



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월16일  
(11) 등록번호 10-1386074  
(24) 등록일자 2014년04월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/08 (2012.01)

(21) 출원번호 10-2012-0048616

(22) 출원일자 2012년05월08일

심사청구일자 2012년05월08일

(65) 공개번호 10-2013-0125113

(43) 공개일자 2013년11월18일

(56) 선행기술조사문헌

논문(생애주기비용을 고려한 도로포장의 자산가치 평가에 대한 연구, 대한토목학회논문집, 제29권 제1 D호, 2009.01, PP. 63-72)

KR100748078 B1

논문(국도유지관리를 위한 포장관리시스템 개발에 관한 연구, 한국도로학회논문집 제9권 제4호, 2007.12, PP.159-169)

KR1020100076708 A

(73) 특허권자

(주)에스엔건설

대전광역시 동구 동서대로 1708, 812호 (가양동, 명신빌딩)

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

도명식

대전 서구 청사로 254, 111동 906호 (문산동, 동지아파트)

이용준

대전광역시 중구 동서대로 1388, 109-1301(목동, 금호한사랑아파트)

김조순

대전광역시 유성구 계룡로 55, 102동 2903호 (봉명동, 유성자이)

(74) 대리인

박정호

전체 청구항 수 : 총 11 항

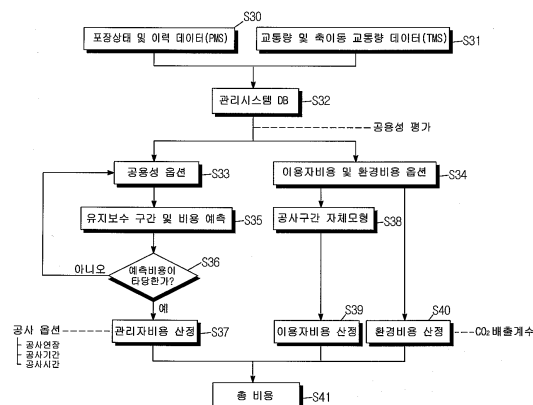
심사관 : 홍경희

(54) 발명의 명칭 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템 및 그 관리방법 및 그 기록매체

(57) 요약

본 발명은 생애주기비용 분석을 이용한 도로 포장 단면의 체계적이고 경제적인 유지보수 및 관리를 위한 도로포장관리시스템(RPMS: Road Pavement Management System) 및 그 관리방법 및 그 기록매체에 관한 것으로, 도로의 대상구간을 선정하는 단계; 이어 유지보수 기준 선정단계; 이어 차종별 축하중 구분에 따른 공용성 평가 단계; 이어 유지보수 필요 구간 정렬단계; 이어 예산이 만족하면 종료하고 예산이 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 예산만족 판단단계; 상기 예산만족 판단단계에서 예산이 만족하지 않으면 유지보수 구간 차종별 교통량을 입력하는 단계; 이어 차종별 이용자비용 원단위 입력단계; 이어 유지보수 구간 이용자비용 산정 단계; 이어 이용자비용을 고려한 유지보수 필요 구간 우선순위 평가단계; 이어 예산 범위 내 최종 유지보수 구간을 선정하는 단계; 로 된다.

대표도 - 도4



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템의 도로포장 관리방법에 있어서;

도로의 대상구간을 선정하고 대상구간 도로의 유지보수 기준을 선정하는 단계;

상기 대상구간 도로의 차종별 축하중 구분에 따른 공용성을 평가하고, 대상구간 도로의 유지보수 필요 구간을 정렬하고 공사비용을 계산하여 예산을 예측하는 단계;

상기 예측 예산이 만족하면 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선정한 다음 종료하고 예산이 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 예산 만족 판단 단계;

상기 예산 만족 판단 단계에서 예산이 만족하지 않으면 유지보수 구간의 차종별 교통량을 입력하고 차종별 이용자비용을 원단위로 입력하여 유지보수 구간의 이용자비용을 산정하는 단계;

상기 이용자비용을 고려하여 유지보수가 필요한 구간의 우선순위를 평가하여 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선정하는 단계;

로 된 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서;

공사비용을 계산하여 예산을 예측하는 단계는,

도로의 대상 구간의 공사현황과 공사시간대에 따른 노동 임금 단가와 차종별 시간별 교통량을 차례로 입력하고;

이어 공사시간대(주·야간)에 따른 총 비용과 최적 공사시간을 산정하도록 함을 특징으로 하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

### 청구항 3

생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템의 도로포장 관리방법에 있어서;

대상구간 도로의 포장상태 및 이력 데이터(PMS)와 교통량 및 축하중 교통량 데이터(TMS)를 각각 취득하여 관리 시스템 DB를 구축하는 단계;

상기 관리시스템 DB를 이용하여 차종별 축하중 구분에 따른 포장파손 예측 및 유지보수 기준지수를 설정하는 공용성 옵션 단계 및 공사 전/후의 교통량 데이터 및 CO<sup>2</sup> 배출계수 등을 입력하는 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계;

상기 공용성 옵션을 이용하여 유지보수 구간 및 비용을 계산하여 예측하는 단계;

상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하지 않으면 상기 공용성 옵션 단계로 돌아가 공용성 옵션을 재설정하고, 상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하면 관리자 비용을 산정하는 단계를 진행하는 예측 비용 판단 단계;

상기 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계에서 공사구간 자체모형을 계산하고 이용자비용을 산정하는 단계 및 환경비용을 산정하는 단계;

상기에서 산정된 관리자비용 및 이용자비용 및 환경비용을 계산하여 도로포장 총비용을 얻는 단계;

로 된 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서;

공용성 옵션은, 교통 옵션(Traffic Option), 이용자 옵션(User Option), 공사 옵션(Working Option)으로 세분화되,

상기 교통 옵션은 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전/공사중 속도가 포함되고,

상기 이용자 옵션은 차종별 시간가치 비용이 포함되고,

상기 공사 옵션은 직종별 단가 및 노임 할증 계수와 공사시간, 공사기간이 포함되는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

#### 청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4항 중 어느 한 항의 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

#### 청구항 6

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서;

관리시스템 DB는,

기존 DB와 관측 DB로 이루어지며,

상기 기존 DB는, 도로 데이터와 교통현황 데이터와 지역 데이터를 포함하고,

상기 관측 DB는, 도로상태 데이터와 교통현황 데이터를 포함하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

#### 청구항 7

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서;

관리시스템 DB는,

구간정보, 분석타이틀(Title), 지역, 분석가 성명, 유지보수 구간 기점 및 종점, 메모 등의 유지보수 구간 세부 정보를 더 포함 함을 특징으로 하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

#### 청구항 8

청구항 6에 있어서;

도로 데이터는,

도로기하, 포장특성, 포장강도, 준공연도를 포함하고,

교통현황 데이터는, 과거 차종별 시간별 AADT 및 ESAL, 도로용량을 포함 함을 특징으로 하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

#### 청구항 9

청구항 6에 있어서;

도로상태 데이터는, 종단평탄성(IRI), 균열율(Crack Rate), 소성변형(Rutting), 파손이력데이터를 포함하고,

교통현황 데이터는, 유지보수 당해 차종별 시간별 총 교통량(AADT) 및 축하중 교통량(ESAL)을 포함 함을 특징으로 하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법.

#### 청구항 10

도로포장 관리시스템에 있어서;

관리대상 도로포장에 대한 분석 정보를 입력하기 위한 입력모듈;

도로 포장 공사시간을 최적화시키는 도로 포장 공사시간 최적화 모듈;

상기 입력모듈로부터 입력된 정보를 바탕으로 상기 관리대상 도로포장의 관리자 비용을 산출하는 관리자비용 산출 모듈;

공사옵션, 공용성 옵션, 이용자비용 옵션을 처리하는 옵션 모듈;  
도로포장 공사를 함으로써 발생하는 이용자비용을 산출하는 이용자비용 모듈;  
시작 종료 및 파일 등을 처리하는 관리자 모듈;  
기존 DB와 관측 DB를 관리하는 DB 관리 모듈;  
입력과 결과 및 이벤트 데이터를 화면 출력하는 화면 인터페이스 모듈;  
을 포함하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템.

## 청구항 11

청구항 10에 있어서;

입력모듈로 입력되는 데이터는, 대상구간의 제원, 재질, 두께, 준공연도, 고장이력, 분석년도 교통현황 데이터, 도로구간 상태 관측데이터를 포함하되,  
대상 시설물의 물리적 데이터, 관련공법, 유지보수 이력, 교통량의 크기, 특성 등에 대한 자료 분석 및 통합 관리 방안을 구축함을 특징으로 하는 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 도로 포장 단면의 체계적이고 경제적인 유지보수 및 관리를 위한 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템(RPMS: Road Pavement Management System) 및 그 관리방법 및 그 기록매체에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 일반적으로 포장관리시스템(PMS)의 목적은 유지하고자 하는 포장의 질을 최저의 비용으로 계획, 설계, 건설, 유지보수 및 평가에 이르기까지 전 단계를 종합적이고 체계적으로 관리하는 것이라 할 수 있다.

[0003] 포장의 수명(공용성)은 교통량, 기후, 포장강도, 공용기간, 대형차량 비율, 평탄성 등 다양한 인자들의 영향을 받으며, 특히 교통하중 특성과 기후, 기초의 두께 등이 큰 영향을 미친다. 그 가운데에서 총 교통량(AADT)과 같은 절대값 보다는 하중의 강도 예를 들어, 축하중 교통량(ESAL)의 크기가 포장의 수명에 더 큰 영향을 미친다는 연구결과가 많다.

[0004] 또한 포장의 수명 데이터를 신설과 덧씌우기 구간으로 구분하여 최적 수명분포를 선정하고 평균수명 및 신뢰도를 산정하고 있으나, 포장의 수명 데이터가 완전 데이터, 즉 파손되어 유지보수가 이루어진 도로를 대상으로 하고 있어서 장기간 공용중인 도로구간의 데이터가 누락되는 문제점이 있다.

[0005] 우리나라의 경우, 도로 포장관리시스템 연구를 통해 개발된 일반국도 포장평가지수인 NHPCI(National Highway Pavement Condition Index)는 정책결정자, 도로관리, 도로 이용자가 전체 일반국도의 포장상태를 쉽게 파악할 수 있도록 정략적인 지표로 제시한 바 있다(한국건설기술연구원, 2008; 김다혜, 2010).

[0006] 그러나 종합적인 도로구간의 상태(건전도)를 정량적인 방법으로 제시한 NHPCI 지표는 아직 현장에서 활용되지 못하고 있는 실정이며, 기존의 포장의 상태지수로 널리 사용되고 있는 IRI(International Roughness Index), MCI (Maintenance Control Index), PSI(Present Serviceability Index) 등의 지표간의 관련성 및 장기 공용성을 나타내는 지표로 활용될 수 있는지에 대한 검증은 수행하고 있는 정도에 그치는 실정이며, 또한 그 검증에 따른 시간과 비용이 많이 초래되는 등의 문제점이 있었다.

[0007] 또한 상기 NHPCI(National Highway Pavement Condition Index)는 포장조사구간(40개의 구간)을 대상으로 국토관리사무소의 포장관리자, 산학연의 포장 전문가들로 구성된 10인의 포장 전문 패널위원들의 평균값으로 사용하였으며, 포장상태에 대한 정성적인 평가를 정량적인 지수로 나타내기 위해 다양한 상태의 포장도로를 패널 평가한 후 소성변형(Rutting), 균열율(Crack), 종단평탄성(IRI) 등 정량적 포장 상태 자료를 독립변수로 놓고, 패널의 정성적 평가결과를 종속변수로 한 중회귀분석을 실시하여 지표로 산출한 것이어서(한국건설기술연구원, 2008), NHPCI 지표는 현장에 활용될 수 있는지에 대한 검증이 제대로 이루어지지 못하여 현장 적용이 불가능 실정이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보, 제10-2010-0076708호(2010. 7. 6. 공개) "공공시설물 자산관리정보 시스템"

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보, 제10-0669978호(2007. 1. 19. 공고) "도로포장 구조물 및 그 보수공법"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 한편, 포장구간의 효율적인 유지관리를 위한 의사결정 및 생애주기비용 분석(LCCA)을 위한 가장 기초적인 분석이 바로 정확한 포장 수명(pavement life)의 산정과 공용성의 추정이다. 정도 높은 포장의 수명 예측을 위해 관측된 고장(혹은 수명) 데이터가 어떤 수명분포를 따르는지를 파악하는 것은 모집단의 수명분포를 이용하여 모수적 방법에 의한 신뢰성 척도에 대한 추론이 가능해지기 때문에 매우 중요한 과정이며, 관련 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다.

[0010] 따라서 본 발명에서는 생애주기비용 분석(LCCA)을 이용한 도로 포장 단면의 체계적이고 경제적인 유지보수 및 관리를 위한 도로포장관리시스템(RPMS: Road Pavement Management System) 및 그 관리방법 및 그 기록매체를 제공함에 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 최근 십수년 간의 포장 표면과 유지보수 이력 데이터를 기반으로 신뢰성 개념을 이용하여 실제 일반국도를 대상으로 조사한 아스팔트 포장 수명 데이터를 가장 잘 설명하는 분포형태를 선정하고 추정된 모수를 기반으로 장래 수명을 산정하여 제시할 수 있는 방법과 그 컴퓨터 프로그램을 제공함에 목적이 있다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 NHPCI 지표를 활용한 공용성 추정을 통하여, 네트워크 레벨로 국토관리청별(지방국토청별) 도로포장의 잔존수명을 추정하고, 분석년도의 예산 추정 및 유지보수 구간의 이용자비용을 산정함으로써 유지보수 구간 우선순위 선정에 목적이 있으며, 선정된 유지보수 구간의 공사시간대(주야간)에 따른 총 비용을 산정함으로써 최적공사시간대 선정에 목적이 있다.

## 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명 도로 생애주기를 이용한 도로포장 관리방법은, 도로의 대상구간을 선정하는 단계, 이어 대상구간 도로의 유지보수 기준을 선정단계, 이어 차종별 축하중 구분에 따른 공용성을 평가하는 단계, 이어 대상 구간의 도

로의 유지보수 필요 구간을 정렬하고 공사비용을 계산하여 예산을 예측하는 단계, 이어 예산이 만족하면 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선정한 다음 종료하고 예산이 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 예산 만족 판단 단계, 상기 예산 만족 판단 단계에서 예산이 만족하지 않으면 유지보수 구간 차종별 교통량을 입력하는 단계, 이어 차종별 이용자비용을 원단위로 입력하는 단계, 이어 유지보수 구간 이용자비용을 산정하는 단계, 이어 이용자비용을 고려하여 유지보수가 필요한 구간의 우선순위를 평가하는 단계, 이어 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선정하는 단계, 로 된다.

[0014] 상기 공사비용을 계산하여 예산을 예측하는 단계는, 도로의 대상 구간의 공사현황을 입력을 하는 단계, 이어 공사시간대에 따른 노동 임금 단가 입력단계, 이어 차종별 시간별 교통량 입력 단계, 이어 공사시간대(주·야간)에 따른 총 비용 산정단계, 이어 최적 공사시간 산정단계로 된다.

[0015] 본 발명 도로 생애주기를 이용한 도로포장 관리방법은, 대상구간 도로의 포장상태 및 이력 데이터(PMS)와 교통량 및 축하중 교통량 데이터(TMS)를 각각 취득하여 관리시스템 DB를 구축하는 단계, 상기 관리시스템 DB를 이용하여 차종별 축하중 구분에 따른 포장파손 예측 및 유지보수 기준지수를 설정하는 공용성 옵션 단계 및 공사 전/후의 교통량 데이터 및  $CO_2$  배출계수 등을 입력하는 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계, 상기 공용성 옵션을 이용하여 유지보수 구간 및 비용을 계산하여 예측하는 단계, 상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하지 않으면 상기 공용성 옵션 단계로 돌아가 공용성 옵션을 재설정하고, 상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하면 관리자 비용을 산정하는 단계를 진행하는 예측 비용 판단 단계, 상기 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계에서 공사구간 자체모형을 계산하고 이용자비용을 산정하는 단계 및 환경비용을 산정하는 단계, 상기에서 산정된 관리자비용 및 이용자비용 및 환경비용을 계산하여 총비용을 얻는 단계로 된다.

[0016]

[0017] 상기 공용성 옵션은, 교통 옵션(Traffic Option), 이용자 옵션(User Option), 공사 옵션(Working Option)으로 세분되며, 상기 교통 옵션은 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전/공사중 속도가 포함되고, 상기 이용자 옵션은 차종별 시간가치 비용이 포함되고, 상기 공사 옵션은 직종별 단가 및 노임 할증 계수와 공사시간, 공사기간이 포함된다.

[0018] 본 발명은 상기 단계별 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 포함 함을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명 도로 생애주기를 이용한 도로포장 관리시스템의 DB는, 기존 DB와 관측 DB로 이루어지며, 상기 기존 DB는, 도로 데이터와 교통현황 데이터와 지역 데이터를 포함하고, 상기 관측 DB는, 도로상태 데이터와 교통현황 데이터를 포함 함을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명 도로 생애주기를 이용한 도로포장 관리시스템은, 구간정보, 분석타이틀(Title), 지역, 분석가 성명, 유지보수 구간 기점 및 종점, 메모 등의 유지보수 구간 세부정보를 더 포함 함을 특징으로 한다.

[0021] 상기 도로 데이터는, 도로기하, 포장특성, 포장강도, 준공연도를 포함하고, 교통현황 데이터는, 과거 차종별 시간별 AADT 및 ESAL, 도로용량을 포함 함을 특징으로 한다.

[0022] 상기 도로상태 데이터는, 종단평탄성(IRI), 균열율(Crack Rate), 소성변형(Rutting), 파손이력데이터를 포함하고, 교통현황 데이터는, 유지보수 당해 차종별 시간별 총 교통량(AADT) 및 축하중 교통량(ESAL)을 포함 함을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템은, 관리대상 도로포장에 대한 분석 정보를 입력하기 위한 입력모듈과, 도로 포장 공사시간을 최적화 시키는 도로 포장 공사시간 최적화 모듈과, 상기 입력모듈로부터 입력된 정보를 바탕으로 상기 관리대상 도로포장의 관리자 비용을 산출하는 관리자비용 산출 모듈과, 공사옵션, 공용성 옵션, 이용자비용 옵션을 처리하는 옵션 모듈과, 도로포장 공사를 함으로써 발생하는 이용자비용을 산출하는 이용자비용 모듈과, 시작 종료 및 파일 등을 처리하는 관리자 모듈과, 기존 DB와 관측 DB를 관리하는 DB 관리 모듈과, 입력과 결과 및 이벤트 데이터 등을 화면 출력하는 화면 인터페이스 모듈을 포함하여 구성된다.

[0024] 상기 입력모듈로 입력되는 데이터는, 대상구간의 제원, 재질, 두께, 준공연도, 고장이력, 분석년도 교통현황 데이터, 도로구간 상태 관측데이터를 포함하되, 대상 시설물의 물리적 데이터, 관련공법, 유지보수 이력, 교통량의 크기, 특성 등에 대한 자료 분석 및 통합 관리 방안을 구축함을 특징으로 한다.

[0025] 상기 교통옵션은, 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전·공사중 속도 항목을 포함 함을 특징으로 한다.

[0026] 상기 이용자옵션은, 차종별 시간가치 비용을 포함하되, 디폴트 값의 경우 자동으로 입력되고, 수정이 가능하도록 함을 특징으로 한다.

[0027] 상기 공사옵션은, 직종별 단가 및 노임 할증 계수와 공사시간, 공사기간 항목을 포함하되, 디폴트 값의 경우 자동으로 입력되고, 수정이 가능하도록 함을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0028] 본 발명은 NHPCI(National Highway Pavement Condition Index) 지표를 활용한 공용성 추정 즉, 시간경과에 따른 NHPCI 값의 악화추세를 산정하여 국내에 맞는 적합한 모형인지 검증을 하기 위해, 신뢰성 개념을 이용하여 추정한 평균수명과 NHPCI 모델에 의해 추정된 유지보수 시기를 비교를 하여 국도포장평가 상태 지수인 NHPCI를 검증하였다. 또한, 검증된 NHPCI 지표를 이용하여 장래 유지보수 구간예측 및 비용을 쉽고 간편하게 산정할 수 있는 효과가 있다.

[0029] 본 발명은 일련의 과정에 의해 생애주기비용 분석을 이용하여 도로포장에 소요되는 최적의 예산을 신속히 얻을 수 있는 장점이 있다.

[0030] 본 발명에서 제안한 방법을 이용하면 유지보수 구간의 수요산정이 가능하며, 각 연도별 유지보수 예산을 추정하는데 많은 도움이 되는 효과가 있는 매우 유용한 발명이다.

### 도면의 간단한 설명

[0031] 도 1 : 본 발명 일 예로 도시한 시스템 구성도.

도 2 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 흐름도.

도 3 : 본 발명 일 예로 도시한 공사비용을 계산하는 흐름도.

도 4 : 본 발명 다른 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 흐름도.

도 5 : 본 발명 일 예로 도시한 도로현황정보 화면 출력도면.

- 도 6 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 주메뉴 도면.
- 도 7 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 옵션메뉴 도면.
- 도 8 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 네트워크 디테일 도면.
- 도 9 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 교통옵션 도면.
- 도 10 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 이용자옵션 도면.
- 도 11 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 공사옵션 도면.
- 도 12 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 비용 옵션 도면.
- 도 13 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 관리자비용 결과값 도면.
- 도 14 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 이용자비용 및 환경비용 결과값 도면.
- 도 15 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 민감도 분석 도면.
- 도 16 : 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템의 관리 기능 도면.
- 도 17 : 본 발명 일 예로 도시한 도로수명 측정 과정 흐름도.
- 도 18 : 본 발명 일 예로 도시한 도로의 장래 유지보수 시기 예측도.
- 도 19 : 본 발명 일 예로 도시한 하중별 누적 NHPCI의 악화 추세 그래프도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예들을 첨부한 도면에 따라 상세히 설명하고자 한다. 본 발명의 실시 예들을 설명함에 있어 도면들 중 동일한 구성 요소들은 가능한 한 동일 부호로 기재하고, 관련된 공지구성이나 기능에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 요지가 모호해지지 않도록 생략한다.
- [0033] 본 발명 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템은, 입력 화면을 통하여 선정된 대상구간의 도로의 포장상태 및 이력 데이터(PMS)와 교통량 및 축하중 교통량 데이터(TMS) 및 공사연장, 공사기간, 공사시간, 각종 비용과 기타 정보를 입력하는 입력부와; 상기 입력된 정보에 기초하여 대상구간 도로의 공사비용을 계산 및 예측하고 예산을 만족하는지 계산 및 판단하는 연산부와; 입력값, 연산값, 출력값을 화면으로 출력하여 입체적으로 표시하는 화면표시부를 포함한다.
- [0034] 도 1은 본 발명 일 예로 도시한 도로포장 관리시스템(1)의 구성도로, 입력부 및 출력부(3)는, 관리대상 도로포장에 대한 분석 정보(데이터)를 입력하기 위한 입력모듈(12)과, 입력과 결과 및 이벤트 데이터를 화면 출력하는 화면 인터페이스 모듈(13)로 구성된다.
- [0035] 모듈부(2)는, 도로 포장 공사시간을 최적화시키는 도로 포장 공사시간 최적화 모듈(4)과, 상기 입력모듈(12)로부터 입력된 정보를 바탕으로 상기 관리대상 도로포장의 관리자 비용을 산출하는 관리자비용 산출 모듈(5)과, 공사옵션, 공용성 옵션, 이용자비용 옵션을 처리하는 옵션 모듈(6), 공사를 함으로써 발생하는 이용자비용 산출 모듈(7), 시작 종료 및 파일 등을 처리하는 관리자 모듈 모듈(8), 기존 DB(10)와 관측 DB(11)를 관리하는 DB 관리 모듈(9)로 구성된다.
- [0036] 상기 입력모듈(12)은, 유지보수 대상구간의 산정 및 예산추정과 관련하여 기본적인 항목들이 입력이 되며, 분석년도, 유지보수 기준, 기준년도 유지보수 예산, 유지보수 후 도로 회복율, NHPCI 지수 계수, 유지보수 단가, 축하중 교통량 기준, NHPCI 공용성 악화추세 지수 계수 항목들이 해당된다.
- [0037] 상기 도로 포장 공사시간 최적화 모듈(4)은, 상기 옵션 모듈(6)에 입력된 항목들을 VBA 로직을 통하여 유지보수

구간으로 선정된 대상구간의 (주·야간)공사시간대의 추가비용을 산정하여, 최적공사시간대를 선정하는 모듈이다.

[0038] 상기 관리자비용 산출 모듈(5)은, 입력모듈(12) 항목들의 기본정보를 통하여 VBA 로직을 통하여 유지보수 대상 구간의 분석년도의 유지보수 구간과 관리자 비용을 산출하는 모듈이다.

[0039] 상기 옵션 모듈(6)은, 공사옵션, 공용성 옵션, 이용자비용 옵션을 처리하고, 이용자 비용과 (주·야간)공사시간 대에 따른 추가 비용 산정을 위하여 이용자 비용 원단위와 (주·야간)공사시간대에 따른 추가비용 원단위 항목 들을 입력하는 모듈이다.

[0040] 상기 이용자비용 산출 모듈(7)은, 상기 옵션 모듈(6)에 입력된 항목들을 VBA 로직을 통하여 유지보수 구간으로 선정된 대상구간의 공사를 함으로써 발생하는 이용자 비용을 산정하는 모듈이다.

[0041] 상기 관리자 모듈(8)은, 출력된 결과값들을 PDF, EXCEL 등 확인할 수 있는 기능과 새로운 분석을 할 때, 기존 분석 Input 데이터를 Clear 할 수 있는 기능, 나가기 기능 등이 해당된다.

[0042] 상기 DB 관리 모듈(9)은, 분석 대상구간의 기본적인 정보(도로포장이력데이터, 도로포장상태데이터, 교통량, 축 하중교통량 등)들을 기존 DB(10)와 관측 DB(11)에 저장 및/또는 갱신 및/또는 독출하는 모듈이다.

[0043] 상기 입력부는 키보드나 마우스, 터치스크린 등이 각종 입력수단 및 분석 데이터가 입력되는 입력모듈(12)이 포 함되며, 연산부는 본 발명 운영프로그램 복수의 모듈부(2)로 구성되는 응용프로그램이 설치되거나 탑재되는 중 양처리장치와 그 주변장치가 포함되며, 화면 표시부는 화면 인터페이스 모듈(13)에 의해 처리된 각종 데이터가 화면 출력되는 각종 모니터나 터치스크린 등이 포함된다.

[0044] 도 2는 본 발명 일 예로 도시한 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법의 흐름도로, 도로의 대상구간을 선정하는 단계(S1 단계), 이어 대상구간 도로의 유지보수 기준을 선정단계(S2 단계), 이어 차종별 축하중 구분에 따른 공용성을 평가하는 단계(S3 단계), 이어 대상 구간의 도로의 유지보수 필요 구간을 정렬하고 공사비용 을 계산하여 예산을 예측하는 단계(S4 단계), 이어 예산이 만족하면 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선 정한 다음 종료하고 예산이 만족하지 않으면 다음 단계로 진행하는 예산 만족 판단 단계(S5 단계), 상기 예산 만족 판단 단계에서 예산이 만족하지 않으면 유지보수 구간 차종별 교통량을 입력하는 단계(S6 단계), 이어 차 종별 이용자비용을 원단위로 입력하는 단계(S7 단계), 이어 유지보수 구간 이용자비용을 산정하는 단계(S8 단계), 이어 이용자비용을 고려하여 유지보수가 필요한 구간의 우선순위를 평가하는 단계(S9 단계), 이어 예산 범위 내에서 최종 유지보수 구간을 선정하는 단계(S10 단계)로 된다.

[0045] 도 3은 상기 공사비용을 계산하여 예산을 예측하는 단계를 도시한 것으로, 대상 구간의 공사현황을 입력을 하는 단계(S11 단계), 공사시간대에 따른 노동 임금 단가 입력단계(S12 단계), 차종별 시간별 교통량 입력 단계(S13 단계), 공사시간대(주·야간)에 따른 총 비용 산정단계(S14 단계), 최적 공사시간 산정단계(S15 단계)로 된다.

[0046] 도 4는 본 발명 다른 예로 도시한 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리방법의 흐름도로, 대상구간 도로의 포장상태 및 이력 데이터(PMS)를 취득하고(S30 단계), 교통량 및 축하중 교통량 데이터(TMS)를 취득하여(S31 단계) 관리시스템 DB를 구축하는 단계(S32 단계), 상기 관리시스템 DB를 이용하여 차종별 축하중 구분에 따른 포 장과손 예측 및 유지보수 기준지수를 설정하는 공용성 옵션 단계(S33 단계) 및 공사 전/후의 교통량 데이터 및 CO<sup>2</sup> 배출계수 등을 입력하는 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계(S34 단계), 상기 공용성 옵션을 이용하여 유지

보수 구간 및 비용을 계산하여 예측하는 단계(S35 단계), 상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하지 않으면 상기 공용성 옵션 단계로 돌아가 공용성 옵션을 재설정하고, 상기 예측 비용이 공사 비용에 타당하면 관리자 비용을 산정하는 단계를 진행하는 예측 비용 판단 단계(S36 단계), 상기 이용자비용 및 환경비용 옵션 단계에서 공사구간 자체모형을 계산하고 이용자비용을 산정하는 단계 및 환경비용을 산정하는 단계(S37 단계), 상기에서 산정된 관리자비용(S37 단계) 및 이용자비용(S39 단계) 및 환경비용(S40 단계)을 계산하여 총 비용을 얻는 단계(S41 단계)로 된다.

[0047] 상기 공용성 옵션은, 앞서 예시한 것처럼, 교통 옵션(Traffic Option), 이용자 옵션(User Option), 공사 옵션(Working Option) 등으로 세분되며, 상기 교통 옵션으로는 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전/공사중 속도 등이 포함되며, 상기 이용자 옵션으로는 차종별 시간가치 비용이 포함되며, 상기 공사 옵션으로는 직종별 단가 및 노임 할증 계수와 공사시간, 공사기간 등이 포함되어 각각 입력되거나 선택 입력된다.

[0048] 상기 이용자 옵션과, 공사 옵션은 기본적인 디폴트 값인 경우 자동으로 입력 되며, 여건에 따라 분석가가 상황에 맞게 수정할 수 있음은 물론이다.

[0049] 상기 입력부는 도 7과 같이 입력모듈(12)과 연동되는 네트워크 레벨 입력(Input)으로 구성되고, 출력부는 화면 인터페이스 모듈(13)과 연동되는 시뮬레이션 출력(Simulation Output) 메뉴로 구성되며, 부가기능으로 분석한 파일을 저장할 수 있는 보내기(Export) 메뉴가 부가 구성된다.

[0050] 상기 도 7의 Network-Level Inputs 메뉴에서는 네트워크 디테일(분석대상청인 A지역 국토관리청 구간의 정보 입력), 교통옵션, 이용자 옵션, 공사옵션으로 이루어지며, Network-Level Simulation 메뉴 및 Output 메뉴에서는 관리자비용, 이용자 및 환경비용, 총 비용 옵션 등으로 구성된다.

[0051] 상기 관리 기능(Administrative Functions) 메뉴에서는 원하는 시트로 이동할 수 있는 기능, 새로운 분석을 할 때, 기존 분석 입력데이터를 클리어(Clear)할 수 있는 기능, Excel 파일이나 PDF 파일로 저장(Save)하는 기능, 나가기 기능 등이 있다.

[0052] 본 발명에서 입력모듈(12)의 데이터 입력창으로 입력하는 데이터는 다음과 같다.

[0053] 대상 시설물의 물리적 데이터, 관련공법, 유지보수 이력, 교통량의 크기, 특성 등에 대한 자료 분석 및 통합 관리 방안 구축이 목적이며, 우선 크게 기존데이터와 관측데이터로 나뉘며, 기존데이터의 경우 대상구간의 제원, 재질, 두께, 준공연도, 고장이력 및 연도별 교통량 데이터 등이 있으며, 관측데이터로는 분석년도 교통현황 데이터, 도로구간 상태 관측데이터 등이 있다.

[0054] 본 발명에서 관리시스템 DB(데이터베이스)는 DB를 관리하는 DB 관리 모듈(9)을 포함한다. 상기 DB는 기존 DB(10)와 관측 DB(11)로 이루어지며, 과거이력데이터로 입력하는 경우 고정값으로 변하지 않고 지속적으로 축적되지만, 관측 DB의 경우 매년 조사를 실시하여 데이터값이 변하기 때문에 지속적으로 업데이트(Update) 된다.

[0055] 상기 기존 DB(10)에는 아래 <표 1>과 같이 도로기하, 포장특성, 포장강도, 준공연도 등의 도로 데이터와 과거 차종별 시간별 총 교통량(AADT) 및 축하중 교통량(ESAL), 도로용량 등의 교통현황 데이터로 세분되며, 상기 관측 DB에는 종단평탄성(IRI), 균열율(Crack Rate), 소성변형(Rutting), 파손 이력 DATA 등의 도로상태 데이터와 과거 차종별 시간별 총 교통량(AADT) 및 축하중 교통량(ESAL) 등의 교통현황 데이터로 세분된다.

[0056] 본 발명 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템에는 구간정보, 분석타이틀(Title), 지역, 분석가 성

명, 유지보수 구간 기점 및 종점, 메모 등의 유지보수 구간 세부정보가 부가 포함된다.

[0057] 본 발명 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템에는 구간정보, 유지보수 구간 기점 및 종점, 메모 등의 유지보수 구간 세부정보가 부가 포함된다.

표 1

[0058] 관리시스템 DB의 세부 항목

| 관리시스템 DB | 내 용                          |
|----------|------------------------------|
| 과거 데이터   | 도로이력 데이터                     |
|          | 도로기하구조, 포장특성, 포장강도, 준공연도     |
|          | 교통현황 데이터                     |
| 관측 데이터   | 과거 차종별 시간별 AADT 및 ESAL, 도로용량 |
|          | 지역 데이터                       |
|          | 지형, 기후 등                     |
| 관측 데이터   | 도로상태 데이터                     |
|          | IRI, Crack, Rutting, 파손이력데이터 |
|          | 교통현황 데이터                     |
|          | 유지보수 당해년 차종별 시간별 AADT 및 ESAL |

[0059] 도 5는 상기 관리시스템 DB 에서 선택된 도로(D091131, 수원8)의 도로현황정보를 화면 출력한 예시도이다.

[0060] 상기 Network-Level Input 메뉴에서는 도 7과 같이 네트워크 디테일, 교통옵션, 이용자옵션, 공사옵션으로 이루어지며 각 옵션에 대한 기능은 아래 <표 2>와 같다.

표 2

[0061] Network-Level Input 메뉴의 세부 옵션

| 옵션 항목                             | 내 용                                                                                             |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Network Details                   | 분석년도, 유지보수 기준, 기준년도 유지보수 예산, 유지보수 후 도로 회복율, NHPCI 지수 계수, 유지보수 단가, 축하중 교통량 기준, NHPCI 공용성 악화추세 지수 |
| Traffic Option                    | 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전 · 중 속도                                                   |
| User Option<br>(Environment 기능추가) | 차종별 시간가치 비용<br>차종별 · 속도별 환경비용(CO <sub>2</sub> )                                                 |
| Working Option                    | 단가 및 노임 합증 계수와 공사시간, 공사기간                                                                       |

[0062] 상기 네트워크 디테일(Network Details) 옵션에서는 분석년도, 유지보수 기준, 기준년도 유지보수 예산, 유지보수 후 도로 회복율, NHPCI 지수 계수, 유지보수 단가, 축하중 교통량 기준, NHPCI 공용성 악화추세 지수 항목들이 있으며, 도 8과 같다. 또한 기본적인 디폴트 값의 경우, 자동으로 입력되어 있으며, 물론 분석가가 직접 입력/수정할 수 있다.

[0063] 대한민국 국토관리청(A지역) 구간의 NHPCI 악화추세 지수는 다음과 같다(후술된다).

[0064] 국토관리청(A지역)(L)NHPCI 악화지수 =  $0.459t - 1.0471$ ,  $R^2 = 0.9989$  --식(1)

[0065] 국토관리청(A지역)(M) NHPCI 악화지수 =  $0.178t^{1.313}$ ,  $R^2 = 0.9842$  -----식(2)

[0066]

[0067] 상기 교통 옵션(Traffic Option)에서는 분석구간의 방향별 교통량, 방향별 교통량 선택기능, 차종비율, 공사전

· 공사중 속도 항목들로 이루어져 있으며, 도 9와 같다.

[0068]

[0069] 상기 이용자 옵션(User Option)에서는 차종별 시간가치 비용을 입력할 수 있으며, 도 10과 같다. 또한 기본적인 디폴트 값의 경우, 자동으로 입력이 되어있으며, 분석가가 상황에 맞게 수정이 가능하다.

[0070]

[0071] 상기 공사 옵션(Working Option)에서는 직종별 단가 및 노임 할증 계수와 공사시간, 공사기간 항목들이 있으며, 도 11과 같다. 또한 기본적인 디폴트 값의 경우, 자동으로 입력되어 있으며, 물론 수정이 가능하다.

[0072]

[0073] 상기 Network-Level Simulation 및 Network-Level Output 메뉴에서는 관리자비용, 이용자 및 환경비용, 총 비용 옵션 항목들이 있으며, 도 12와 같다.

[0074] 예컨대, 원하는 비용, 이를테면 관리자비용, 이용자 및 환경비용, 총 비용 등을 산출하려고 할 때, 해당하는 버튼을 클릭하게 되면, VBA 로직에 따라 계산되도록 되어 있으며, 결과값은 출력 옵션(Output Option)에서 확인할 수 있다. 아래 <표 3>은 Network-Level Simulation 및 Network-Level Output 메뉴의 옵션 항목을 예시한 것이다.

### 표 3

[0075]

Network-Level Simulation 및 Network-Level Output 세부 메뉴

| 옵션 항목                                   | 내 용                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 관리자비용(Agency Cost)                      | 시뮬레이션 옵션에서 Agency Cost 버튼을 클릭하게 되면 Output 옵션 중 Agency Cost 화면에 VBA로직을 이용하여 계산된 결과값을 확인할 수 있음.<br>- 장래유지보수 필요 구간수<br>- 도로회복율<br>- 유지보수 기준에 따른 예산 비용(민감도 분석)                    |
| User & Environment Cost<br>(이용자 및 환경비용) | 시뮬레이션 옵션에서 User Cost&Environment Cost 버튼을 클릭하게 되면 Output 옵션 중 User Cost&Environment Cost 화면에 VBA 로직을 이용하여 계산된 결과값을 확인할 수 있음.<br>- 차종별 공사전·중 통행시간 비용 비교<br>- 차종별 공사전·중 환경비용 비교 |
| Total Cost<br>(총 비용)                    | 관리자비용과 이용자비용의 합계를 확인할 수 있으며, 유지보수 기준에 따른 관리자 및 이용자비용 변화율을 확인할 수 있음.                                                                                                           |

[0076] 상기 <표 3>의 관리자비용(Agency Cost)은, 의사결정시스템 개선 방안 연구에서, 검증된 NHPCI를 이용하여 각 구간의 기준년도의 NHPCI를 산출 후, 장래 악화추세식을 이용하여 예측년도의 유지보수 구간을 예측 및 관리자 비용을 산정 할 수 있다.

[0077] 관리자비용 결과값은 도 13과 같으며, 1. 관리자비용, 2. 예상되는 예산 수정, 3. 필요한 추가 예산, 4 평균 포 장상태 수준을 확인할 수 있다.

[0078]

[0079] 상기 <표 3>의 이용자 및 환경비용(User & Environment Cost) 결과값은 도 14와 같으며, 차종별 공사전과 공사 중에 따른 이용자 시간가치 비용과 차액 등을 확인할 수 있다.

[0080] 상기 <표 3>의 총 비용(Total Cost) 항목에서는 관리자비용과 이용자비용 및 환경비용 등의 총 비용을 확인할 수 있으며, 도 15와 같이 민감도 분석을 통하여 유지보수 우선순위 구간을 확인할 수 있다. 즉, 유지보수 기준

을 높여 좋은 포장의 질 수준을 유지하는 경우 필요한 관리자비용(유지보수 비용)이 증가함을 확인할 수 있다.

[0081] 상기 환경비용(User & Environment Cost)에서, 교통수단 이용과 관련한 온실가스는 이산화탄소(CO<sup>2</sup>)만 해당되므로, 본 발명에서는 이산화탄소(CO<sup>2</sup>)만 반영하도록 한다. 아래 <표 4>는 교통수단의 CO<sup>2</sup> 배출비용과 관련한 환경비용 계산방법을 예시한 것이다.

표 4

[0082] 교통수단의 CO<sup>2</sup> 배출과 관련한 환경비용 계산방법(국립환경과학연구원)

| 차 종 |     | 연 료   | 차속구분(km/h)                  | 배출계수 산출식(g/km)                                |
|-----|-----|-------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| 승용차 | 소 형 | 휘발유   | 65.4 미만                     | $y=1313.7x^{-0.6}$                            |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.9303x+30.821$                            |
|     |     | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1133.1x^{-0.587}$                          |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.6175x+62.478$                            |
|     | 중 형 | 휘발유   | 65.4 미만                     | $y=1555.5x^{-0.578}$                          |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.0797x+144.19$                            |
|     |     | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1818.1x^{-0.6643}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.3184x+95.66$                             |
|     | 대 형 | 휘발유   | 65.4 미만                     | $y=1970.1x^{-0.6187}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.1791x+145.07$                            |
| RV  | 소 형 | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1313.2x^{-0.5645}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.9883x+68.771$                            |
|     | 중 형 | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1811.7x^{-0.6092}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.1791x+145.07$                            |
| 승 합 | 소 형 | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1923.2x^{-0.5941}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=1.0658x+93.436$                            |
|     | 중 형 | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1828.9x^{-0.4409}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=0.2162x+309.46$                            |
|     | 대형  | 시내 버스 | 경 유                         | $y=4638.6x^{-0.5179}$ , 단 $x \leq 47km/h$ 일 때 |
|     |     | CNG   |                             | $y=5019.8x^{-0.5582}$ , 단 $x \leq 47km/h$ 일 때 |
|     |     | 고속 버스 | 경 유                         | 65.4 미만 $y=2676.7x^{-0.3344}$                 |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=1.3034x+548.56$                            |
| 화 물 | 소 형 | 경 유   | 65.4 미만                     | $y=1135.2x^{-0.4668}$                         |
|     |     |       | 65.4 이상                     | $y=2.2307x+25.76$                             |
|     | 중 형 | 경 유   | $y=0.1029x^2-14.937x+798.9$ |                                               |
|     | 대 형 | 경 유   | $y=6240.3x^{-0.3829}$       |                                               |
|     |     |       |                             |                                               |

[0083] 도 16에 예시한 것처럼, 관리 기능(Administrative Functions) 메뉴에서는 원하는 시트로 이동할 수 있는 기능, 새로운 분석을 할 때, 기존 분석 Input데이터를 Clear 할 수 있는 기능, 세이브 기능(Excel, PDF), 나가기 기능 등이 있다. 아래 <표 5>는 Network-Level Simulation 및 Network-Level Output의 옵션 항목과 내용을 나타낸 것이다.

표 5

[0084] Network-Level Simulation 및 Network-Level Output의 세부 옵션

| 옵션 항목            | 내 용                                                                    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Go to Worksheets | 원하는 옵션 항목 시트로 이동을 할 수 있도록 하는 기능                                        |
| Clear Input Data | 다른 구간 분석시 또는 기존 Input 데이터를 삭제하고 싶을때 기존 Input 데이터 및 Output 데이터를 지워주는 기능 |
| Save             | 분석한 파일을 저장할 수 있는 기능<br>- Excel 파일로 저장<br>- PDF 파일로 저장                  |
| Exit             | 나가기 기능                                                                 |

[0085] 앞서 언급한 바 있는 "대한민국 국토관리청(A지역) 구간의 NHPCI 악화추세 지수"에서 NHPCI 악화예측과정을 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0086] 먼저, NHPCI(National Highway Pavement Condition Index)는 포장조사구간 40개의 구간을 대상으로 국토관리청(A지역)의 포장관리자, 산학연의 포장 전문가들로 구성된 10인의 포장 전문 패널위원들의 평균값으로 사용하였으며, 도 19에서 알 수 있는 바와 같이, 포장상태에 대한 정성적인 평가를 정량적인 지수로 나타내기 위해 다양한 상태의 포장도로를 패널 평가한 후 소성변형, 균열율, IRI 등 정량적 포장 상태 자료를 독립변수로 놓고, 패널의 정성적 평가결과를 종속변수로 한 중회귀분석을 실시하여 아래 식(3)과 같은 지표를 산출하였다(한국건설기술연구원, 2008).

[0087] 
$$NHPCI = 1 / (0.33 + 0.003 * X_{CR} + 0.004 * X_{RD} + 0.0183 * X_{IRI})^2$$
 ----- 식(3)

[0088] 포장의 하중 수준별 평균 수명 및 시간경과에 따른 NHPCI 악화 추세를 살펴보기 위해 대한민국 국토관리청(A지역) 관할의 국도 이력데이터를 사용하였으며, 관측중단데이터 즉, 미리 정해진 시간까지의 수명 및 유지보수 이력데이터를 기반으로 분석을 실시하였다. 다시 말하면, 주어진 시험시간(2010년) 까지의 고장개수가 확률변수가 되는 관측중단 방법을 이용하였으며, 아래 <표 6>은 대한민국 국토관리청(A지역) 관할 국도의 경년변화에 따른 이력데이터이다.

표 6

[0089] 대한민국 국토관리청(A지역) 관할 국도의 경년변화에 따른 이력데이터

| 구 분    | 국토관리청(A지역) |        |
|--------|------------|--------|
|        | Low        | Medium |
| 3년 경과  | 16         | 1      |
| 4년 경과  | 36         | 5      |
| 5년 경과  | 45         | 14     |
| 6년 경과  | 63         | 14     |
| 7년 경과  | 69         | 12     |
| 8년 경과  | 64         | 9      |
| 9년 경과  | 29         | 9      |
| 10년 경과 | 32         | 11     |
| 11년 경과 | 32         | 7      |
| 12년 경과 | 34         | 4      |
| 13년 경과 | 36         | 5      |
| 합계     | 456        | 91     |

[0090] NHPCI 지표를 이용하여 축하중에 따라 3가지 수준으로 구분하였으며, 시간의 경과에 따른 NHPCI의 변화, 즉 경년적 NHPCI 악화수준을 산정하기 위해, 대한민국 국토관리청(A지역) 관할 국도를 대상으로 1994년~2010년 동일구간의 연도별 NHPCI 지수를 산정하여 매년 악화수준을 살펴보았다.

[0091] 각 구간의 경년적 악화수준을 신뢰성 개념을 도입하여 모수적 방법을 이용한 경년적 최적 악화분포를 산정하였으며, 산정된 분포를 통해 평균 악화 지수를 산정하여 NHPCI 악화 예측 모형을 구축하였다.

[0092] 아래 <표 7>은 시간 경과에 따른 NHPCI의 변화, 즉 경년적 NHPCI 악화수준을 산정하기 위해, 대한민국 국토관리청(A지역) 관할 국도를 대상으로 2007년~2010년 동일구간의 연도별 NHPCI 지수를 산정하여 매년 악화수준을 살펴보았다.

표 7

[0093] 국토관리청(A지역) 관할 국도의 시간경과에 따른 NHPCI 변화표

| 구 간              |       |           | A     | B     | C     | D      |
|------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|--------|
| 노<br>면<br>상<br>태 | 2007년 | 균열율(%)    | 0.4   | 0.7   | 0.4   | 0.6    |
|                  |       | RUT(mm)   | 7.7   | 2.0   | 5.0   | 8.3    |
|                  |       | RUT(m/km) | 1.8   | 1.1   | 1.9   | 2.2    |
|                  | 2008년 | 균열율(%)    | 1.0   | 1.0   | 0.1   | 1.2    |
|                  |       | RUT(mm)   | 7.0   | 4.1   | 7.1   | 8.5    |
|                  |       | RUT(m/km) | 1.9   | 0.9   | 2.0   | 2.2    |
|                  | 2009년 | 균열율(%)    | 3.3   | 0.9   | 1.3   | 1.4    |
|                  |       | RUT(mm)   | 5.5   | 3.4   | 5.2   | 8.0    |
|                  |       | RUT(m/km) | 4.0   | 1.4   | 2.4   | 3.1    |
|                  | 2010년 | 균열율(%)    | 14.5  | 0.8   | 3.4   | 0.1    |
|                  |       | RUT(mm)   | 7.2   | 6.9   | 5.1   | 4.5    |
|                  |       | RUT(m/km) | 3.0   | 3.0   | 2.3   | 15.5   |
| 교 통 량            |       |           | 9,246 | 3,952 | 4,198 | 29,077 |
| 축 하 중            |       |           | 551   | 740   | 335   | 1,597  |
| NHPCI            | 2007년 |           | 6.43  | 7.71  | 6.71  | 6.10   |
|                  | 2008년 |           | 6.38  | 7.48  | 6.37  | 5.99   |
|                  | 2009년 |           | 5.28  | 7.23  | 6.29  | 5.59   |
|                  | 2010년 |           | 4.76  | 5.81  | 6.15  | 2.50   |

[0094] 관측된 악화 데이터가 어떤 악화분포를 따르는가는 신뢰성 분석에서 매우 중요한 과정으로 이러한 모집단의 수명분포가 찾아지면 모수적 방법에 의한 신뢰성 척도를 추론할 수 있다. 이러한 모수적 악화분포 추정을 위해 최대우도법을 이용하 최적 악화분포형태를 산정하였다.

[0095] 아래 <표 8>은 매년 NHPCI 악화수준이 어떤 분포형태를 따르는지를 살펴본 결과를 종합한 것으로, 대한민국 국토관리청(A지역)의 Medium 구간의 최적 NHPCI 악화수준분포는 여러분포의 형태를 띄고 있었으며, 대한민국 국토관리청(A지역) Low 구간의 경우는 시간경과에 상관없이 모두 와이블 분포의 형태를 띄고 있음을 확인할 수 있다.

표 8

[0096] NHPCI 최적악화수준 분포 추정(AD 통계량)

| 구 분    |     | 3년   | 4년   | 5년   | 6년   | 7년   | 8년   | 9년   | 10년  | 11년  | 12년  | 13년  |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Low    | 와이블 | 1.00 | 0.73 | 0.52 | 0.72 | 0.38 | 0.77 | 0.85 | 0.32 | 1.02 | 0.79 | 0.73 |
|        | 로그  | 1.07 | 1.02 | 1.02 | 1.69 | 1.46 | 2.03 | 1.03 | 0.64 | 1.12 | 1.10 | 1.11 |
|        | 지수  | 1.00 | 0.87 | 0.54 | 1.26 | 0.52 | 0.82 | 1.21 | 0.83 | 1.03 | 0.97 | 0.93 |
|        | 정규  | 1.59 | 2.36 | 1.91 | 1.82 | 3.39 | 2.83 | 3.35 | 2.80 | 3.25 | 2.16 | 2.31 |
| Medium | 와이블 | -    | 2.56 | 1.40 | 1.25 | 1.37 | 1.55 | 1.57 | 1.46 | 2.52 | 3.14 | 2.57 |
|        | 로그  | -    | 2.57 | 1.25 | 1.51 | 1.34 | 1.55 | 1.68 | 1.77 | 2.40 | 3.17 | 2.62 |
|        | 지수  | -    | 2.93 | 2.10 | 2.21 | 2.21 | 1.54 | 2.15 | 1.49 | 2.53 | 3.14 | 2.79 |
|        | 정규  | -    | 2.65 | 2.79 | 1.14 | 2.37 | 1.95 | 1.55 | 1.53 | 2.96 | 3.29 | 2.54 |

[0097] 시간경과에 따른 NHPCI 평균 악화수준 산정은 신뢰성 이론을 이용하여 각 분포별 모수를 통하여 아래 과정을 통하여 구할 수 있다. 먼저 지수분포, 와이블분포 및 로그정규 분포를 따를 경우 각각 아래 식(4)~식(6)을 이용하면 구할 수 있다.

[0098] 
$$E(T) = \int_0^{\infty} xf(x)dx = \int_0^{\infty} x\lambda e^{-\lambda x}dx = \frac{1}{\lambda}$$
 ----- 식(4)

[0099] 
$$E(T) = \frac{\eta}{m} \Gamma\left(\frac{1}{m}\right)$$
 ----- 식(5)

[0100] 
$$E(T) = e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2})}$$
 ----- 식(6)

[0101]

[0102] 시간경과에 따른 평균 NHPCI 악화수준 산정결과를 요약하면 아래 <표 9>와 같다.

표 9

[0103] 시간경과별 NHPCI 악화수준 및 누적값

| 구분     |      | 3년   | 4년   | 5년   | 6년   | 7년   | 8년   | 9년   | 10년  | 11년  | 12년  | 13년  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Low    | 악화추세 | 0.33 | 0.51 | 0.41 | 0.46 | 0.40 | 0.46 | 0.53 | 0.45 | 0.56 | 0.39 | 0.36 |
|        | 누 적  | 0.33 | 0.84 | 1.25 | 1.71 | 2.11 | 2.57 | 3.09 | 3.54 | 4.11 | 4.49 | 4.86 |
|        | 데이터  | 16   | 36   | 45   | 63   | 69   | 64   | 29   | 32   | 32   | 34   | 36   |
| Medium | 악화추세 | 0.75 | 0.33 | 0.31 | 0.34 | 1.00 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.44 | 0.24 | 0.80 |
|        | 누 적  | 0.75 | 1.08 | 1.39 | 1.73 | 2.73 | 3.02 | 3.32 | 3.59 | 4.03 | 4.27 | 5.07 |
|        | 데이터  | 1    | 5    | 14   | 14   | 12   | 9    | 9    | 11   | 7    | 4    | 5    |

[0104] 도 17은 도로의 대상구간을 선택한 다음 도로수명을 추정하는 과정을 도시한 흐름도로, 대상 구간 도로의 포장 상태를 입력한 다음(S20 단계), 현재 도로 상태를 측정(NHPCI)하고(S21 단계), 축하중 레벨에 따른 공용연수를 측정하고(S22 단계), 악화 예측식을 이용하여 도로의 잔존 수명을 추정하고(S23 단계), 추정된 잔존 수명과 실제 공용연수를 이용하여 도로 수명을 추정하는 단계(S24 단계)로 된다.

[0105] 도 18은 도로의 장래 유지보수 시기 예측 방법을 도시한 것으로, 장래 유지보수 구간 예측 방법은 대상구간의 공용연수이력 데이터를 사용한 것이 아니라 국도의 NHPCI지수를 추정후 식(7) 및 식(8)를 이용하여 시간경과별 NHPCI 악화추세 지수에 해당되는 시간경과년도를 사용하였다.

[0106] 누적  $NHPCI(t)_{Low} = 0.459t - 1.0472 (t \geq 3)$  ----- 식(7)

[0107] 누적  $NHPCI(t)_{Medium} = 0.1778t^{1.313}$  ----- 식(8)

[0108] 예컨대, 대한민국 국토관리청(A지역) 구간을 대상으로 한 하중별 누적 NHPCI 수준을 추정한 결과, 식(7)과 같이 Low 구간의 경우 선형회귀에 가장 적합( $R^2 = 0.99$ )하였으며, Medium 구간의 경우 식(8)과 같이 거듭제곱회귀에 가장 적합( $R^2 = 0.98$ )한 것으로 나타났다.

[0109] 도 18에서 Low레벨 A, Medium 레벨 B라는 도로가 실제 각각 11년, 9년 공용중이며, 포장상태지수는 모두 7이라 가정한다. 그러나 실제 공용연수를 사용하는 것이 아니라 위에서 산정한 NHPCI 악화추세 지수를 사용하여 산정하였다. 즉 현재 포장상태지수가 7이라면 시간경과별 NHPCI 악화추세 회귀식에 따라 A구간은 7.03년, B구간은 6.75년 경과된 도로라 할 수 있다. 마찬가지로 방법으로 유지보수 시점인 NHPCI지수가 5가 되는 시기는 A구간은 11.39년, B구간은 11.08년이 되며 유지보수 시기에서 현재 포장 상태에 따른 NHPCI 악화지수 경과년도를 빼면 유지보수시기까지의 시간경과를 산출할 수 있다. 이와 같은 방법으로 초기 유지보수는 유지보수까지의 시간경과를 이용하여 산출할 수 있다. 즉 A구간은  $11.39 - 7.03 = 4.36$ 년, B구간은  $11.08 - 6.75 = 4.33$ 년 후에 유지보수를 해야 한다. 하지만, 장래 유지보수 시기를 예측 할 때는 NHPCI 악화추세 지수에 따른 시간경과년도를 사용한 것이 아니라 실제 공용연수를 사용하였다.

[0110] 이를테면, 실제 공용연수인 각각 11년, 9년에 유지보수까지의 시간경과를 더하여 산출하였다. 따라서 A 구간은 15.36년, B구간은 13.3년마다 유지보수를 실행하여야 한다는 결과를 도출하였다.

[0111] 도 19에서 알 수 있는 바와 같이, 대한민국 국토관리청(A지역) Low 구간의 경우 어느 정도 일정하게 악화되는 반면에, Medium 구간의 경우 초기에 완만하게 악화되다가 12년 이후에 급속하게 악화되는 것을 확인할 수 있다.

[0112] 본 발명에서 생애주기비용 분석을 이용한 도로포장 관리시스템은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다.

[0113] 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함되며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있다.

[0114] 상기 컴퓨터로는, 데스크톱 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 워크스테이션, 팜톱(palmtop) 컴퓨터, 개인 휴대정보 단말기(personal digital assistant: PDA), PDA폰 또는 통신기능이 있는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)폰, 모바일, 스마트폰 등의 이동통신단말기, 웹 패드, 인터넷 TV, IPTV, 스마트TV 등과 같이 유선 및/또는 무선으로 통신망에 접속하여 정보를 주고 받을 수 있는 기기로 구현될 수 있으며, 웹 브라우저(도시아님) 및/또는 통신 프로토콜과 통신 프로그램 및 주변장치들을 포함한다.

[0115] 상기 컴퓨터는 중앙처리장치(CPU)를 갖는 컴퓨터 본체(PC) 또는 서버, 모니터, 주기억장치, 보조기억장치, 입력장치, 출력장치, 통신장치, 외부장치들을 접속할 수 있는 입/출력 인터페이스, 각종 카드(비디오카드, 오디오카드, 랜카드, 영상편집카드, TV수신카드 등), 운영프로그램 및 응용프로그램 등을 포함하며, 일반적인 구성이므로 자세한 설명은 생략한다.

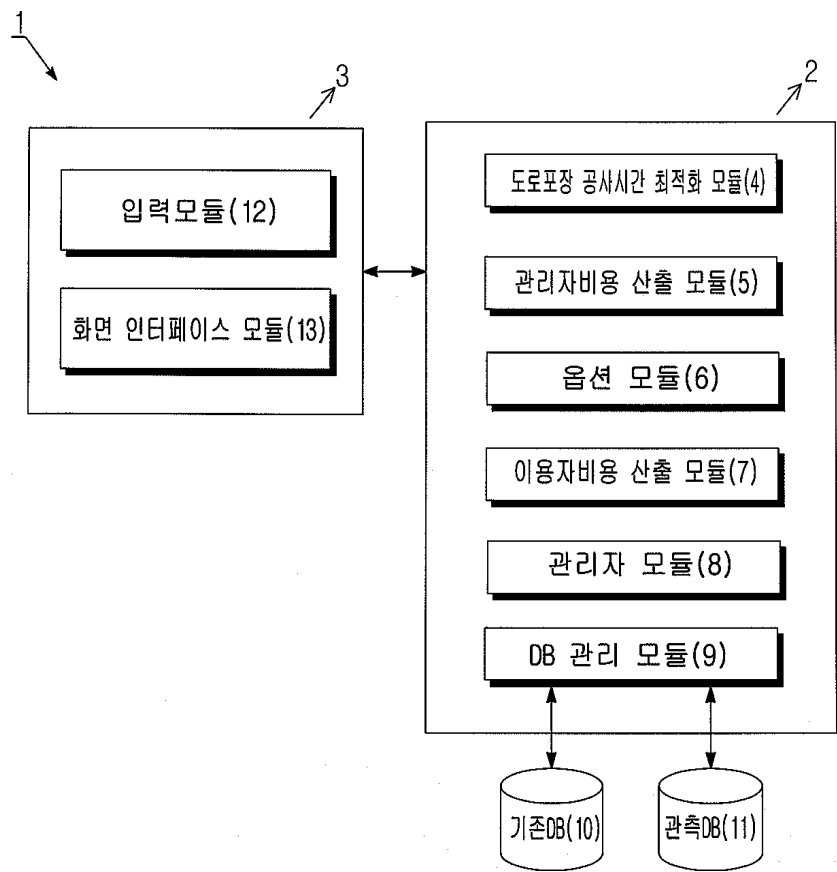
[0116] 이상과 같이 설명한 본 발명은 본 실시 예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하며, 이는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 자명한 것이다.

### 부호의 설명

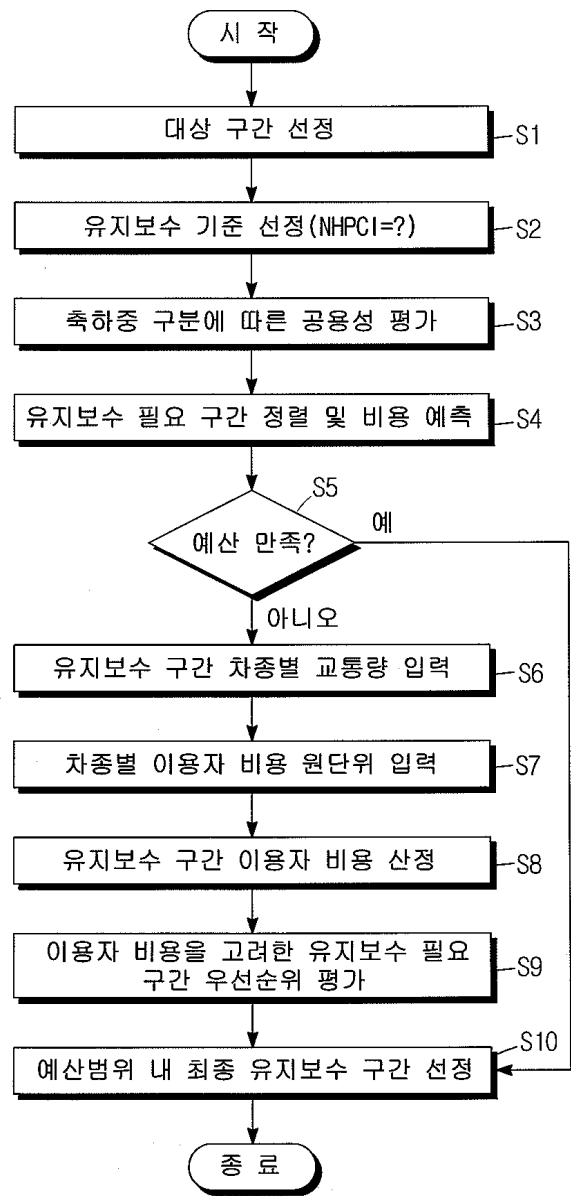
- |        |                   |                       |
|--------|-------------------|-----------------------|
| [0117] | (1)--도로포장 관리시스템   | (2)--모듈부              |
|        | (3)--입력부 및 출력부    | (4)--도로포장 공사시간 최적화 모듈 |
|        | (5)--관리자비용 산출 모듈  | (6)--옵션 모듈            |
|        | (7)--이용자비용 산출 모듈  | (8)--관리자 모듈           |
|        | (9)--DB 관리 모듈     | (10)--기존 DB           |
|        | (11)--관측 DB       | (12)--입력 모듈           |
|        | (13)--화면 인터페이스 모듈 |                       |

도면

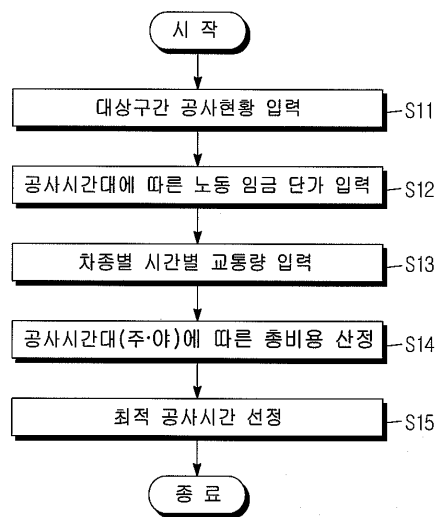
도면1



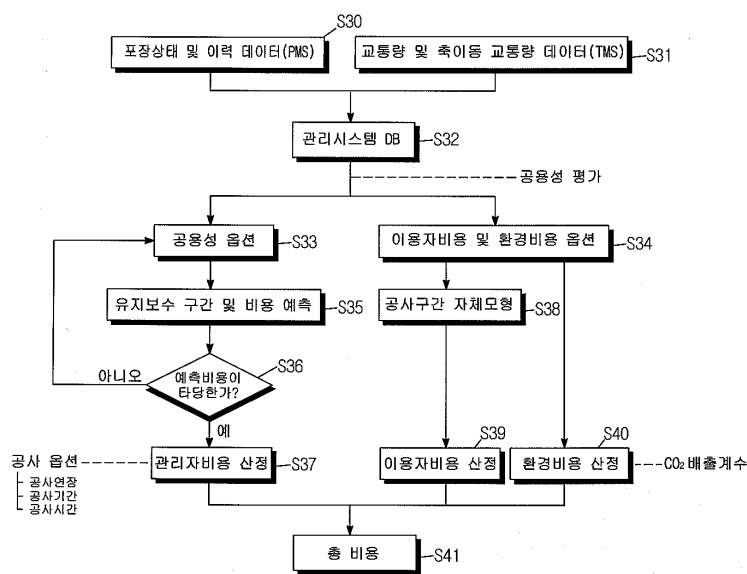
도면2



도면3



도면4



도면5

도로현황정보

조회 ID:  검색

| ID      | 지역   | 거리 |
|---------|------|----|
| D091101 | 수원시  | 1  |
| D091106 | 수원시  | 2  |
| D091106 | 수원시  | 3  |
| D091107 | 수원시  | 4  |
| D091116 | 수원시  | 5  |
| D091127 | 수원시  | 6  |
| D091129 | 수원시  | 7  |
| D091130 | 수원시  | 8  |
| D091131 | 수원시  | 9  |
| D0911A1 | 수원시  | 10 |
| D0911A5 | 수원시  | 11 |
| D0911A6 | 수원시  | 12 |
| D0911B5 | 수원시  | 13 |
| D091201 | 의정부시 | 1  |
| D091201 | 의정부시 | 2  |

정렬방법  
☐ ID ☐ 지역

도로 상세 정보

ID : D091131

지역 : 수원시

기점 : 신곡사거리

종점 : 신곡사거리

차로수 : 4

연장 : 0.2

AADT : 35795

ESAL : 3474

IFI :

Crack : 0

소성변형 : 15

신규등록 삭제

도면6

도로포장관리시스템 V1.0

**Network-Level Inputs**

Network Details Traffic Option User Option

Working Option

**Network-Level Simulation**

Agency Cost User & Environment Cost Total Cost

**Network-Level Output**

Agency Cost User & Environment Cost Total Cost

**Administrative Functions**

Go To Worksheets Clear Input Data Save Exit

도면7

**Network-Level Inputs**

1 Network Details 2 Traffic Option 3 User Option

4 Working Option

도면8

도면8은 'Parameter Setting' (설정) 대화 상자의 스크린샷입니다. 이 대화 상자는 다양한 교통 및 유지보수 파라미터를 설정할 수 있는 인터페이스를 제공합니다.

**주요 섹션 및 값:**

- NHPCI Coefficient:** Cost: 0.33, Crack: 0.003, Rutting: 0.004, IRI: 0.0183
- Reset Condition:** Crack, Rutting, IRI (빈칸)
- Allocated Budget:** Maintenance, Recurrent (빈칸)
- Load level standard:** Low: 0, Middle: 2000, High: 5000
- NHPCI Deterioration Index:**

|        | Cost   | a1    |
|--------|--------|-------|
| Low    | 1.0471 | 0.459 |
| Medium | 1.3127 | 0.178 |
| High   |        |       |
- Maintenance unit cost (KRW 1,000):** Per lane, Per Shoulder (빈칸)

대화 상자 하단에는 'OK'와 'CANCEL' 버튼이 있습니다.

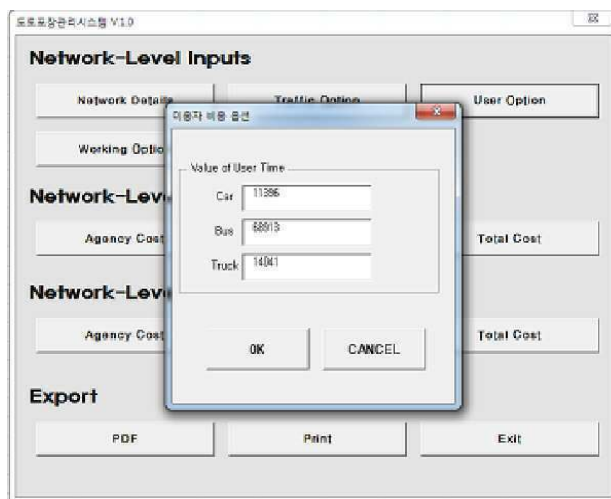
도면9

도면9는 'Network-Level' 관리 시스템의 메인 인터페이스와 'Parameter Setting' 대화 상자의 조합을 보여줍니다.

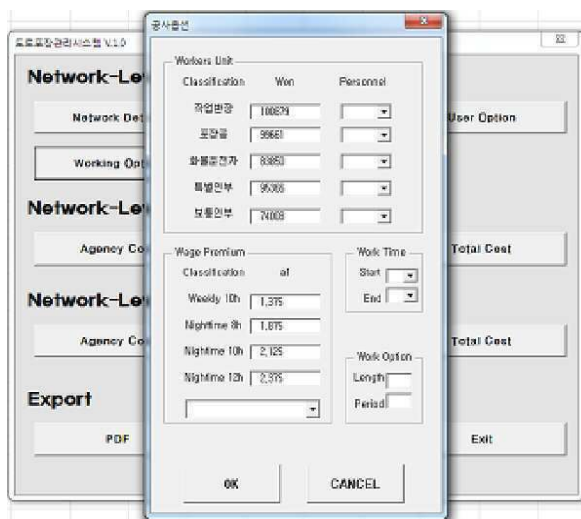
**Network-Level 시스템 구성:**

- Network-Level:** Network Details, Working Option, Agency Cost, Agency Cost, Export
- Export:** PDF
- 오버레이된 대화 상자 (도면8 참조):** AADT Construction Year, Percentage of Vehicles, Speed Limit(km/h), OK, CANCEL
- 오버레이된 사용자 인터페이스:** User Option, Total Cost, Total Cost, Exit

도면10



도면11



도면12



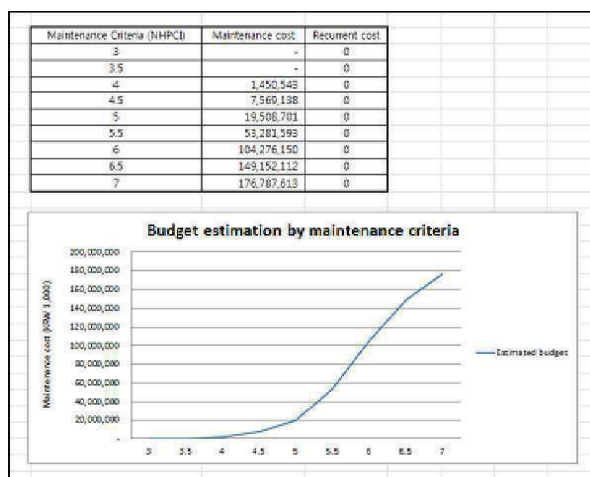
도면13

|                                                         |                 |                     |                    |  |
|---------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--|
| <b>Report</b>                                           |                 |                     |                    |  |
| <b>Basic Information</b>                                |                 |                     |                    |  |
| Fiscal year                                             | 2012            |                     |                    |  |
| Total number of sections                                | 424             |                     |                    |  |
| <b>Simulation Options</b>                               |                 |                     |                    |  |
| Applied maintenance criteria (NHPCI)                    | 5               |                     |                    |  |
| Num. of Maintenance target                              | 44              |                     |                    |  |
| <b>Load level</b>                                       |                 |                     |                    |  |
| Classification                                          | Low             | Middle              | High               |  |
| Frequent                                                | 352             | 63                  | 9                  |  |
| <b>Budget information</b>                               |                 |                     |                    |  |
| Allocated Maintenance cost                              | 11,000,000      |                     |                    |  |
| Allocated Recurrent cost                                | -               |                     |                    |  |
| Prior maintenance cost                                  | 19,508,701      |                     |                    |  |
| Balance                                                 | 8,508,701       |                     |                    |  |
| Budget optimization                                     | <b>Required</b> |                     |                    |  |
| <b>Averaged Network Condition</b>                       |                 |                     |                    |  |
| Deterioration Indices                                   | Prior Condition | Posterior Condition | Condition Recovery |  |
| Crack (%)                                               | 5.09            | 3.44                | -1.65              |  |
| Rutting (mm)                                            | 6.34            | 5.47                | -0.88              |  |
| IRI (m/km)                                              | 2.38            | 2.05                | -0.33              |  |
| NHPCI (0-10)                                            |                 | 6.40                | 0.46               |  |
| Elapsed time (Year)                                     | 11.23           | -                   | -                  |  |
| Note: Annual deterioration of next year is not included |                 |                     |                    |  |

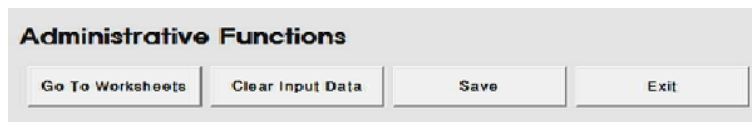
도면14

|                         |           |         |           |           |
|-------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|
| <b>Report</b>           |           |         |           |           |
| <b>Travel Time Cost</b> |           |         |           |           |
| 결과                      | 승용차       | 버스      | 화물차       | 합계        |
| 공사전                     | 2,744,613 | 520,982 | 1,000,842 | 4,266,437 |
| 공사중                     | 3,842,458 | 729,375 | 1,401,179 | 5,973,012 |
| 차액                      | 1,097,845 | 208,393 | 400,337   | 1,706,575 |
| 추가비용                    |           |         |           | 1,077,690 |
| <b>Travel Time Cost</b> |           |         |           |           |
| 결과                      | 승용차       | 버스      | 화물차       | 합계        |
| 공사전                     | 1,960,438 | 372,130 | 714,887   | 3,047,455 |
| 공사중                     | 2,744,613 | 520,982 | 1,000,842 | 4,266,437 |
| 차액                      | 784,175   | 148,852 | 285,955   | 1,218,982 |
| 추가비용                    |           |         |           | 8,532,875 |

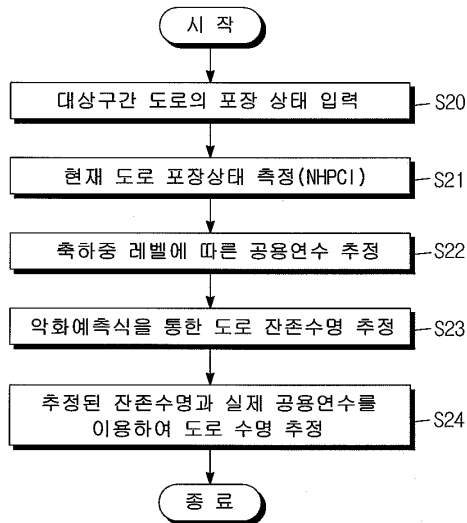
도면15



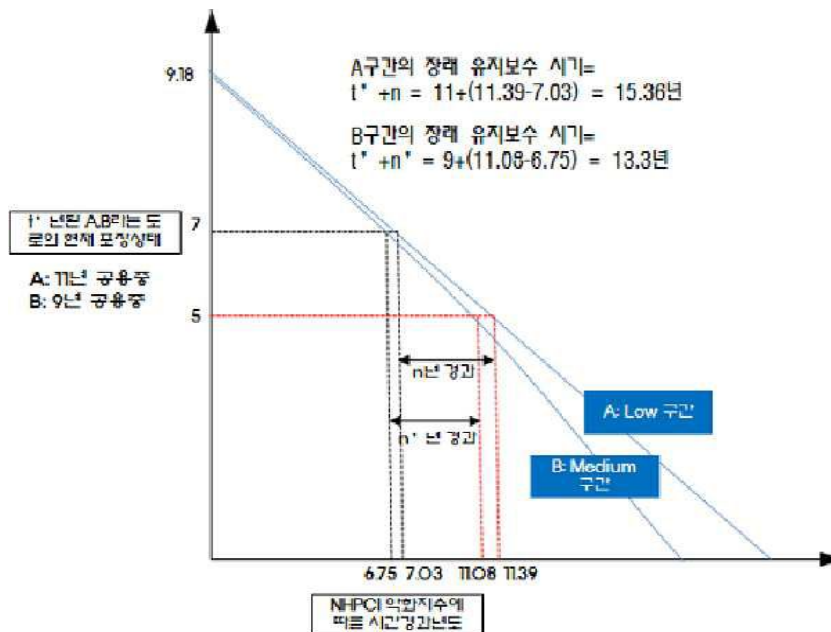
도면16



도면17



도면18



도면19

