



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0087115
(43) 공개일자 2023년06월16일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 10/04 (2023.01) G06Q 10/06 (2012.01)
G06Q 50/08 (2012.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G06Q 10/043 (2013.01)
G06Q 10/06313 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0175766</p> <p>(22) 출원일자 2021년12월09일
심사청구일자 2021년12월09일</p> | <p>(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)</p> <p>(72) 발명자
김태완
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
장준영
인천광역시 연수구 인천타워대로132번길 9, A동
1721호(송도동)</p> <p>(74) 대리인
특허법인 남앤남</p> |
|--|---|

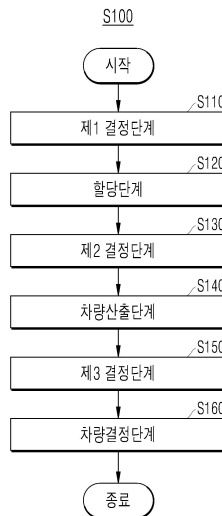
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법

(57) 요약

프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법이 개시된다. 본 발명의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법은, 복수의 PC 부재의 적재방식을 결정하는 제1 결정단계; PC 부재들을 차량별로 할당하는 할당단계; PC 부재들의 적재방식을 차량별로 결정하는 제2 결정단계; PC 부재들의 운반에 필요한 최소차량대수를 산출하는 차량산출단계; 및 차량별 현장도착시간 및 차량의 유형을 결정하는 차량결정단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06Q 10/0633 (2023.01)

G06Q 10/10 (2023.01)

G06Q 50/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615012225

과제번호 158112

부처명 국토교통부

과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 Off-SiteConstruction기반공동주택생산시스템혁신기술개발(R&D)

연구과제명 OSC 기반 공장생산 · 시공 · 품질 통합관리 플랫폼 및 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 PC 부재의 적재방식을 결정하는 제1 결정단계;

상기 PC 부재들을 차량별로 할당하는 할당단계;

상기 PC 부재들의 적재방식을 상기 차량별로 결정하는 제2 결정단계;

상기 PC 부재들의 운반에 필요한 최소차량대수를 산출하는 차량산출단계; 및

상기 차량별 현장도착시간 및 상기 차량의 유형을 결정하는 차량결정단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 결정단계에서,

상기 PC 부재의 유형 및 크기에 따라 수평적재, 수직적재 또는 둘 다(both) 가능 중 하나의 적재방식을 결정하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 할당단계에서,

상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성되는 제2 차량을 포함하고,

상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재가 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 유형과 일치하고, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재와 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하이고, 그리고 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재의 도착시간이 상기 제1 차량의 도착시간과 일치하면, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 할당단계에서,

상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성되는 제2 차량을 포함하고,

상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재가 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 유형과 일치하지 않거나, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재와 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량을 초과하거나, 또는 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재의 도착시간이 상기 제1 차량의 도착시간과 불일치하면, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재를 상기 제2 차량에 할당하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 결정단계에서,

상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능이면 수평적재로 결정되고,

상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 수직적재 또는 둘 다 가능이면 수직적재로 결정되고,
상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 모두 둘 다 가능이면 수평적재로 결정되는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 차량산출단계에서,
상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성된 제2 차량을 포함하고,
상기 제1 차량에 마지막으로 할당된 제1 PC 부재와 상기 제2 차량에 할당된 제2 PC 부재의 설치순서 차이가 1 이상이면서 제1 조건을 만족하면, 상기 제2 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하고,
상기 제1 조건은,
상기 제2 PC 부재의 적재방식이 상기 제1 차량의 적재방식을 만족하는 제11 조건;
상기 제1 차량에 이미 적재된 상기 PC 부재와 상기 제2 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하인 제12 조건;
상기 제1 차량에 스택을 생성하여 상기 스택의 바닥면적 합이 상기 제1 차량의 허용적재면적 이하인 제13 조건;
및
상기 제2 PC 부재 다음으로 상기 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 상기 제11 조건, 상기 제12 조건 및 상기 제13 조건을 만족하는 제14 조건을 포함하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 차량산출단계에서,
상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성된 제2 차량을 포함하고,
상기 제1 차량에 마지막으로 할당된 제1 PC 부재와 상기 제2 차량에 할당된 제2 PC 부재의 설치순서 차이가 2 이상이면서 제2 조건을 만족하면, 상기 제2 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하고,
상기 제2 조건은,
상기 제2 PC 부재의 적재방식이 상기 제1 차량의 적재방식을 만족하는 제21 조건;
상기 제1 차량에 이미 적재된 상기 PC 부재와 상기 제2 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하인 제22 조건;
상기 제1 차량에 스택을 생성하여 상기 스택의 바닥면적 합이 상기 제1 차량의 허용적재면적 이하인 제23 조건;
상기 제2 PC 부재가 야적장에 보관가능한 제24 조건; 및
상기 제2 PC 부재 다음으로 상기 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 상기 제11 조건, 상기 제12 조건 및 상기 제13 조건을 만족하는 제25 조건을 포함하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 차량결정단계에서,
상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 도착시간들 중 가장 빠른 도착시간을 상기 차량의 현장도착시간으로 결정하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 차량결정단계에서,

상기 차량의 적재방식이 수직적재이면, 상기 차량의 유형을 A-Frame Trailer로 결정하고,

상기 차량의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능 중 하나면, 상기 차량의 유형을 Flat-Trailer로 결정하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 프리캐스트 콘크리트 부재를 차량적재에 할당하여 차량 대수를 산출하도록 이루어지는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete) 부재 할당계획은 PC 부재를 공장에서 현장으로 운반하기 위해, PC 부재를 차량적재에 효율적으로 할당하여 차량 대수를 산출하는 업무이다. PC 부재 할당계획은 프로젝트 일정에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 차량 활용률을 높여 차량 대수를 줄인다면 운송비를 절감할 수 있기 때문에 중요하다. 또한, 부재 상하차 중 발생하는 안전사고를 줄이고 차량에서 발생하는 이산화탄소 배출과 에너지 사용을 줄일 수 있다.

[0003] 할당계획 수립시 반영해야 하는 사항으로는 공장 정보(PC 부재의 유형, 중량, 크기, 수량, 운송), 운송 정보(차량 유형 및 제원, 차량의 적재 가능한 한계 중량 및 최대 면적, PC 부재의 크기, PC 부재의 적재 단수, PC 부재의 적재 방법), 현장 정보(PC 부재의 유형, PC 부재의 수량, PC 부재의 설치 순서, 야적장에 보관 가능한 PC 부재 개수 및 적재방식)가 있다.

[0004] PC 공사 관리자들은 이러한 정보를 가지고 PC 부재 할당에 관련된 고려사항들을 만족시킬 수 있는 PC 부재 운송 차량 대수를 산출한다. PC 부재 할당에 필요한 고려사항의 예로는, 현장에서 요청한 도착시각과 부재 설치순서에 따라 차량에 부재를 적재해야 한다면, 부재의 파손 위험으로 인해 서로 다른 타입의 부재끼리 혼합해서 쌓지 않는다 등이 있다.

[0005] 컴퓨터의 도움 없이 이러한 다양한 정보와 고려사항들 간의 관계를 정확히 이해하고 할당계획을 수립하는 것은 매우 어렵다. 그러나 현재 PC 부재의 차량 할당은 정형화되어 있지 않아 PC 공사 관리자가 경험에 의존하여 부재 설치순서와 중량, 차량의 한계 중량 등 일부 사항들만 고려하여 할당 업무를 수행하고 있다. 이에 따라 PC 공사 관리자는 PC 부재 할당계획에 많은 시간을 소요한다. 그리고 관리자의 경력과 지식에 따라 반영하는 정보의 개수가 달라 수립한 계획(예상 차량 대수, 야적장 활용률, 계획 오류(차량공간, 차량 중량, 차량 유형, 부재 스택)의 편차가 발생한다. 종래 PC 부재 할당계획의 문제점을 정리하면 아래와 같다.

[0006] PC 부재 할당계획에 영향을 미치는 다양한 고려사항이 존재한다. 예를 들어, PC 부재 유형별 적재 가능한 단수, PC 부재 크기 또는 유형에 따른 차량 유형 결정, 그리고 차량에 적재 가능한 중량 및 면적, 현장 내 보관 가능한 부재의 개수 등이 있다. PC 공사 관리자는 모든 고려사항을 수작업으로 계산하여 PC 부재 할당계획에 반영하고, 차량대수를 산출하다 보니 하나의 프로젝트 계획 수립에 많은 시간이 소요된다. 이는 PC 공사 관리자 1명이 보통 10개 정도의 프로젝트 계획을 수립하기 때문에 이 업무의 효율을 크게 저하시킬 수 있다.

[0007] PC 부재, 차량, 그리고 야적장 정보 사이에는 다 대 다의 관계(many-to-many relation)가 있으며, 차량 유형에 따라 할당되는 PC 부재의 유형이 다르다. 그리고 야적장 유무 및 보관 가능한 개수에 따라 차량에 적재 가능한 중량과 수량이 달라진다. 따라서 PC 공사 관리자는 PC 부재 할당계획시 많은 계획오류(잘못된 차량 유형 결정, 중량 초과, 면적 초과)를 발생시킬 수 있다. 관리자에 의해 오류가 발생한 PC 부재 할당계획은 공장에서 현장으로 운송 중 부재 누락, 부재 파손 등의 문제가 발생할 수 있다. 이를 예방하기 위해 오류가 발생한 PC 부재 할당계획의 재수립이 요구된다.

[0008] PC 부재 할당계획을 수립하는 전문가의 지식과 경험 그리고 역량에 따라 PC 부재 할당계획의 성과가 다르다. 예

를 들어, PC 공사 관리자가 최소 차량대수를 산출하기 위해서는 차량에 적재한 부재의 수, 야적장 사용률, 차량의 공간 사용 등을 복합적으로 고려해야 한다. 그러나 다양한 유형의 PC 부재를 사용하는 공사 수행 경험이 없는 관리자는 각기 다른 부재의 크기, 유형, 중량, 차량의 제원, 그리고 현장 야적장 시간에 따라 보관이 가능 부재의 수, 유형을 복합적으로 반영하여 최소의 차량 수를 산출하기 매우 어렵다.

- [0009] 이와 같이 PC 공사 관리자가 PC 부재 할당계획을 수작업으로 수립하기 때문에 많은 시간이 소요된다. 또한, 공장, 운송, 현장의 정보와 PC 부재 할당계획 고려사항의 관계를 복합적으로 반영하기 어려워 PC 부재 할당계획 수립 도중에 많은 작성시간, 계획오류, 불필요한 차량대수가 증가한다.
- [0010] 건설관리 연구자들은 운송단계에서 발생하는 문제를 해결하고자 공급망 계획(Hsu et al. 2018; Pei et al. 2018; Bataglin et al. 2019), 부재 운송 일정 계획(Fang and Ng 2019; Tang et al. 2019), 차량 추적 관리(Liu et al. 2020; Xu et al. 2019) 등의 여러 정보(운송계획)를 통합하여 효과적인 운송을 위한 연구를 수행하여 왔다. 이에 따라, PC 공장과 현장 사이에서 발생하는 PC 부재, 차량 위치 등의 정보를 반영하여 잘못된 현장 위치, 오배송 등으로 인한 운송 지연의 문제를 어느 정도 해결하여 일부 운송비용을 절감할 수 있었다.
- [0011] 그러나 기존 선행연구들은 차량에 PC 부재가 적재된 상태에서 현장으로 PC 부재를 운송하는 것에만 초점을 맞추어 연구를 수행하였다. 기존 선행연구들은 차량에 운반할 조립 부재들의 할당이 끝난 상태에서 현장으로 운반하는 과정만을 연구에 반영하여 해당 운송계획이 운송비 측면과 차량 측면에서 효과적인지 파악할 수 없는 한계점을 가지고 있다.
- [0012] OSC 분야에서 PC 부재 할당계획에 관한 연구는 없으며, Precast production 부재와 경량 패널을 대상으로 한 패널 적층(Lee(2021); Shewchuk and Guo (2012)), 패널 설치순서(Lee(2021); Yi et al (2020); Chang et al (2016); Shewchuk and Guo (2012)), 스택 위치(Chang et al. (2016); Shewchuk and Guo (2012)), 재작업(Lee et al. (2021); Shewchuk and Guo (2012))을 고려하여 스택을 생성하는 연구만이 수행되었다.
- [0013] 즉, 건설관리 분야의 선행연구들은 주로 차량 또는 선박 적재함에 경량 패널, 조립식 부재 등을 자동으로 적재하거나 자동으로 스택을 생성하는 연구를 수행하였다. 선행연구들은 주로 부재 수량, 설치순서, 중량, 면적, 부재 설치순서, 운반의 안전성 등을 반영하여 자동화된 부재 할당, 스택 생성 알고리즘 개발에 관한 것이었다.
- [0014] 그러나 선행연구의 방법들은 PC 부재의 고유 특성(부재 유형, 중량, 크기, 수량), 차량(중량, 면적, 유형), 야적장 정보(보관 가능한 부재의 개수) 등의 PC 부재 할당계획에 필요한 고려사항을 반영하지 않아, 연구결과를 PC 부재 할당계획에 적용할 수 없는 한계를 가진다. 따라서 PC 부재, 차량, 야적장 정보 간의 관계를 복합적으로 반영한 PC 부재 할당계획의 자동화 알고리즘 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적은, PC 부재 할당계획시 공장, 운송, 현장의 정보는 물론, PC 부재 할당계획의 고려사항을 자동으로 반영하여 오류가 없으며, 정보 및 고려사항의 효과적 반영에 의해 최소의 트레일러 수를 도출하도록 이루어지는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 복수의 PC 부재의 적재방식을 결정하는 제1 결정단계; 상기 PC 부재들을 차량별로 할당하는 할당단계; 상기 PC 부재들의 적재방식을 상기 차량별로 결정하는 제2 결정단계; 상기 PC 부재들의 운반에 필요한 최소차량대수를 산출하는 차량산출단계; 및 상기 차량별 현장도착시간 및 상기 차량의 유형을 결정하는 차량결정단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법에 의하여 달성된다.
- [0017] 상기 제1 결정단계에서, 상기 PC 부재의 유형 및 크기에 따라 수평적재, 수직적재 또는 둘 다(both) 가능 중 하나의 적재방식을 결정하도록 이루어질 수 있다.
- [0018] 상기 할당단계에서, 상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성되는 제2 차량을 포함하고, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재가 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 유형과 일치하고, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재와 상기 제1 차량에 이미 할당된 상기 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하이고, 그리고 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재의 도착시간이 상기 제1 차량의 도착시간과

일치하면, 상기 제1 차량에 할당할 상기 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하도록 이루어질 수 있다.

- [0019] 상기 제2 결정단계에서, 상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능이면 수평적재로 결정되고, 상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 수직적재 또는 둘 다 가능이면 수직적재로 결정되고, 상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 적재방식이 모두 둘 다 가능이면 수평적재로 결정되도록 이루어질 수 있다.
- [0020] 상기 차량산출단계에서, 상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성된 제2 차량을 포함하고, 상기 제1 차량에 마지막으로 할당된 제1 PC 부재와 상기 제2 차량에 할당된 제2 PC 부재의 설치순서 차이가 1 이상이면서 제1 조건을 만족하면, 상기 제2 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하도록 이루어질 수 있다.
- [0021] 상기 제1 조건은, 상기 제2 PC 부재의 적재방식이 상기 제1 차량의 적재방식을 만족하는 제11 조건; 상기 제1 차량에 이미 적재된 상기 PC 부재와 상기 제2 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하인 제12 조건; 상기 제1 차량에 스택을 생성하여 상기 스택의 바닥면적 합이 상기 제1 차량의 허용적재면적 이하인 제13 조건; 및 상기 제2 PC 부재 다음으로 상기 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 상기 제11 조건, 상기 제12 조건 및 상기 제13 조건을 만족하는 제14 조건을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0022] 상기 차량산출단계에서, 상기 차량은 제1 차량과, 상기 제1 차량 다음에 생성된 제2 차량을 포함하고, 상기 제1 차량에 마지막으로 할당된 제1 PC 부재와 상기 제2 차량에 할당된 제2 PC 부재의 설치순서 차이가 2 이상이면서 제2 조건을 만족하면, 상기 제2 PC 부재를 상기 제1 차량에 할당하도록 이루어질 수 있다.
- [0023] 상기 제2 조건은, 상기 제2 PC 부재의 적재방식이 상기 제1 차량의 적재방식을 만족하는 제21 조건; 상기 제1 차량에 이미 적재된 상기 PC 부재와 상기 제2 PC 부재의 전체 중량이 상기 제1 차량의 적재허용중량 이하인 제22 조건; 상기 제1 차량에 스택을 생성하여 상기 스택의 바닥면적 합이 상기 제1 차량의 허용적재면적 이하인 제23 조건; 상기 제2 PC 부재가 야적장에 보관가능한 제24 조건; 및 상기 제2 PC 부재 다음으로 상기 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 상기 제11 조건, 상기 제12 조건 및 상기 제13 조건을 만족하는 제25 조건을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0024] 상기 차량결정단계에서, 상기 차량에 할당된 상기 PC 부재들의 도착시간들 중 가장 빠른 도착시간을 상기 차량의 현장도착시간으로 결정하도록 이루어질 수 있다.
- [0025] 상기 차량결정단계에서, 상기 차량의 적재방식이 수직적재이면, 상기 차량의 유형을 A-Frame Trailer로 결정하고, 상기 차량의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능 중 하나면, 상기 차량의 유형을 Flat-Trailer로 결정하도록 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명에 의하면, 제1 결정단계, 할당단계, 제2 결정단계, 차량산출단계 및 차량결정단계를 단계적으로 수행함으로써, PC 부재 할당계획시 공장, 운송, 현장의 정보는 물론, PC 부재 할당계획의 고려사항을 자동으로 반영하여 오류가 없으며, 정보 및 고려사항의 효과적 반영에 의해 최소의 트레일러 수를 도출하도록 이루어지는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 순서도이다.
- 도 2는 도 1의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 제1 결정단계를 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 도 1의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 할당단계를 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 도 1의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 제2 결정단계를 나타내는 순서도이다.
- 도 5는 도 1의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 차량산출단계를 나타내는 순서도이다.
- 도 6은 도 1의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법의 차량결정단계를 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하면 다음과 같다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서, 이미 공지된 기능 혹은 구성에 대한 설명은, 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략

하기로 한다.

[0030] 본 발명의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)은, PC 부재 할당계획시 공장, 운송, 현장의 정보는 물론, PC 부재 할당계획의 고려사항을 자동으로 반영하여 오류가 없으며, 정보 및 고려사항의 효과적 반영에 의해 최소의 트레일러 수를 도출하도록 이루어진다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)에서 PC 부재의 유형은 건축물의 구조를 이루는 벽, 슬라브, 기둥, 보, 계단일 수 있다. 그리고 PC 부재 운반 차량의 유형은 일반적으로 PC 부재 운송에 사용되는 25 Ton 트레일러(A-Frame, Flat) 트레일러를 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)에서 PC 부재 할당계획에 반영한 고려사항들은 아래 [표 1]과 같다. 모든 고려사항(C1~C7)들은 PC 부재 할당계획에 필수로 반영해야 한다.

표 1

Considerations reflected in PC component allocation plan			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Category			Loading sequence of PC components	Trailer specifications	The type of PC components	Existence of yard for storing PC components	Create stacks by component type	Allowable stacking singular by precast component	Number of vehicles for PC component transport
PC construction plan report		Case A	-	-	-	-	○	-	-
		Case B	○	○	-	-	○	-	-
		Case C	○	○	○	-	-	-	-
		Case D	○	○	-	-	○	-	-
		Case E	-	-	-	○	○	-	-
		Case F	○	○	-	-	-	-	-
		Case G	○	○	-	-	-	-	-
		Case H	○	-	-	-	-	-	-
		Case I	-	-	-	○	○	-	-
		Case J	○	○	-	-	-	○	-
		Case K	○	-	-	-	-	-	-
		Case L		○	○	-	-	○	-
Literature review	Construction Loading Plan	Lee et al (2021)	○	-	-	○	○	-	-
		Yi et al (2020)	○	-	-	-	-	○	-
		Shewchuk and Guo (2012)	○	-	-	○	○	-	○
		Chang et al (2016)	○	○	-	-	-	-	-

PC Construction Site Manager Interviews	Interview 1	○	-	○	-	-	○	○
	Interview 2	○	-	-	○	-	○	○
	Interview 3	○	○	-	-	-	○	○
	Interview 4	○	-	-	○	-	-	○
	Interview 5	○	-	-	-	○	-	○
	Interview 6	○	○	-	-	-	○	-
	Interview 7	○	-	○	-	-	○	-
	Interview 8	-	○	-	○	○	○	-
	Interview 9	-	○	○	-	○	-	○
	Interview 10	○	○	-	-	-	-	-
	Interview 11	○	-	-	-	○	-	○
	Interview 12	-	○	-	-	-	○	-
	Interview 13	○	○	○	-	○	-	-
	Interview 14	○	○	-	○	-	-	○
	Interview 15	○	-	○	-	○	○	-

[0034] 현장정보 C1>Loading sequence of PC components

[0035] 현장에서 요청한 도착시각과 PC 부재 설치순서대로 PC 부재를 적재해야 한다. PC 부재 할당계획을 수립할 때 도착시각과 설치순서가 무시되면 당일 현장에서 작업을 수행할 수 없으며, 별도로 PC 부재 하역 작업이 추가로 발생하여 조립시간 지연에 영향을 미칠 수 있다.

[0036] 운송정보 및 공장정보 C2(Trailer specifications)

[0037] 차량의 허용 적재용량, 차량 크기 이상으로 부재를 싣는 것은 불가능하다. 국가 법령 또는 도로교통법 그리고 국제 표준화된 차량 크기로 인해 최대로 적재 가능한 중량은 25 Ton을 초과할 수 없다.

[0038] 공장정보 및 운송정보 C3(The type of PC components)

[0039] 벽과 슬라브 부재는 크기가 가로, 세로 중 하나라도 일정 크기 이상일 때는 다리 또는 톨게이트를 통과할 수 없으므로 low-bed 트레일러(equipped with A-Frame)에 적재해야 한다. 부재의 크기가 2.5m를 넘으면 다리 또는 톨게이트를 통과할 수 없으므로 운송에 영향을 미친다. 이를 해결하기 위해서는 부재의 길이가 2.5m X 2.5m를 초과할 경우 A-Frame 트레일러에 적재해야 한다.

[0040] 운송정보 및 현장정보 C4(Existence of yard for storing PC components)

[0041] 현장 야적공간에 여유가 있으면 도착시간 이전에 부재를 운반할 수 있다. 차량 적재 중량이 남았을 때 PC 공사 관리자와 협의를 통해 설치순서 또는 설치 시간이 다른 PC 부재를 사전에 운반할 수 있으며, 차량 대수 감소로 인해 운반 비용을 감소할 수 있으므로 필요한 고려사항이다.

[0042] 공장정보 및 운송정보 C5(Create stacks by component type)

[0043] 공장에서 현장으로 PC 부재 운반 중 발생할 수 있는 차량 전복 또는 부재 파손을 미리 방지하기 위해서 유형별 적재 가능한 단수를 고려하여 PC 부재의 스택을 만들어야 한다. PC 부재를 차량에 하나씩 적재하면 안전성이 높고 부재 파손의 위험이 낮아지지만, 차량 대수를 많이 사용하여 운송비가 증가한다. 이를 방지하기 위해서는 PC 부재별 적재 가능한 단수, 같은 PC 부재 유형끼리 스택을 생성하여야 한다.

[0044] 공장정보 C6(Allowable stacking singular by precast component)

[0045] 부재의 파손 위험으로 인해 서로 다른 타입의 부재끼리 혼합해서 쌓는 것은 불가능하다. 차량의 면적 한도 내에서는 다른 타입의 부재로 구성된 복수의 스택을 할당할 수 있다. 벽과 슬라브 등과 같이 차량에 혼합 적재를 하는 경우가 있지만, 이런 경우에는 혼합 부재(슬라브와 보) 간에 적층하는 형태가 아니라 다른 공간에 따로 적재해야 한다.

[0046] 공장정보, 운송정보, 현장정보 C7(Number of vehicles for PC component transport)

[0047] 운송비용을 절감하기 위해서 차량 공간을 효율적으로 활용하여 차량 대수를 최소화해야 한다. 비효율적인 차량 공간 활용은 차량 대수를 증가시켜 기존 계약한 운반비를 초과할 수 있다. 이를 방지하기 위해 PC 부재 유형과 면적 그리고 차량의 면적과 중량을 복합적으로 고려하여 최소 차량 대수를 산정해야 한다.

- [0048] 상술한 C1-C7 PC 부재 고려사항은 PC 부재 할당계획 수립 자동화 방법(S100)을 개발할 때 PC 부재 할당계획 프로세스에 반영하였다.
- [0049] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)의 순서도이다.
- [0050] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)은, 프리캐스트 콘크리트 부재를 차량적재에 할당하여 차량 대수를 산출하도록 이루어지며, 제1 결정단계(S110), 할당단계(S120), 제2 결정단계(S130), 차량산출단계(S140) 및 차량결정단계(S150)를 포함한다.
- [0051] 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 결정단계(S110)는 복수의 PC 부재의 적재방식을 결정하는 단계이다.
- [0052] PC 부재의 적재방식 결정은 PC 부재 발주요청서 목록의 PC 부재를 차량에 수직, 수평, 또는 둘 다(Both)로 적재할지를 결정하는 단계이다. PC 부재의 유형 및 크기에 따라 수평적재, 수직적재 또는 둘 다(both) 가능 중 하나의 적재방식을 결정한다. 이는 PC 부재 유형(벽, 슬라브, 기둥, 보, 계단), PC 부재 크기, 도착시각 정보와 C3의 고려사항을 반영하여 결정된다.
- [0053] 우선, 사용자는 차량의 면적(가로, 세로), 차량의 허용 적재 중량, 부재별 허용 적층 단수(기둥 단수, 보 단수, 슬라브 단수, 벽 단수, 계단 단수), 야적장 정보(수평, 수직 보관개수, 보관 가능시간)를 시스템에 입력(S111)한다. 이후 PC 공사 관리자가 작성한 PC 부재 설치순서에 따라 부재의 크기(가로, 세로), 부재의 중량(Kg), 부재의 개수(개), 부재의 유형(벽, 기둥, 보, 슬라브, 계단), 도착시간을 시스템에 입력한다.
- [0054] 컴퓨터는 사용자가 입력한 PC 부재를 설치순서대로 선택(S112)하여 해당 부재의 유형이 슬라브, 벽, 기둥, 보, 계단인지를 확인한다. 그리고 나서 PC 부재의 적재방식을 결정(S113)한다.
- [0055] 컴퓨터가 불러온 PC 부재 유형이 슬라브나 벽일 경우에는 PC 부재의 크기를 확인한다. PC 부재의 가로 또는 세로의 크기가 2.5m를 초과할 경우에는 불러온 PC 부재의 적재방식이 수직으로 결정된다. 반면 슬라브나 벽의 크기가 2.5m이하일 경우에는 PC 부재의 적재방식이 Both로 결정(S113)된다.
- [0056] 컴퓨터가 불러온 PC 부재의 유형이 기둥, 보, 계단일 경우에는 PC 부재 적재방식은 무조건 수평으로 결정(S113)된다.
- [0057] 컴퓨터가 불러온 PC 부재의 적재방식이 결정(S113)되면, 모든 PC 부재의 적재방식이 결정되었는지 판단(S114)한다. 모든 PC 부재의 적재방식이 결정되지 않았다면, PC 부재 목록에서 다음 PC 부재를 불러온다. 이 작업은 PC 부재 목록의 PC 부재가 전부 소진될 때까지 반복하여 수행한다.
- [0058] 일 예로, 슬라브 또는 벽체의 가로 또는 세로의 크기가 2.5m를 초과하면 다리 또는 톨게이트 입구의 폭보다 크기 때문에 부재를 실은 트레일러가 톨게이트를 통과할 수 없다. 이 때문에 시스템은 사전에 PC 부재 유형과 크기를 고려하여 차량에 적재 가능한 방식을 결정해야 한다.
- [0059] 모든 PC 부재의 적재방식이 결정(S114)되었다면, 제1 결정단계(S110)가 종료되고, 할당단계(S120)를 개시한다.
- [0060] 도 3에 도시된 바와 같이, 할당단계(S120)는 PC 부재들을 차량별로 할당하는 단계이다.
- [0061] 컴퓨터는 최초 차량을 생성(S121)한 다음, PC 부재 설치 순서에 따라 PC 부재를 순차적으로 선택(S122)한다. 이후 공장 정보(부재의 유형, 부재의 중량), 운송 정보(차량의 허용 적재 중량, 차량의 허용 적재 면적), 그리고 현장 정보(도착시간)를 고려(S123)하여 동일한 PC 부재 유형끼리 차량 맵핑을 생성(S125)한다. 이 단계에서는 C1, C2의 고려사항이 반영되었다. 보다 자세하게 설명하면 아래와 같다.
- [0062] 먼저, 컴퓨터는 초기에 입력한 차량의 허용 적재 중량, 차량의 허용 적재 면적을 반영한 새로운 차량을 생성(S121)한다. 본 발명의 용이한 이해를 위해, 차량을 제1 차량과 제2 차량으로 구분하고자 한다. 제2 차량은 제1 차량 다음에 생성되는 차량을 의미한다.
- [0063] 그리고 나서 컴퓨터는 PC 부재 목록에서 PC 부재를 설치순서대로 선택(S122)하고, 해당 PC 부재가 아래 조건들을 만족하는지 확인(S123)한다.
- [0064] 컴퓨터가 PC 부재 목록에서 설치순서대로 불러온 PC 부재를 차량에 할당할 때, 차량에 할당된 PC 부재의 유형(보, 슬라브, 벽, 계단, 기둥)이 일치하는지 확인한다. 즉, 컴퓨터는 제1 차량에 할당할 PC 부재가 제1 차량에 이미 할당된 PC 부재의 유형과 일치하는지 확인한다.
- [0065] 또한, 컴퓨터가 PC 부재 목록에서 설치순서대로 불러온 PC 부재를 차량에 할당할 때, 차량에 할당된 PC 부재의

전체 중량과 할당하려는 PC 부재의 합이 제1 결정단계(S110)에서 입력한 차량 적재 허용 중량을 초과하지 않는지 확인한다. 즉, 컴퓨터는 제1 차량에 할당할 PC 부재와 제1 차량에 이미 할당된 PC 부재의 전체 중량이 제1 차량의 적재허용중량 이하인지 확인한다.

[0066] 또한, 컴퓨터가 PC 부재 목록에서 설치순서대로 불러온 PC 부재를 차량에 할당할 때, 차량에 할당된 PC 부재의 도착시간과 일치하는지 확인한다. 즉, 제1 차량에 할당할 PC 부재의 도착시간이 제1 차량의 도착시간과 일치하는지 확인한다.

[0067] 상술한 조건들이 모두 부합하면 제1 차량에 할당하고자 설치순서대로 불러온 PC 부재를 제1 차량에 할당(S125)한다.

[0068] 만일 상술한 3가지 조건 중 하나라도 부합하지 않으면 새로운 차량을 생성(S124)하여 할당한다. 즉, 제1 차량에 할당할 PC 부재가 제1 차량에 이미 할당된 PC 부재의 유형과 일치하지 않거나, 제1 차량에 할당할 PC 부재와 제1 차량에 이미 할당된 PC 부재의 전체 중량이 제1 차량의 적재허용중량을 초과하거나, 또는 제1 차량에 할당할 PC 부재의 도착시간이 제1 차량의 도착시간과 불일치하면, 제2 차량을 생성(S124)하고 나서, 제1 차량에 할당할 PC 부재를 제2 차량에 할당(S125)한다.

[0069] 이 작업은 PC 부재 목록의 PC 부재가 전부 소진될 때까지 반복하여 수행한다. 모든 PC 부재의 할당이 완료(S126)되었다면, 할당단계(S120)가 종료되고, 제2 결정단계(S130)를 개시한다.

[0070] 도 4에 도시된 바와 같이, 제2 결정단계(S130)는 PC 부재들의 적재방식을 차량별로 결정하는 단계이다.

[0071] 할당단계(S120)에서 차량 맵핑을 생성(S125)한 차량을 순서대로 선택(S131)한다. 이후 운송 정보(PC 부재 적재 방식)를 고려하여 차량별 적재 방식을 결정(S132)한다. 이 단계에서는 C3, C6의 고려사항이 반영되었다. 보다 자세하게 설명하면 아래와 같다.

[0072] 먼저, 컴퓨터는 생성된 차량을 순서대로 선택(S131)한다. 그리고 나서 불러온 차량 내의 PC 부재를 설치순서대로 불러와 아래 조건에 부합하는 차량의 적재 방식을 결정(S132)한다.

[0073] 차량에 할당된 PC 부재들의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능이면 수평적재로 결정(S132)된다. 그리고 차량에 할당된 PC 부재들의 적재방식이 수직적재 또는 둘 다 가능이면 수직적재로 결정(S132)된다. 한편, 차량에 할당된 PC 부재들의 적재방식이 모두 둘 다 가능이면 수평적재로 결정(S132)된다.

[0074] 이 작업은 모든 차량의 적재 방식이 결정(S133)될 때까지 반복하여 수행한다. 모든 차량의 적재 방식이 결정(S133)되었다면, 제2 결정단계(S130)가 종료되고, 차량산출단계(S140)를 진행한다.

[0075] 도 5에 도시된 바와 같이, 차량산출단계(S140)는 PC 부재들의 운반에 필요한 최소차량대수를 산출하는 단계이다. 본 발명의 용이한 이해를 위해, 차량을 제1 차량과 제2 차량으로 구분하고자 한다. 제2 차량은 제1 차량 다음에 생성된 차량을 의미한다.

[0076] 제2 결정단계(S130)에서 모든 차량의 적재 방식이 결정(S133)되면, 생성된 순서대로 차량을 선택(S141)하여, 공장정보(PC 부재의 유형, 중량, 크기, 수량), 운송정보(차량의 남은 허용 면적, 중량, PC 부재 적재 단수, PC 부재 적재 방식), 현장정보(야적장에 할당 가능한 PC 부재 적재 방식 및 개수, 야적장에 보관 가능한 시간)를 바탕으로 PC 부재 운반에 필요한 최소 차량 대수를 산출한다. 이 단계에서는 C4, C5, C6, C7의 고려사항이 반영되었다. 보다 자세하게 설명하면 아래와 같다.

[0077] 먼저, 컴퓨터는 차량별 적재 방식이 결정된 차량을 순서대로 선택한다. 그리고 나서 불러온 제1 차량 다음에 생성된 제2 차량을 선택한 다음, 제2 차량에 할당된 PC 부재를 설치순서대로 선택(S142)한다.

[0078] 이때, 제1 차량에 마지막으로 할당된 PC 부재(이하 '제1 PC 부재')와 제2 차량에 할당된 PC 부재(이하 '제2 PC 부재')의 설치순서 차이가 1 이상이면 제1 조건을 모두 만족(S143)하면, 제2 PC 부재를 제1 차량에 할당(S144)한다. 제1 조건은 제11 조건, 제12 조건, 제13 조건 및 제14 조건을 포함한다.

[0079] 제11 조건은 제2 PC 부재의 적재방식이 제1 차량의 적재방식을 만족하는지 이다. 제12 조건은 제1 차량에 이미 적재된 PC 부재와 제2 PC 부재의 전체 중량이 제1 차량의 적재허용중량 이하인지 이다. 제13 조건은 제1 차량에 스택을 생성하여 스택의 바닥면적 합이 제1 차량의 허용적재면적 이하인지 이다. 제14 조건은 제2 PC 부재 다음으로 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 제11 조건, 제12 조건 및 제13 조건을 만족하는지 이다.

[0080] 한편, 제1 차량에 마지막으로 할당된 PC 부재(이하 '제1 PC 부재')와 제2 차량에 할당된 PC 부재(이하 '제2 PC

부재')의 설치순서 차이가 2 이상이면 제2 조건을 모두 만족(S143)하면, 제2 PC 부재를 제1 차량에 할당(S144)한다. 제2 조건은 제21 조건, 제22 조건, 제23 조건, 제24 조건 및 제25 조건을 포함한다.

[0081] 제21 조건은 제2 PC 부재의 적재방식이 제1 차량의 적재방식을 만족하는지 이다. 제22 조건은 제1 차량에 이미 적재된 PC 부재와 제2 PC 부재의 전체 중량이 제1 차량의 적재허용중량 이하인지 이다. 제23 조건은 제1 차량에 스택을 생성하여 스택의 바닥면적 합이 제1 차량의 허용적재면적 이하인지 이다. 제24 조건은 제2 PC 부재가 야적장에 보관 가능한지 이다. 제25 조건은 제2 PC 부재 다음으로 제2 차량에 할당된 제3 PC 부재가 제11 조건, 제12 조건 및 제13 조건을 만족하는지 이다.

[0082] 이 작업은 PC 부재 목록의 PC 부재가 전부 소진될 때까지 반복하여 수행한다. 모든 PC 부재의 할당이 완료(S145)되었다면, 차량산출단계(S140)가 종료되고, 차량결정단계(S150)를 진행한다.

[0083] 도 6에 도시된 바와 같이, 차량결정단계(S150)는 차량별 현장도착시간 및 차량의 유형을 결정하는 단계이다.

[0084] 차량산출단계(S140)에서 모든 PC 부재의 할당이 완료(S145)되었다면, 생성된 순서대로 차량을 선택(S151)하여, 운송정보(PC 부재 적재 방식), 현장정보(도착시간)를 바탕으로 PC 부재 운반에 필요한 현장도착시간을 결정(S152)하고, 차량 유형을 결정(S153)한다. 이 단계에서는 C1, C3의 고려사항이 반영되었다. 보다 자세하게 설명하면 아래와 같다.

[0085] 컴퓨터는 차량을 순서대로 선택(S151)하고, 해당 차량에 할당된 PC 부재의 도착시간을 확인한다. 이후 차량에 할당된 PC 부재들의 도착시간들 중 가장 빠른 도착시간을 차량의 현장도착시간으로 결정(S152)한다.

[0086] 그리고 해당 차량의 적재 방식을 확인한다. 차량의 적재방식이 수직적재이면, 차량의 유형을 A-Frame Trailer로 결정한다. 차량의 적재방식이 수평적재 또는 둘 다 가능 중 하나면, 차량의 유형을 Flat-Trailer로 결정한다.

[0087] 이 작업은 모든 차량의 현장도착시간 및 유형이 결정(S154)될 때까지 반복하여 수행한다. 모든 차량의 현장도착시간 및 유형이 결정(S154)되었다면, 차량결정단계(S150)가 종료된다.

[0088] 본 발명의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)은 차량, 야적장을 효과적으로 사용하여 최소의 차량에 PC 부재를 할당하는 방법을 제안한다. 본 발명은 관리자의 개입을 최소화하여 효과적이고 빠르게 일관된 계획을 수립할 수 있다.

[0089] 본 발명의 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)을 PC 공사 관리자가 사용한다면, 계획 수립에 걸렸던 시간을 약 5배 정도 단축할 수 있으며, 운송비도 약 2배 정도 절감할 수 있다. 단축된 계획 수립시간과 운송비용을 현장관리(공정, 품질) 등의 업무에 추가로 사용한다면, PC 공사 프로젝트의 안전, 품질 등을 더욱 효과적으로 관리할 수 있다.

[0090] 본 발명에서 개발한 PC 부재 할당계획 자동화 모델을 사용한다면, 사용자의 경험에 무관하게 일관성 있는 PC 부재 할당계획을 수립할 수 있고, 인적오류로 인한 잘못된 계획 수립을 예방할 수 있다. 또한, 차량과 야적장을 효과적으로 사용하여 PC 공사 전체 운반비 절감하여 프로젝트 비용 절감에 큰 도움을 줄 수 있다.

[0091] 본 발명에 의하면, 제1 결정단계(S110), 할당단계(S120), 제2 결정단계(S130), 차량산출단계(S140) 및 차량결정단계(S150)를 단계적으로 수행함으로써, PC 부재 할당계획시 공장, 운송, 현장의 정보는 물론, PC 부재 할당계획의 고려사항을 자동으로 반영하여 오류가 없으며, 정보 및 고려사항의 효과적 반영에 의해 최소의 트레일러 수를 도출하도록 이루어지는 프리캐스트 콘크리트 부재의 할당계획 자동화 방법(S100)을 제공할 수 있게 된다.

[0093] 앞에서, 본 발명의 특정한 실시예가 설명되고 도시되었지만 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 일이다. 따라서, 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 기술적 사상이나 관점으로부터 개별적으로 이해되어서는 안되며, 변형된 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

부호의 설명

[0094] S100 : 할당계획 자동화 방법

S110 : 제1 결정단계

S120 : 할당단계

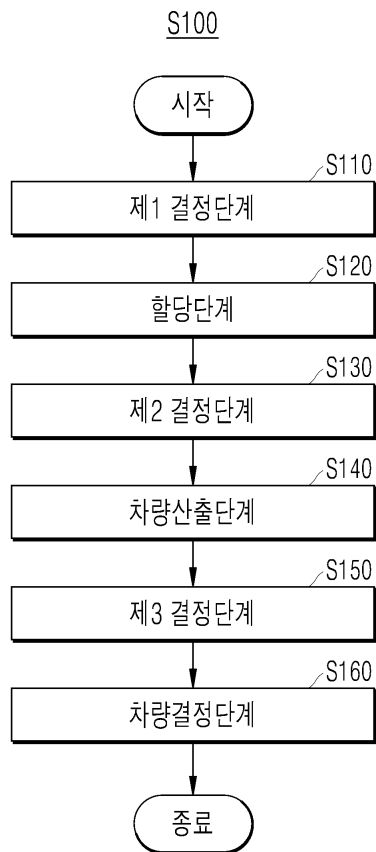
S130 : 제2 결정단계

S140 : 차량산출단계

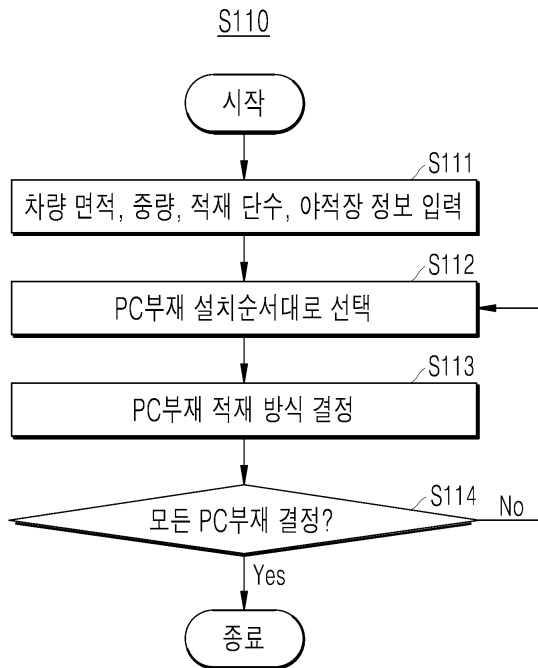
S150 : 차량결정단계

도면

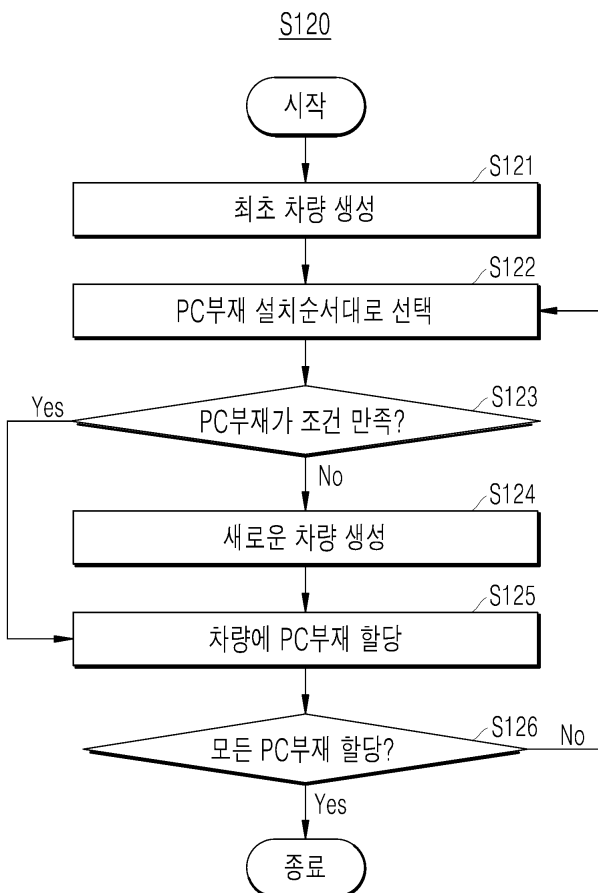
도면1



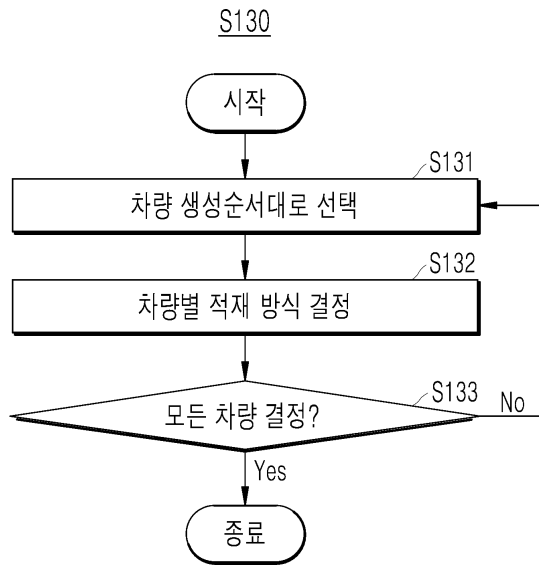
도면2



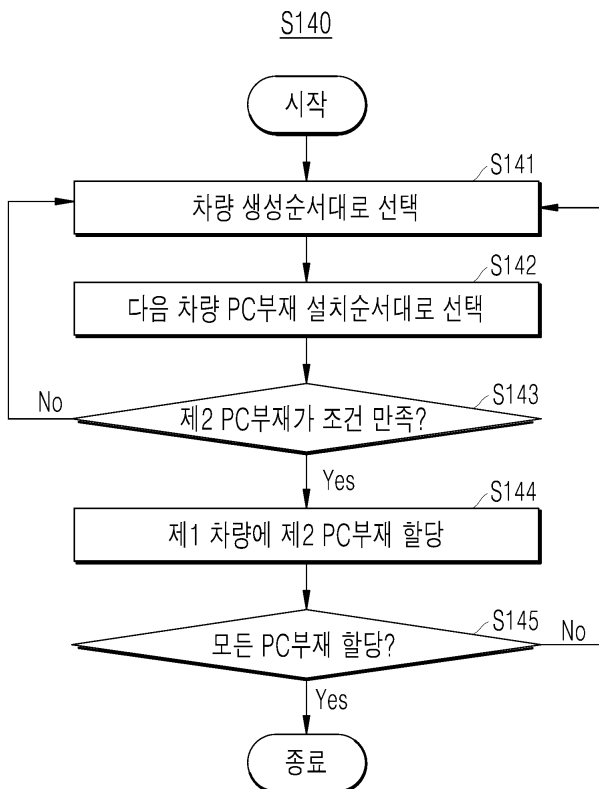
도면3



도면4



도면5



도면6

