양의 강성 및 종류, 차수 또는 지반보강이 필요한지 여부, 시공하고자 하는 건축물의 층수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

청구항 12

건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템에 있어서,

터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는 사용자 입력부;

상기 입력된 정보에 기초하여 의사결정나무 알고리즘을 이용해서 굴착 공법, 흙막이 공법, 차수 및 지반보강 공법, 지지 공법 중 적어도 하나 이상을 선정하는 공법 선정부; 및

상기 공법 선정부에서 선정된 결과들을 출력하는 출력 인터페이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 공법 선정부는, 상기 굴착 공법 및 상기 흙막이 공법을 선정하고, 상기 선정된 흙막이 공법에 따라서 선택적으로 상기 차수 및 지반보강 공법을 선정하며, 상기 선정된 굴착 공법에 따라서 선택적으로 상기 지지 공법을 선정하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 의사결정나무를 이루는 의사결정사항들은 기존의 공법 선정 과정을 분석하거나, 기존 지하공사의 사례들을 통계적으로 분석함으로써 얻어지는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 시스템.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 입력되는 각종 정보는, 굴착 깊이, 굴착 면적, 굴착면의 길이, 굴착 심도 내 지하수 범위, 굴착 심도 내에서 투수계수가 작은 암층을 제외한 지하수 범위, 굴착 심도 내 암층 두께, 인접 시설물과의 거리 등 인접 시설

물의 영향도에 관한 정보, 굴착 토양의 강성 및 종류, 차수 또는 지반보강이 필요한지 여부, 시공하고자 하는 건축물의 층수에 관한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 터파기 공법 선정 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 건축물 지하공사 공법 선정에 관한 것으로, 보다 상세하게는 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법 및 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템, 그리고 상기 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 건축물의 지하공사 규모가 커짐에 따라, 공법도 다양화, 전문화 되어 가는 추세이며, 현장 조건에 적합한 지하 공법을 선정하지 못할 경우 흙막이 벽체의 붕괴 사고 등으로 시공하고자 하는 본 구조체 뿐 만 아니라 지반 침하에 따른 주변건물들의 균열 발생, 상하수도관 및 다양한 지하매설물 손상, 심지어 인명피해까지도 발생할 수 있으며 실제로도 이러한 사례는 적지 않다.
- <3> 하지만 건설공사의 특성상 다양한 지하공법을 경험해 보기 어렵고, 토공사 전문 컨설팅업체의 경우 특정 공법과 연관된 경우도 있어, 객관적이고 신뢰성 있는 지하공사 정보를 신속하게 얻기가 어렵다. 따라서 현장 실무에서의 공법 선정 과정은 현장기술자의 경험이나 토공사 전문 업체의 주관적인 선호 혹은 각 공법에 대한 잘못된 정보를 토대로 선정되는 경우가 있어, 보다 객관적인 현장 제한 여건을 바탕으로 하는 합리적 의사 결정 과정이 필요하다.
- <4> 또한, 일반적으로 건축물의 지하공사에서 설계와 시공이 분리 발주되기 때문에 지하공사의 공법 선정 및 설계는 토공사 전문 엔지니어링 회사에서 담당하고, 시공은 착공 후에 하도급 계약에 의해 시공자가 담당하게 된다. 이 경우 공사 계획 단계에서 결정된 공법의 적합성을 시공단계에서 다시 검토하게 됨에 따라, 공법의 변경 혹은 부가적인 공법의 사용 등에 관한 참여주체간의 견해 차이에 따른 갈등의 발생 소지가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <5> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정에 있어서, 다양한 현장 제한 여건들을 고려하여 신속하고 객관적으로 공법을 선정함으로써 궁극적으로는 공기 단축과 공사비 절감 그리고 업무의 효율성을 증대시킬 수 있는, 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법 및 시스템, 그리고 상기 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- <6> 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법은, 터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는 단계; 상기 입력된 정보에 기초하여 굴착 공법을 선정하는 단계; 상기 입력된 정보에 기초하여 흙막이 공법을 선정하는 단계; 상기 선정된 흙막이 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계; 상기 선정된 굴착 공법에 따라서 선택적으로 수행되는 단계로서, 상기 입력된 정보에 기초하여 지지 공법을 선정하는 단계; 및 상기 선정된 결과들을 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <7> 여기서, 상기 굴착 공법을 선정하는 단계, 상기 흙막이 공법을 선정하는 단계, 상기 차수 및 지반보강 공법을 선정하는 단계, 및 상기 지지 공법을 선정하는 단계는, 상기 입력된 정보에 기초하여 의사결정나무 알고리즘을 이용해서 각 공법을 선정하는 것이 바람직하다.
- <8> 또한, 상기 의사결정나무를 이루는 의사결정사상들은 기존의 공법 선정 과정을 분석하거나, 기존 지하공사의 사례들을 통계적으로 분석함으로써 얻어지는 것이 바람직하다.
- <9> 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명에 따른 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템은, 터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는 사용자 입력부; 상기 입력된 정보에 기초하여 의사결정

나무 알고리즘을 이용해서 굴착 공법, 흙막이 공법, 차수 및 지반보강 공법, 지지 공법 중 적어도 하나 이상을 선정하는 공법 선정부; 및 상기 공법 선정부에서 선정된 결과들을 출력하는 출력 인터페이스를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- <10> 상기 또 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여 상기된 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

효 과

- <11> 상술한 본 발명에 의하면, 다양한 현장 제한 여건들을 고려하여 신속하고 객관적으로 건축물 지하공사의 터파기 공법을 선정할 수 있다. 따라서 공법 선정에 있어서 표준적, 객관적인 의사 결정에 도움을 제공할 수 있어서, 의사 결정에 소요되는 시간을 단축하고 불합리한 갈등 요소를 최소화할 수 있으며, 이종의 작업을 미연에 방지하고 위험 요소를 최소화할 수 있게 되어 공기 단축과 공사비 절감, 그리고 업무의 효율성을 증대시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <12> 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이하 설명 및 첨부된 도면들에서 실질적으로 동일한 구성요소들은 각각 동일한 부호들로 나타냄으로써 중복 설명을 생략하기로 한다. 또한 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- <13> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템의 블록도이다. 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 터파기 공법 선정 시스템은, 사용자 입력부(10), 공법 선정부(20), 데이터베이스(30) 및 출력 인터페이스(40)를 포함하여 이루어진다. 본 실시예에 따른 터파기 공법 선정 시스템은, 퍼스널 컴퓨터, 워크스테이션 등을 통하여 구현될 수도 있고, 사용자 입력부(10) 및 출력 인터페이스(40)와 공법 선정부(20) 및 데이터베이스(30)가 클라이언트와 서버로 나뉘는 클라이언트 서버 시스템으로도 구현될 수 있다.
- <14> 먼저, 사용자 입력부(10)는 사용자로부터 터파기 공법의 선정에 영향을 미치는 각종 정보를 입력받는다. 상기 정보로는, 굴착 깊이, 굴착 면적, 굴착면의 길이, 굴착 심도 내 지하수 범위, 굴착 심도 내에서 투수계수가 작은 암층을 제외한 지하수 범위, 굴착 심도 내 암층 두께, 인접 시설물과의 거리 등 인접 시설물의 영향도에 관한 정보, 굴착 토양의 강성 및 종류, 차수 또는 지반보강이 필요한지 여부, 시공하고자 하는 건축물의 층수 등을 예로 들 수 있다. 사용자 입력부(10)로 입력된 정보는 후술하는 공법 선정부(20) 터파기 공법을 선정하기 위한 기초로 사용되는데, 사용자 입력부(10)는 사용자로부터 터파기 공법의 선정에 필요한 정보를 일괄하여 입력받을 수도 있고, 공법 선정부(20)가 터파기 공법을 선정하는 과정에서 특정 정보를 필요로 하는 경우에 수시로 사용자에게 입력을 요청함으로써 입력받을 수도 있다. 사용자로부터 입력된 정보는 공법 선정부(20)가 사용할 수 있도록 데이터베이스(30)에 저장된다.
- <15> 공법 선정부(20)는 사용자로부터 입력된 정보에 기초하여, 터파기 공법을 이루는 범주들인 굴착 공법, 흙막이 공법, 차수 및 보강 공법, 지지 공법을 선정한다. 이때 공법 선정부(20)는 상기 사용자로부터 입력된 정보에 기초하여, 각 공법에 대해 의사결정나무(Decision Tree, DT) 알고리즘을 이용해서 가장 적합한 공법을 선정한다. 의사결정나무란, 스무고개 놀이와 비슷하게 예/아니오의 이분법적인 대답만을 할 수 있는 연속된 질문들을 통하여 적절한 해결책의 범위를 좁혀 최종적으로 모든 질문을 만족하는 가장 적절한 해결책을 유도하는 방식을 말한다.
- <16> 공법 선정부(20)가 이용하기 위한 의사결정나무 알고리즘 역시 데이터베이스(30)에 저장되어 있다. 데이터베이스(30)에 저장되는 의사결정나무 알고리즘은 새로운 공법이 추가될 필요가 있거나, 공법 선정에 영향을 미치는 요인들이 추가되거나 재고될 필요가 있는 경우 사용자에게 의해 변형되거나 업데이트될 수 있다.
- <17> 공법 선정부(20)가 각 공법에 관하여 가장 적합한 공법을 선정하고 나면, 그 결과를 출력 인터페이스(40)로 전달하고, 출력 인터페이스는 선정된 공법들을 사용자가 인지할 수 있도록 출력한다. 출력 형태는 화면, 음성, 인쇄, 데이터 전송 등 다양한 형태로 이루어질 수 있다.
- <18> 이하에서는, 공법 선정부(20)가 사용자로부터 입력된 정보에 기초하여 의사결정나무를 이용해서 터파기 공법을 선정하는 과정을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- <19> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 공법 선정부(20)에서 수행되는 터파기 공법 선정 과정의 전체 흐름도이다.
- <20> 우선, 210단계에서 굴착 공법을 선정한다. 선정되는 굴착 공법으로는, 사면개착공법, 부분사면개착공법, 업업

(Up-Up) 공법, 보텀업(Bottom-Up) 공법, 또는 탑다운(Top-Down) 공법 등이 있다.

- <21> 220단계에서는 흙막이 공법을 선정한다. 선정되는 흙막이 공법으로는 SCW(soil cement wall) 공법, 시트파일(sheet pile wall) 공법, CIP(cast in place concrete pile) 공법, H-pile 토류판 공법, 또는 지하연속벽(slurry wall) 공법 등이 있다.
- <22> 터파기 공법 중에서 흙막이 공법으로 어떤 공법이 적용되느냐에 따라서 차수 및 지반보강이 요구되거나 요구되지 않는 경우가 있다. 또한 적용되는 흙막이 공법에 따라서는 차수 또는 지반보강의 필요성이 있는지 여부에 따라서 차수 또는 지반보강을 선택적으로 적용하여야 한다. 예를 들어, 흙막이 공법으로 지하연속벽 공법이 적용되는 경우 차수 및 지반보강이 요구되지 않으며, SCW 공법, 시트파일 공법, H-pile 토류판 공법 등이 적용되는 경우, 차수 또는 지반보강의 필요성이 있는지 여부에 따라서 선택적으로 차수 및 지반보강을 적용하여야 한다. 한편, CIP 공법이 적용되는 경우 일반적으로 차수 및 지반보강 공법을 적용한다.
- <23> 따라서 본 실시예에서는, 상기 220단계에서 선정된 흙막이 공법, 또는 사용자로부터 입력된 정보에 따라서 차수 및 지반보강의 필요성이 있는지 판단하고(230단계), 그 결과에 따라서 240단계로 진행하여 차수 및 지반보강 공법을 선정하거나, 후술하는 250단계로 진행한다.
- <24> 또한, 굴착 공법에 관하여 어떤 공법이 적용되느냐에 따라서 지지 공법이 요구되거나 요구되지 않는 경우가 있다. 예를 들어, 굴착 공법으로 Bottom-Up 공법이 적용되는 경우 지지 공법이 요구되며, Up-Up 공법이나 탑다운(Top-Down) 공법 등이 적용되는 경우 일반적으로 본 구조체가 영구적인 지보공으로 사용되기 때문에 후술하는 260단계에서 제시하는 지지 공법을 따르지 않는다.
- <25> 따라서 본 실시예에서는, 상기 210단계에서 선정된 굴착 공법에 따라서 지지 공법의 필요성이 있는지 판단하고(250단계), 그 결과에 따라서 260단계로 진행하여 지지 공법을 선정하거나, 터파기 공법 선정을 종료한다.
- <26> 이하에서는, 상기 굴착 공법, 흙막이 공법, 차수 및 지반보강 공법, 지지 공법을 선정하는 과정을 각각 보다 상세하게 설명하기로 한다. 이미 설명한 바와 같이 각 공법을 선정하는 과정에서 의사결정나무 알고리즘이 사용되며, 이때 의사결정나무는 상기된 사용자 입력부(10)로 입력된 정보에 따라서 예/아니오로 구분되는 다수 개의 의사결정사항들과, 이러한 의사결정사항들을 거쳐 최종 선정되는 세부 공법들인 최종결정사항들로 이루어진다. 이하 설명되는 실시예에서, 각 의사결정사항은 기존의 공법 선정 과정을 면밀히 분석하거나, 기존 지하공사의 사례들을 통계적으로 분석함으로써, 또는 상기된 두 가지 분석을 종합하여 도출될 수 있다. 이와 같은 의사결정사항의 도출을 통하여 객관적으로 검증된 다양한 현장의 제한 여건들을 최종 공법 선정에 반영할 수 있다.
- <27> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 210단계, 즉 굴착 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다. 본 실시예에 따르면, 8가지의 의사결정사항들을 이용하여 사면개착공법, 부분사면개착공법, Up-Up 공법, Bottom-Up 공법, 또는 탑다운 공법 중 하나를 굴착공법으로 선정한다.
- <28> 301단계에서, 사면을 보유할 만큼 충분한 대지 여유가 있는지 판단한다. 본 단계는 사면 개착 가능 여부를 판단하기 위한 단계로서, 대지 여유가 있을 경우 가장 경제적이며 안정적인 굴착 공법을 선정하기 위한 것이다. 여기서, "예"로 판단되면, 305단계로 진행하여 최종 굴착 심도까지 사면 확보가 가능한지 판단한다. 만약 대지 여유가 굴착 심도와 비교하여 일정 깊이까지만 가능한 경우에는 추가적으로 흙막이 공법을 고려하여야 하므로 사면개착공법 선정 이후에 추가적으로 공법을 복합 시공하여야 한다. 따라서 305단계에서 "아니오"로 판단되는 경우 315단계로 진행하여 부분사면개착공법을 선정하고, "예"로 판단되는 경우 314단계로 진행하여 사면개착공법을 선정한다.
- <29> 상기 301단계에서 "아니오"로 판단되는 경우, 302단계로 진행하여 도심 공사로 민원 가능성이 높은지 판단한다. 본 단계는 탑다운 공법이 필요한지 여부를 판단하기 위한 것이다. 민원 가능성에 관하여는 이론적 기반을 토대로 하기보다 현재까지 민원이 제기되었던 사례 등을 기반으로 미리 예측하여 결정하는 것이 바람직하다. 302단계에서 "예"로 판단되는 경우 303단계로 진행하여 5층 이상의 인접 건물이 존재하는지 판단하고, 여기서 "예"로 판단되는 경우 304단계로 진행하여 연약 지반인지 여부를 판단한다. 303단계 및 304단계 역시 탑다운 공법이 필요한지 여부를 판단하기 위한 단계이다. 인접한 건물이 굴착 대지와와의 여유가 많지 않은 경우 5층 이상의 건물은 흙막이 구조체에 추가적인 하중을 전달할 수 있으며, 연약 지반인 경우 하중의 부담이 더욱 증가되는데, 탑다운 공법을 적용할 경우 선 시공된 지상 1층 바닥이 벽체의 변형을 줄여주는데 효과적으로 작용할 수 있다. 따라서 304단계에서 "예"로 판단되는 경우 311단계로 진행하여 탑다운 공법을 선정한다.
- <30> 또한, 탑다운 공법을 선정하는데 있어서, 굴착 깊이가 중요한 요소로서 작용한다. 이는 굴착 심도가 일정 깊이 이상이 되지 않을 경우 경제성이 떨어지기 때문이다. 다수의 실제 사례들을 기초로 로지스틱 회귀분석을 이용한

분석 결과 굴착 심도와 본 건물의 지상 층수가 탑다운 공법을 선정하는데 의미 있는 변수임을 알 수 있었다. 로 지스틱 회귀분석 결과에 따르면 탑다운 공법이 최소의 굴착 심도는 17m 가량으로 나타났다. 그리고 본 건물이 비교적 높은 층수, 예를 들면 11층 이상일 때와 굴착면적이 중규모 이상, 예를 들어 1000평 이상인 때 탑다운 공법이 권장된다. 따라서 302단계에서 "아니오"로 판단되면 306단계로 진행하여 굴착 깊이가 20m 이상인지 판단하고, 여기서 "예"로 판단되면 308단계로 진행하여 건물의 지상 층수가 12층 이상이고 굴착 면적이 1000평 이상인지 판단한다. 여기서, "예"로 판단되면 311단계로 진행하여 탑다운 공법을 선정한다.

- <31> 상기 303단계에서 "아니오"로 판단되거나, 상기 306단계 및 308단계에서 "아니오"로 판단되거나, 상기 304단계에서 "아니오"로 판단되는 경우 307단계로 진행하여 고층 건물로 공기 단축이 필요한지 판단한다. 307단계는 Up-Up 공법의 필요성을 판단하기 위한 단계로서, 건축공사에서 일정 수준의 비용을 감수하고자라도 공기 단축을 위해서 업업 공법을 도입하는 상황을 반영하고 있다. 307단계에서 "예"로 판단되는 경우 312단계로 진행하여 업업 공법을 선정하고, "아니오"로 판단되는 경우 313단계로 진행하여 보텀업 공법을 선정한다.
- <32> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 220단계, 즉 흙막이 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다. 본 실시예에 따르면, 14가지의 의사결정사항들을 이용하여 SCW(soil cement wall) 공법, 시트파일(sheet pile wall) 공법, CIP(cast in place concrete pile) 공법, H-pile 토류판 공법, 또는 지하연속벽(slurry wall) 공법 등 중 하나를 흙막이 공법으로 선정한다.
- <33> 우선, 401단계에서 굴착 심도 내에 굴착이 힘든 전석층이 다량 존재하는지 판단한다. 지하 공사는 굴착을 전제로 하기 때문에 전석층인 경우에는 굴착이나 흙막이가 새로운 방식이 요구되기 때문이다. 따라서 본 단계에서 "예"로 판단되면 421단계로 진행하여 복합 공법 또는 특수 공법 등의 대안을 검토할 것으로 결정한다.
- <34> 상기 401단계에서 "아니오"로 판단되면 402단계로 진행하여 굴착 심도 내에 연암 및 경암층이 발생하는지 판단한다. 본 단계는 흙막이 방식에서 중요한 지반 요소의 경우에는 기본적으로 연암 및 경암층에 대하여 무리 없이 시공 가능한 공법과 다소 권장되지 않는 공법을 구별하기 위함이다. 본 단계에서 보다 구체적으로는, 예를 들어 굴착 후 12m 내에 연암층 및 경암층이 존재하는지 여부로 판단할 수 있다. 402단계에서 "예"로 판단되는 경우 405단계로 진행하고, "아니오"로 판단되는 경우 403단계로 진행한다.
- <35> 403단계에서, 진동 및 소음으로 인한 민원 발생 가능성이 높은 지역인지 판단한다. 본 단계는 시트파일(sheet pile) 사용이 가능하지 판단하기 위한 것이다. 통계적 분석에 의하면 시트파일 공법의 선정에 있어서는 인접 건물과의 거리가 주요 요인이 될 수 있다. 따라서 본 단계에서는 보다 구체적으로, 예를 들어 인접 건물과의 거리로 6m 이상이 확보되는가를 기준으로 판단할 수 있다.
- <36> 403단계에서 "아니오"로 판단되면 404단계로 진행하여 굴착 깊이가 12m 이상인지 판단한다. 본 단계는 시트파일의 적용 가능 심도를 판단하기 위한 것이다. 시트파일 공법은 타 흙막이 공법에 비해 강성이 약하며, 풍화암, 연암층의 관입이 거의 불가능하다. 통계적 분석에 의하면 풍화암, 연암이 굴착 심도 내에 존재하지 않는 약 9m 이내의 저심도 공사의 경우에 시트파일 공법이 주로 선정되는 것을 알 수 있었다. 403단계에서 "아니오"로 판단되면 422단계로 진행하여 시트파일(sheet pile wall) 공법을 선정한다.
- <37> 404단계에서 "예"로 판단되거나, 상기 402단계에서 "예"로 판단되면, 405단계로 진행하여 최종 굴착면이 히빙(heaving) 현상에 대해 안전한지 판단한다. 본 단계는, H-pile 토류판 공법의 경우 타 흙막이 공법과 달리 토류판은 최종 굴착면까지만 형성 가능하여 최종 굴착면이 히빙 현상에 취약하게 되므로, H-pile 토류판 공법과 타 흙막이 공법과의 선택을 위한 것이다.
- <38> 405단계에서 "예"로 판단되면 409단계로 진행하여 지하수위 저하에 따른 인접 건물의 침하 가능성이 있는지 판단한다. 본 단계는 H-pile 토류판 공법이 차수 능력이 없는 벽체로서, 지하수위 저하에 따른 인접 건물의 침하 가능성을 고려하기 위한 것이다. 통계적 분석 시에 지하수의 영향을 고려하기 위해, 굴착 심도 내의 지하수 범위(이하, 제1 지하수 범위)와, 풍화암 및 연암층 이하는 투수 계수가 1×10^{-4} 이하의 비교적 지하수의 흐름이 제한적이라는 가정에 근거하여 굴착 심도 내 지하수 범위에서 풍화암 및 연암층 이하는 제외한 지하수 범위(이하, 제2 지하수 범위)를 사용하였다. 상기 제1 지하수 범위는 투수계수가 낮은 풍화암 및 연암층 이하에서는 지하수의 이동 및 굴착 대지로의 유입은 적을 수 있으나 여전히 수량은 존재하며 암층의 절리 방향에 따라 지하수의 흐름이 최종적으로 흙막이 벽체에 영향을 줄 수 있어 이는 지하 수압으로 이해 가능하며, 상기 제2 지하수 범위는 지하수의 흐름이 제한적이라는 전제 하에 지하수량의 조건으로 이해 가능하다. 통계적 분석 결과 제2 지하수 범위에서 지하수위가 3.5m 이하로 존재하는 경우까지 H-pile 토류판이 적용되는 것으로 나타나, 이는 지하 수량에 대한 문제로 이해할 수 있다. 따라서 409단계는 보다 구체적으로, 예를 들면 투수 계수가 1×10^{-4} 이상인 지

층에서의 지하 수위가 3.5m 이상 존재하는지 여부로 판단할 수 있다.

- <39> 409단계에서 "아니오"로 판단되면 413단계로 진행하여, 굴착 공법이 타다운 공법으로 선정되었는지 판단한다. 즉, 상기된 210단계에서 타다운 공법이 선정되었는지를 판단한다. H-pile 토류판은 본 건축물의 지상 층수가 낮은 경우 주로 선정되는 것으로 나타났으며, 이는 타다운 공법에 대한 적용 가능성과 관련이 있다. 타 공법이 예정 위치까지 벽체를 선시공 하는데 반해, H-pile 토류판 공법은 굴착과 동시에 토류판을 끼워 나가며 벽체를 형성하는 방법으로서, 타다운 공법에 적용하기에는 무리가 있다고 볼 수 있다. 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 414단계로 진행하여 인접 시설물이 다수로 벽체의 강성이 요구되는지 판단한다. 본 단계는, H-pile 토류판은 강성이 작아 벽체의 변형이 발생할 가능성이 있음을 고려하기 위한 단계로서, 흙막이 벽체의 변형에 따른 주변 건물의 침하를 방지하기 위함이다. 본 단계에서 "예"로 판단되면 426단계로 진행하여 상부 토사층은 CIP(cast in place concrete pile) 공법으로, 하부는 토류판 또는 쏫크리트(shotcrete)와 함께 사용할 것으로 선정한다. 414단계에서 "아니오"로 판단되면 427단계로 진행하여 H-pile 토류판 공법을 선정한다.
- <40> 상기 403단계에서 "예"로 판단되거나, 상기 405단계에서 "아니오"로 판단되거나, 상기 409단계에서 "예"로 판단되면 406단계로 진행하여 수압 및 토압에 따른 흙막이 벽체 변형 방지를 위해 충분한 강성이 요구되는지 판단한다. 본 단계는 CIP 공법과 지하연속벽(slurry wall) 공법을 타 흙막이 공법과 구분하기 위한 기준이다. CIP 공법과 지하연속벽 공법은 벽체의 강성이 커서 변형이 작아 도심도 굴착에서도 적용이 가능하다. 통계적 분석의 결과 상기된 제2 지하수 범위에서 지하수위 5.5m 이상의 경우 CIP 공법과 지하연속벽 공법이 주로 적용되는 것으로 나타나, 인접 시설물의 기초를 통해 전달되는 하중이 흙막이 벽체에 주는 영향 뿐만 아니라 수압에 대한 고려도 필요하다. 따라서 본 단계는 보다 구체적으로, 예를 들면 굴착 심도 내 지하수위가 5.5m 이상인지 여부로 판단할 수 있다.
- <41> 406단계에서 "아니오"로 판단되면, 407단계로 진행하여 굴착 깊이 내에 암층이 2m 이상 존재하는지 판단한다. 통계적 분석 결과 굴착 심도 내 풍화암 이하의 암층이 2m 이내로 존재하는 경우 SCW 공법이 적용되는 것으로 나타났다. 이는 SCW 벽체 형성을 위한 3축 오거는 암층을 굴착하기에는 다소 무리가 있기 때문으로 볼 수 있다. 407단계에서 "예"로 판단되면 424단계로 진행하여 CIP 공법을 선정하고, "아니오"로 판단되면 408단계로 진행한다.
- <42> 408단계에서 인접 시설물이 다수로 벽체의 강성이 요구되는지 판단한다. 본 단계는 SCW 공법은 차수 성능은 있으나, 형성된 벽체의 강성이 다소 약해 다수의 인접 시설물이 존재하며 이에 대한 벽체의 저항력이 필요한 경우 SCW 공법보다는 CIP 공법 또는 지하연속벽 공법이 바람직하다. 본 단계는 흙막이 벽체의 변형에 따른 주변 건물의 침하를 방지하기 위함이다. 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 423단계로 진행하여 SCW 공법을 선정하고, "예"로 판단되면 424단계로 진행하여 CIP 공법을 선정한다.
- <43> 상기 406단계에서 "예"로 판단되거나, 상기 413단계에서 "예"로 판단되면, 410단계로 진행하여 영구 벽체로 사용 예정인지 판단한다. 그리고 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 411단계로 진행하여 수압 및 토압에 따른 흙막이 벽체 변형 방지를 위한 충분한 강성이 요구되는지 판단한다. 410단계와 411단계는 CIP 공법과 지하연속벽 공법을 선정하기 위한 기준으로, 통계적 분석의 결과 상기된 제2 지하수 범위에서 지하수위가 4.5m 이상 존재하는 경우 지하연속벽 공법이 바람직하다. 따라서 상기 411단계는 보다 구체적으로, 예를 들면 투수계수가 1×10^{-4} 이상인 지층에서의 지하 수위가 4.5m 이상 존재하는지 여부로 판단할 수 있다. 411단계에서 "아니오"로 판단되면 424단계로 진행하여 CIP 공법을 선정한다.
- <44> 상기 410단계에서 "예"로 판단되거나 상기 411단계에서 "예"로 판단되면 412단계로 진행하여 굴착 깊이 내 암층이 10.5m 이상에서 존재하는지 판단한다. 통계적 분석의 결과 지하연속벽(slurry wall)은 15m 이후에 암층이 존재하는 경우에 주로 적용이 되는 것으로 나타났는데, 이에 따르면 지하연속벽 형성을 위한 굴착 장비가 암층 굴착에서 경제적 측면 및 공사 기간 측면에서 불리하게 작용할 수 있다. 따라서 본 실시예에서는 412단계에서 굴착 깊이 내 암층이 10.5m 이상에서 존재하면 424단계로 진행하여 CIP 공법을 선정하고, 그렇지 않으면 425단계로 진행하여 지하연속벽 공법을 선정한다.
- <45> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 240단계, 즉 굴착 보조 공법으로서 차수 및 지반보강 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다. 이미 설명한 바와 같이, 도 5에 도시된 단계들은 흙막이 공법으로 SCW 공법, 시트파일 공법, H-pile 토류판 공법 등이 선정되고, 이때 차수 또는 지반보강의 필요성이 있다고 판단되는 경우 또는 CIP 공법이 선정되는 경우에 수행된다. 본 실시예에 따르면, 5가지 의사결정사항들을 이용하여 SIG(super injection grouting) 공법, LW(labiles waterglass) 공법, SGR(space grouting rocket) 공법,

JSP(jumbo special pattern) 공법 중 하나를 차수 및 지반보강 공법으로 선정한다.

- <46> 501단계에서, 지반 보강 등 큰 강도가 요구되는지 판단한다. 본 단계는 굴착 보조 형식이 지반 보강을 요구하는가를 구분하기 위한 단계로서, 다수의 인접 시설물의 하중에 대한 저항 및 침하 방지를 위한 것이다. 일반적으로 굴착 보조 형식으로는 약액주입공법과 고압분사 주입공법이 있는데, 약액주입공법으로 제시된 LW 공법과 SGR 공법의 경우는 강도 문제에서 고압분사 주입공법인 JSP 공법과 SIG 공법에 비해 강도가 작다. 따라서 501단계를 거쳐 약액주입공법과 고압분사 주입공법으로 분기된다. 본 단계에서 "예"로 판단되면 505단계로 진행하고, "아니오"로 판단되면 502단계로 진행한다.
- <47> 502단계에서, 장기 차수가 요구되거나 지하수의 영향이 큰지 판??나다. 차수의 경우 JSP 공법 혹은 SIG 공법이 LW 공법이나 SGR 공법에 비하여 장기 차수 능력이 뛰어나기 때문에 비록 고강도가 요구되지 않더라도 장기적인 차수에 대한 요구를 만족시키기 위해 고강도 공법 군을 선택할 필요가 있다. 따라서 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 LW 공법 또는 SGR 공법의 선정 방향인 503단계로 진행하고, "예"로 판단되면 SIG 공법 또는 JSP 공법의 선정 방향인 505단계로 진행한다.
- <48> 503단계에서 지하수 유동이 있는 지반인지 판단한다. 본 단계는 LW 공법과 SGR 공법으로 분기하기 위한 기준에 해당하는데, 두 공법은 모두 차수 능력이 다소 떨어지고 외력 저항이 적은 공법이며, 풍화암 상단까지만 적용되어 암반층 및 전석층에서는 시공이 불가하여 구분이 모호하다. 따라서 적용될 수 있는 차이점은 지하수 유동이 발생하는지 여부로 판단할 수 있는데, LW 공법의 경우 지하수 유동이 없는 보통 토사 지반에서 적용이 가능하나 SGR 공법의 경우 어느 정도 지하수 유동이 있는 곳에서도 시공이 가능하다. 따라서 본 단계에서 "예"로 판단되면 512단계로 진행하여 SGR 공법을 선정하고, "아니오"로 판단되면 504단계로 진행한다.
- <49> 504단계에서, 점성토층을 포함하고 있는지 판단한다. 본 단계는, SGR 공법은 점성토층에서도 적용 가능한 점을 고려한 것으로서, "예"로 판단되면 512단계로 진행하여 SGR 공법을 선정하고, "아니오"로 판단되면, 511단계로 진행하여 LW 공법을 선정한다.
- <50> 상기된 501단계에서 "예"로 판단되거나 상기된 502단계에서 "예"로 판단된 경우, 505단계에서 개량강도 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상이 요구되는지 판단한다. 본 단계는 SIG 공법과 JSP 공법을 구분하기 위한 기준으로서, 교반혼합공법인 JSP 공법은 사질토의 경우 최대 개량강도 $90\text{kgf}/\text{cm}^2$ 정도 개량체를 형성하는데 비해 SIG 공법은 3중관을 사용한 치환공법으로 개량강도 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상의 대규격 개량체를 조성할 수 있다. 따라서 본 단계에서 "예"로 판단되는 경우 513단계로 진행하여 SIG 공법을 선정하고 "아니오"로 판단되는 경우 514단계로 진행하여 JSP 공법을 선정한다.
- <51> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 260단계, 즉 지지 공법을 선정하는 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다. 이미 설명한 바와 같이, 도 6에 도시된 단계들은 상기된 굴착 공법 선정 과정에서 Bottom-Up 공법이 선정된 경우에 수행된다. 본 실시예에 따르면 5가지 의사결정사항들을 이용하여 그라운드 앵커(ground anchor) 공법, Strut/Raker 공법, IPS((innovative prestressed support) 공법 등 중 하나를 지지 공법으로 선정한다.
- <52> 601단계에서 굴착 대지에 인접하여 지하 시설물 또는 기존 지하 건물이 있는지 판단한다. 지지 공법 중 대표적인 공법인 그라운드 앵커 공법은 기본적으로 굴착대지 배면에 시공이 되므로, 인접한 지하 시설물과의 간섭을 우선 고려하여야 한다. 통계적 분석에 의하면 인접 시설물과의 거리를 변수로 사용하였을 때 최소 7m 이상의 거리가 확보된 경우 그라운드 앵커가 시공되는 것으로 나타났다. 따라서 본 단계는 보다 구체적으로, 예를 들면 인접 시설물과의 거리가 7m 이상 확보되었는지 여부로 판단할 수 있다. 다만 보다 정확한 판단을 위해서는 현장마다 정밀한 사전 조사를 통해 인접 시설물과의 간섭 없이 그라운드 앵커를 시공할 수 있는지 판단하여야 할 것이다. 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 그라운드 앵커 공법을 선정하는 방향인 602단계로 진행하고, "예"로 판단되면 604단계로 진행한다.
- <53> 602단계에서, 그라운드 앵커를 정착시키기 위해 무리가 없는 지반인지 판단한다. 그라운드 앵커 공법은, 앵커가 정착되는 지반과의 마찰력을 바탕으로 앵커에 도입되는 선행하중(Pre-Stress)을 통해 흙막이 벽체의 안정을 확보하므로, 본 단계를 통하여 앵커가 정착되는 지반의 안정성을 확인한다. 이때 비교적 조밀하거나 안정성이 확보되는 지반인지가 그 기준이 될 수 있다. 본 단계에서 "예"로 판단되면 그라운드 앵커 공법을 선정하는 방향인 603단계로 진행하고, "아니오"로 판단되면 604단계로 진행한다.
- <54> 603단계에서, 굴착 깊이 내 지하수 영향이 일정 수준 이상인지 판단한다. 통계적 분석 결과에 따르면 그라운드 앵커는 주로 상기된 제2 지하수 범위가 5m 이내인 상황에서 주로 적용이 되는 것으로 나타났다. 그라운드 앵커

정착을 위해서는 배면을 천공하게 되는데, 지하수가 존재할 경우 지하수의 유입과 그라우팅에도 문제가 생기게 된다. 본 단계는 보다 구체적으로, 예를 들면 투수계수가 1×10^{-4} 이상인 지층에서의 지하수위가 5m 이상 존재하는지 여부로 판단할 수 있다. 본 단계에서 "아니오"로 판단되면 611단계로 진행하여 그라운드 앵커 공법을 선정하고, "예"로 판단되면 612단계로 진행하여 그라운드 앵커 공법을 선정함과 함께 급결제를 사용하도록 결정한다.

<55> 604단계에서는, 굴착 폭이 평행 60m, 사면 30m 이내인지 판단한다. 본 단계는 스트럿(strut)의 적용 가능성을 판단하기 위한 단계로서, 평행 60m를 초과하는 경우 스트럿의 압축 좌굴에 의한 파괴가 일어날 수 있으며, 시공성에도 문제가 있을 수 있으므로 만일 "아니오"로 판단되면 IPS 공법을 고려하는 방향인 605단계로 진행한다. 본 단계에서 "예"로 판단되면 613단계로 진행하여 Strut/Raker 공법을 선정한다.

<56> 605단계에서 IPS 공법을 적용하기에 무리가 없는지 판단한다. IPS 공법은 강선의 휨 인장력을 지지할 수 있는 선형 버팀보가 필요하므로 적용할 현장 조건에 대한 검토를 요한다. 본 단계에서 "예"로 판단되면 614단계로 진행하여 IPS 공법을 선정하고 "아니오"로 판단되면 615단계로 진행하여 분할 시공을 검토하도록 결정한다.

<57> 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함한다.

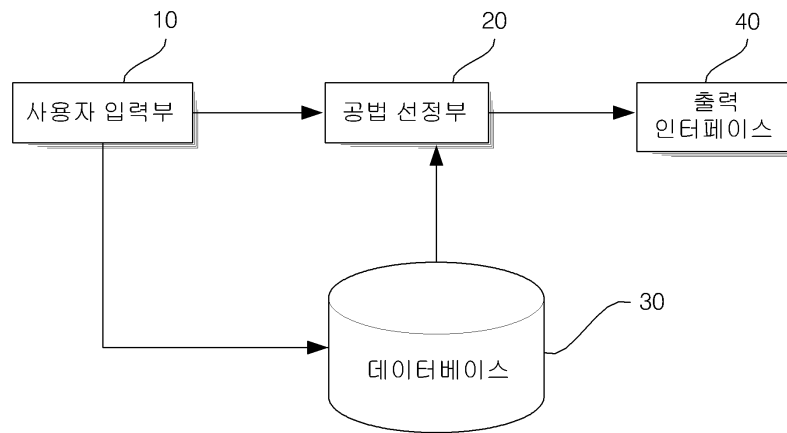
<58> 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

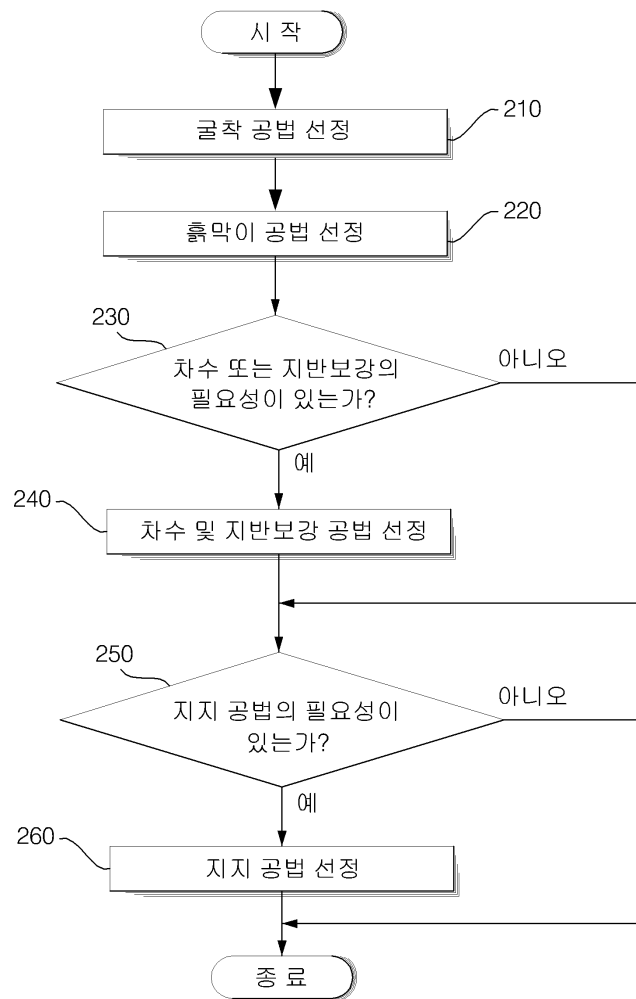
- <59> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 건축물 지하공사의 터파기 공법 선정 시스템의 블록도이다.
- <60> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 공법 선정부(20)에서 수행되는 터파기 공법 선정 과정의 전체 흐름도이다.
- <61> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 210단계, 즉 굴착 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다.
- <62> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 220단계, 즉 흙막이 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다.
- <63> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 240단계, 즉 굴착 보조 공법으로서 차수 및 지반보강 공법 선정 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다.
- <64> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 260단계, 즉 지지 공법을 선정하는 과정을 나타낸 의사결정나무 흐름도이다.

도면

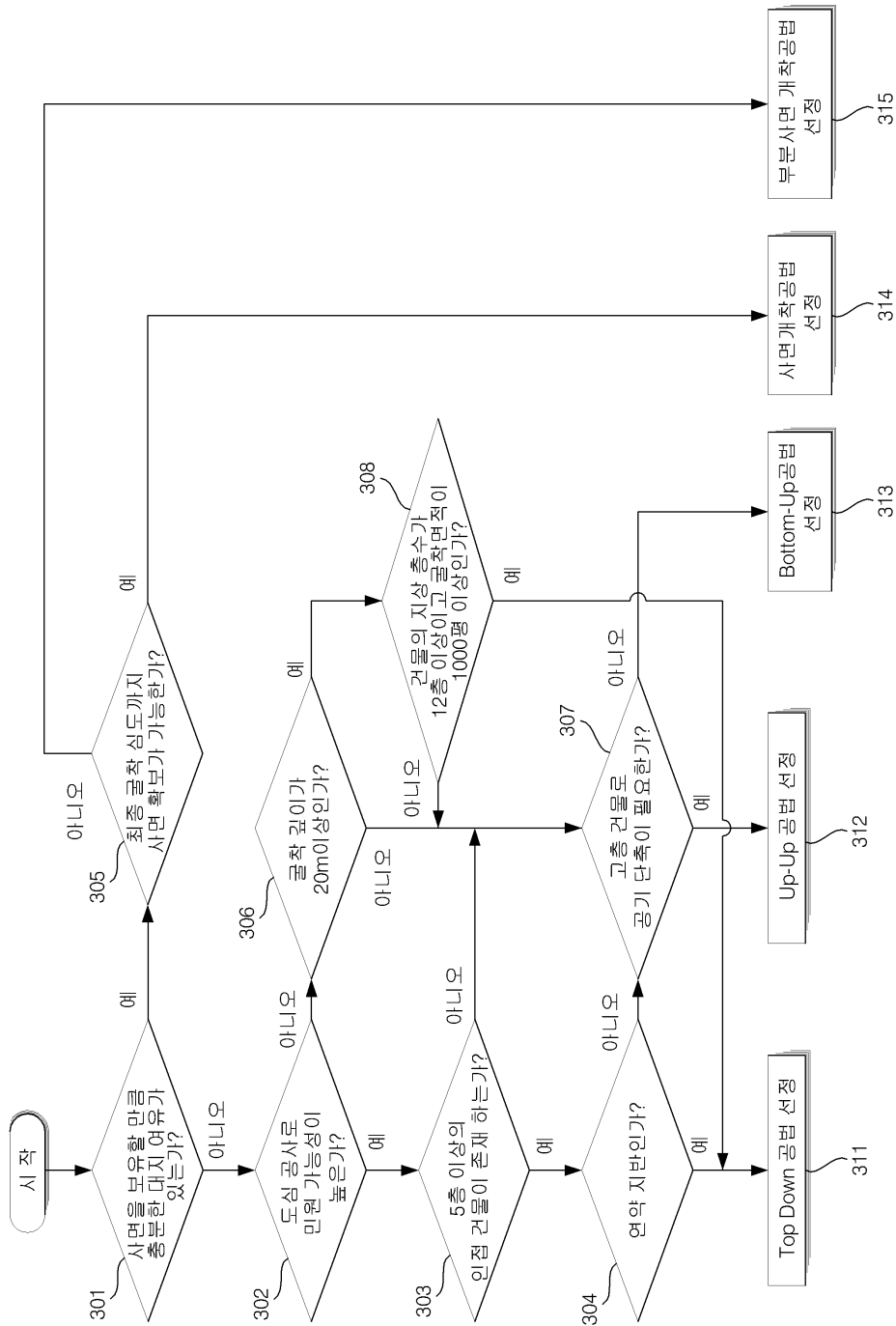
도면1



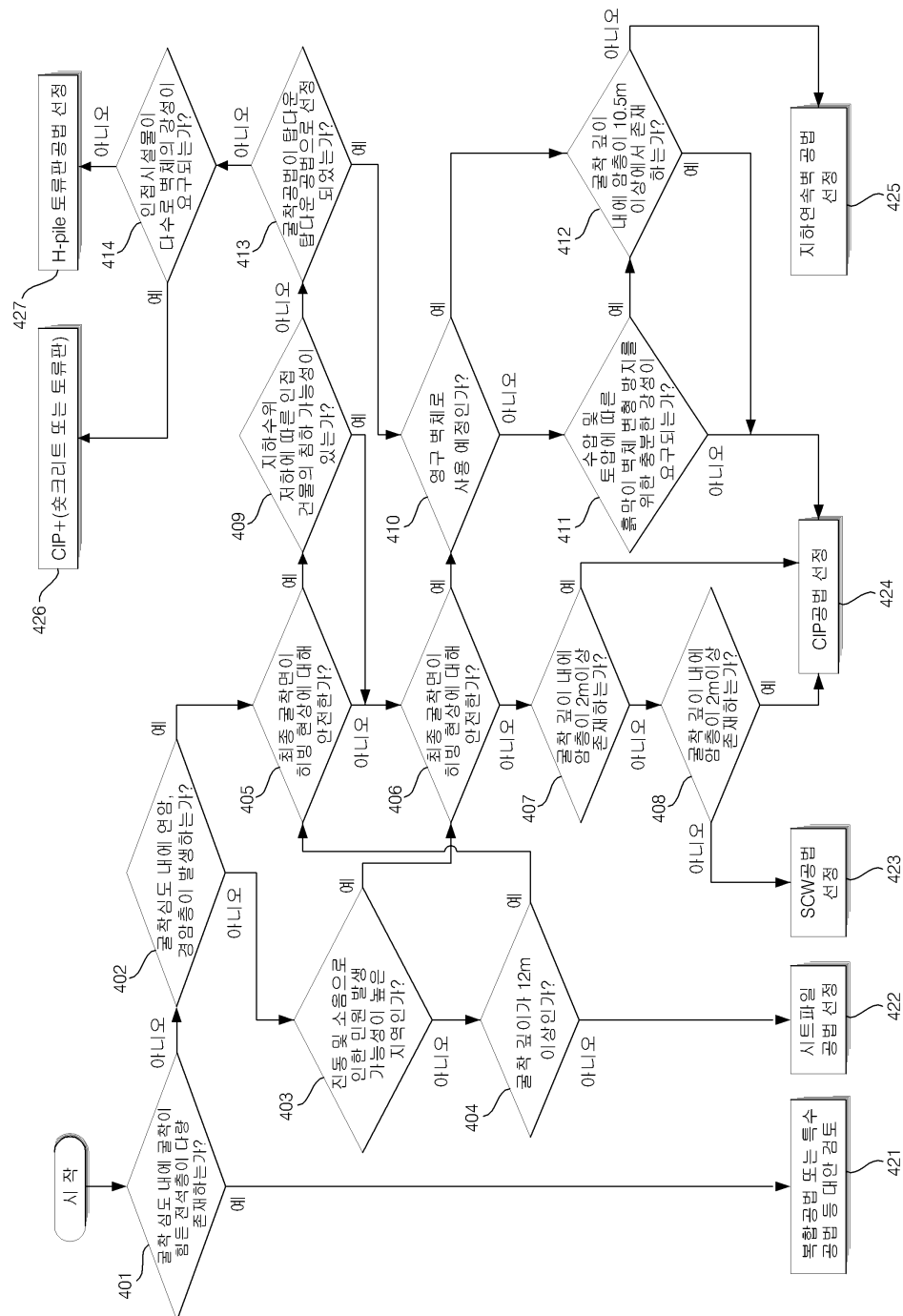
도면2



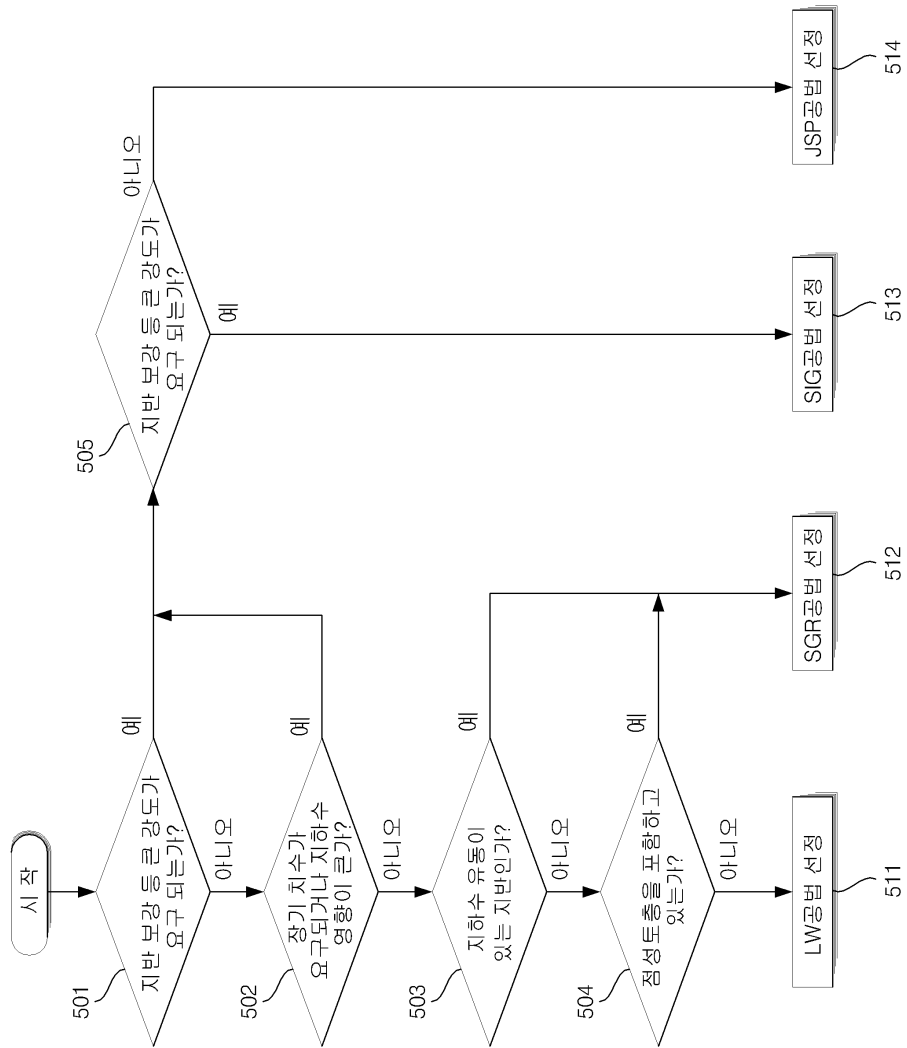
도면3



도면4



도면5



도면6

