



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년06월09일
(11) 등록번호 10-1629140
(24) 등록일자 2016년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 17/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06F 17/5004 (2013.01)

G06F 17/5018 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0024224

(22) 출원일자 2015년02월17일

심사청구일자 2015년02월17일

(56) 선행기술조사문헌

“Double Duals in Tandem 기어 하중에 의한 공항 콘크리트 포장 응력의 해석”, 인하대학교 대학원 일반대학원 학위논문 토목공학과, 2014년 02월*

“환경하중과 DT 기어 하중에 기인한 콘크리트 포장 응력의 회귀모형 개발”, 한국도로학회 2014년도 가을 학술대회 논문집(초록집), 2014년 09월*

KR1020140115114 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

정진훈

서울특별시 양천구 목동동로 130, 1423동 1601호 (신정동, 목동신시가자아파트14단지)

임진선

경기도 부천시 오정구 오정로 253, 206동 110호 (오정동, 오정생활휴먼시아2단지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 박승철

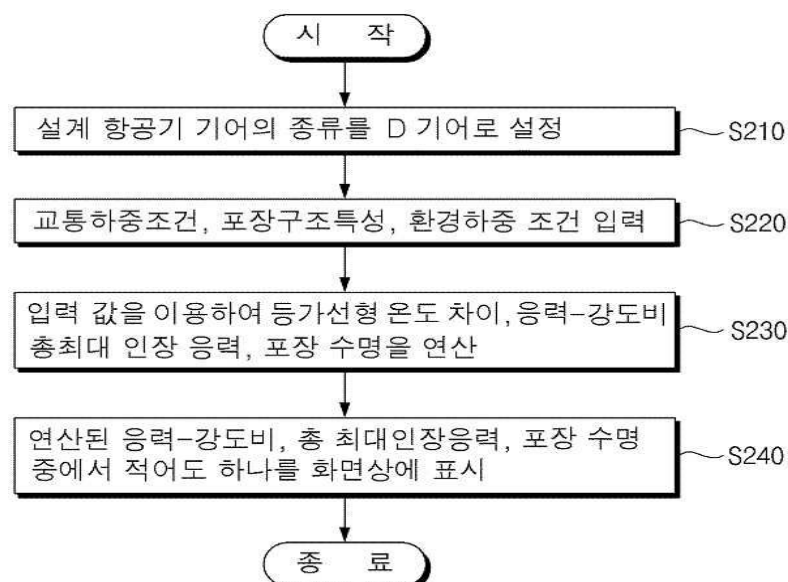
(54) 발명의 명칭 D 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 D 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, D(Dual) 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치에 있어서, 사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는 기어 설정부, 설계항공기하중 또는 설계교통량을 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



계, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는 조건 입력부, 상기 기 설정된 지역에 대응하는 지역별 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완을 포함하는 환경하중에 대한 데이터를 저장하는 저장부, 상기 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 응력-강도비, 상기 D 기어에 따른 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산하는 연산부 및 상기 연산된 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시하는 출력부를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면 교통하중뿐 아니라 환경하중을 고려하여 줄눈간격에 따른 적정 슬래브 두께를 사용자에게 제공함으로써, 사용자는 설계 조건과 이에 따른 해석 결과를 즉각적으로 파악할 수 있다. 또한, 공항 포장의 합리적인 설계가 가능하므로 효율적으로 주기적인 유지보수 관리를 할 수 있다.

(72) 발명자

박창선

경기도 수원시 장안구 수성로304번길 46, 201호 (영화동)

이주명

경기도 부천시 원미구 수도로48번길 9, 802호 (약대동, 우남아파트)

이중훈

경기도 평택시 평택4로 124, 102동 1001호 (비전동, 엘지덕동아파트)

이준혁

서울특별시 용산구 원효로19길 30, 3층 (원효로4가)

박해원

인천광역시 남구 인하로47번길 54, 미래로오피스텔 102호 (용현동)

김동혁

인천광역시 남구 재념이길 142, 우술빌라 304호 (용현동)

고정우

인천광역시 남동구 담방로 22-16, 금호아파트 105동 802호 (만수동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 11기술혁신A05

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 건설교통기술촉진연구사업

연구과제명 저탄소 녹색공항 포장시공 및 유지관리기법 개발

기 여 율 1/1

주관기관 명지대학교 산학협력단

연구기간 2013.08.14 ~ 2015.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

D(Dual) 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치에 있어서,

사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는 기어 설정부;

설계항공기하중 또는 설계교통량을 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는 조건 입력부;

별도로 기 설정된 지역에 대응하는 지역별 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완을 포함하는 환경하중에 대한 데이터를 저장하는 저장부;

상기 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 응력-강도비, 상기 D 기어에 따른 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산하는 연산부; 및

상기 연산된 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시하는 출력부를 포함하고,

상기 연산부는,

다음의 수학적식을 이용하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 장치:

$$\sigma_{D(total)} = 1.291 \cdot \sigma_{environment}^{0.601} \cdot \sigma_{traffic}^{0.604}$$

여기서, $\sigma_{D(total)}$ 는 상기 D기어에서의 총 최대인장응력을 나타내며, $\sigma_{environment}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력, $\sigma_{traffic}$ 는 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타낸다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조건 입력부는,

상기 저장부에 입력된 해당 지역의 환경 하중 데이터가 존재하지 않으면, 사용자로부터 해당 지역의 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 환경하중조건을 입력받는 공항 포장 분석 설계 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 기어의 하중, 슬래브 두께, 줄눈간격, 슬래브 하부 지지력계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 상기 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하거나 줄눈간격, 등가선형온도차, 슬래브 하부지지력 계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 연산하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 출력부는,

사용자로부터 입력된 상기 교통하중조건, 하부지지력, 지역 정보를 이용하여 산출된 응력을 통해 기 설정된 설계 수명에 따른 슬래브 두께와 줄눈간격을 출력하며,

상기 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나가 출력된 상태에서 사용자로부터 조정 명령을 입력받으면, 사용자가 재선택하는 슬래브 두께 또는 줄눈간격에 줄눈간격 또는 슬래브 두께를 출력하는 공항 포장 분석 설계 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 연산부는,

다음의 수학식을 적용하여 상기 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 장치:

$$\sigma_{D1(traffic)} = 61.8016 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.201} \cdot l^{-0.451} \cdot k^{0.198}$$

$$\sigma_{D2(traffic)} = 6.934 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.108} \cdot l^{0.609} \cdot k^{0.188}$$

여기서, $\sigma_{D1(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 미만인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내고, $\sigma_{D2(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 이상인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내며, p는 상기 D 기어의 하중, h는 슬래브 두께, l은 줄눈간격, k는 슬래브 하부 지지력계수를 나타낸다.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 다음의 수학식을 통하여 연산하는 공항 포장 분석 설계 장치:

$$\sigma_{\max(environment)} = 0.448 + 0.248 l + 0.015 \Delta T_{eq} - 0.003 k$$

여기에서 $\sigma_{\max(environment)}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력을 나타내고 l은 줄눈간격, ΔT_{eq} 은 등가선형 온도차, k는 슬래브 하부지지력 계수를 나타낸다.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 연산부는,

환경하중과 교통하중으로 산출된 응력을 콘크리트 휨 인장강도로 나누어 응력-강도비를 산출하고, 상기 산출된 응력-강도비를 다음의 보정된 피로모형을 통해 허용하중반복횟수를 구하고 상기 허용하중반복횟수를 상기 설계 교통량으로 나누어 상기 포장수명을 연산하는 공항 포장 분석 설계 장치:

$$\frac{DF}{0.888} = \left[\frac{F'_s b d}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F'_s bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right]$$

여기에서, SCI는 공항 포장의 구조적 상태를 나타내는 인자이고, DF(Design Factor)는 설계 인자를 나타내며,

F_{cal} 는 응력 보정 계수, F_s 는 안정처리기층의 보정 계수, a,b,c,d 는 모형계수로 폴 스케일 테스트를 통하여 산출되는 지수이다.

청구항 9

공항 포장의 교통하중 및 환경하중을 고려한 D(Dual) 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치를 이용하여 공항 포장 분석 설계 방법에 있어서,

사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는 단계;

설계항공기하중 또는 설계교통량을 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는 단계;

상기 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 응력-강도비, 상기 D 기어에 따른 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산하는 단계; 및

상기 연산된 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시하는 단계를 포함하고,

상기 연산하는 단계는,

다음의 수학적식을 이용하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 방법:

$$\sigma_{D(total)} = 1.291 \cdot \sigma_{environment}^{0.601} \cdot \sigma_{traffic}^{0.604}$$

여기서, $\sigma_{D(total)}$ 는 상기 D기어에서의 총 최대인장응력을 나타내며, $\sigma_{environment}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력, $\sigma_{traffic}$ 는 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타낸다.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 지역을 입력받는 단계는,

상기 입력받은 해당 지역의 기 저장된 환경 하중 데이터가 존재하지 않으면, 사용자로부터 해당 지역의 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 환경하중조건을 입력받는 공항 포장 분석 설계 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 연산하는 단계는,

상기 기어의 하중, 슬래브 두께, 줄눈간격, 슬래브 하부 지지력계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 상기 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하거나 줄눈간격, 등가선형온도차, 슬래브 하부지지력 계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 연산하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 화면상에 표시하는 단계는.

사용자로부터 입력된 상기 교통하중조건, 하부지지력, 환경하중조건을 이용하여 산출된 응력을 통해 기 설정된 설계 수명에 따른 슬래브 두께와 줄눈간격을 출력하며,

상기 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나가 출력된 상태에서 사용자로부터 조정 명령을 입력받으면, 사용자가 재선택하는 슬래브 두께 또는 줄눈간격에 대응하는 줄눈간격 또는 슬래브 두께를 출

력하는 공항 포장 분석 설계 방법.

청구항 13

삭제

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 연산하는 단계는,

다음의 수학적식을 적용하여 상기 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하는 공항 포장 분석 설계 방법:

$$\sigma_{D1(traffic)} = 61.8016 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.201} \cdot l^{-0.451} \cdot k^{0.198}$$

$$\sigma_{D2(traffic)} = 6.934 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.108} \cdot l^{0.609} \cdot k^{0.188}$$

여기서, $\sigma_{D1(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 미만인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내고,

$\sigma_{D2(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 이상인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내며, p는 상기 D 기어의 하중, h는 슬래브 두께, l은 줄눈간격, k는 슬래브 하부 지지력계수를 나타낸다.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 연산하는 단계는,

상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 다음의 수학적식을 통하여 연산하는 공항 포장 분석 설계 방법:

$$\sigma_{\max(environment)} = 0.448 + 0.248 l + 0.015 \Delta T_{eq} - 0.003 k$$

여기에서 $\sigma_{\max(environment)}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력을 나타내고 l은 줄눈간격, ΔT_{eq} 은 등가선형 온도차, k는 슬래브 하부지지력 계수를 나타낸다.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 연산하는 단계는,

환경하중과 교통하중으로 산출된 응력을 콘크리트 휨 인장강도로 나누어 응력-강도비를 산출하고, 상기 산출된 응력-강도비를 다음의 보정된 피로모형을 통해 허용하중반복횟수를 구하고 상기 허용하중반복횟수를 상기 설계 교통량으로 나누어 상기 포장수명을 연산하는 공항 포장 분석 설계 방법:

$$\frac{DF}{0.888} = \left[\frac{F'_s bd}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F'_s bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right]$$

여기에서, SCI는 공항 포장의 구조적 상태를 나타내는 인자이고, DF(Design Factor)는 설계 인자를 나타내며, F_{cal} 는 응력 보정 계수, F'_s 는 안정처리기층의 보정 계수, a,b,c,d는 모형계수로 풀 스케일 테스트를 통하여 산출되는 지수이다.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 D 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 공항의 포장 시설에 영향을 미치는 환경하중, 교통하중을 고려한 응력을 산출하고 해석하여 사용자에게 제공하는 D 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 공항의 활주로, 유도로, 계류장은 수많은 항공기가 고속으로 이륙 또는 착륙하며 지상 이동을 위해 이용하는 공항의 필수 시설로서, 안전을 위해서 지속적인 공항 포장의 관리 및 설계가 중요하다.

[0003] 최근 포장 설계는 기존 현장 실험을 바탕으로 제안된 경험적 설계 방법에서 교통하중뿐 아니라 환경 하중에 의한 포장 거동을 해석하고 잔존 수명을 예측하는 역학적- 경험적 설계 방법으로 전환되고 있다. 미국 FAA에서는 노모그래프 기반의 기존 경험적 설계 지침인 AC 150/5320-6D(FAA, 1995)를 3차원 유한요소해석에서 산출된 응력으로 슬래브 두께를 결정하는 역학적 설계 지침 AC 150/5320-6E(FAA, 2009)로 수정하였다. 하지만 이와 같은 설계법은 도로 포장 설계법에 비해 변수가 다양하지 않아 매우 보수적으로 설계되었으며, 특히 환경하중이 고려되지 않은 단점을 가지고 있다.

[0004] 온도 및 습도와 같은 기상 작용으로 인해 콘크리트 포장 슬래브에는 컬링 및 와핑의 거동이 유발되며, 이 거동이 지중, 디웰바, 보조기층과의 마찰 등에 의해 구속되면 응력이 발생되고 교통하중이 복합적으로 작용하여 슬래브에 파손을 야기한다. 따라서 환경하중을 고려하지 않는 기존의 역학적 설계로는 실제 공용성을 합리적으로 정확하게 예측할 수 없으므로, 환경하중을 공항 포장 설계에 반영하는 것은 매우 중요하다.

[0005] 한편, 콘크리트 포장의 줄눈은 포장의 팽창과 수축을 수용함으로 온도 및 습도 등의 환경 변화, 마찰 그리고 시공에 의하여 발생하는 응력을 완화시키고 시공 후 발생할지 모르는 랜덤균열(Random Crack)에 대한 감소를 위해서 필요하다. 또한, 시공 후 항공기 하중에 의해 발생하는 응력이 한 지점에 집중되지 않고 분산시키기 위한 역할을 하므로 줄눈간격에 대한 분석에 따른 설계가 중요하지만 기존 공항포장설계에서는 줄눈간격을 고려하지 못하는 실정이다.

[0006] 따라서, 공항 포장 실무자들이 편리하게 실제 실무에 적용할 수 있도록 환경하중과 교통하중을 동시에 고려하여 줄눈간격에 따른 슬래브 두께를 설계하는 방법이 필요하다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 국내등록특허 제 10-1260006호(2013.05.06 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 목적은 공항의 포장 시설에 영향을 미치는 환경하중, 교통하중을 고려한 응력을 산출하고 해석하여 사용자에게 제공하는 D 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, D(Dual) 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치에 있어서, 사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는 기어 설정부, 설계항공기하중 또는 설계교통량을 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는 조건 입력부, 상기 기 설정된 지역에 대응하는 지역별 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완을 포함하는 환경하중에 대한 데이터를 저장하는 저장부, 상기 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 응력-강도비, 상기 D 기어에 따른 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산하는 연산부 및 상기 연산된 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시하는 출력부를 포함한다.

[0010] 상기 조건 입력부는, 상기 저장부에 입력된 해당 지역의 환경 하중 데이터가 존재하지 않으면, 사용자로부터 해당 지역의 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 환경하중조건을 입력받을 수 있다.

[0011] 상기 연산부는, 상기 기어의 하중, 슬래브 두께, 줄눈간격, 슬래브 하부 지지력계수 가운데 적어도 하나를 변수

로 하는 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하거나 줄눈간격, 등가선형온도차, 슬래브 하부지지력 계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 환경하중에 의한 최대인장응력을 연산하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산할 수 있다.

[0012] 상기 출력부는, 사용자로부터 입력된 상기 교통하중조건, 하부지지력, 지역 정보를 이용하여 산출된 응력을 통해 기 설정된 설계 수명에 따른 슬래브 두께와 줄눈간격을 출력하며, 상기 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나가 출력된 상태에서 사용자로부터 조정 명령을 입력받으면, 사용자가 재선택하는 슬래브 두께 또는 줄눈간격에 줄눈간격 또는 슬래브 두께를 출력할 수 있다.

[0013] 상기 연산부는, 다음의 수학적식을 이용하여 상기 D 기어의 총 최대인장응력을 연산할 수 있다.

$$\sigma_{D(total)} = 1.291 \cdot \sigma_{environment}^{0.601} \cdot \sigma_{traffic}^{0.604}$$

[0015] 여기서, $\sigma_{D(total)}$ 는 상기 D기어에서의 총 최대인장응력을 나타내며, $\sigma_{environment}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력, $\sigma_{traffic}$ 는 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타낸다.

[0016] 상기 연산부는, 다음의 수학적식을 적용하여 상기 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산할 수 있다.

$$\sigma_{D1(traffic)} = 61.8016 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.201} \cdot l^{-0.451} \cdot k^{0.198}$$

$$\sigma_{D2(traffic)} = 6.934 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.108} \cdot l^{0.609} \cdot k^{0.188}$$

[0018] 여기서, $\sigma_{D1(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 미만인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내고, $\sigma_{D2(traffic)}$ 는 상기 D 기어의 간격이 5m 이상인 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내며, p는 상기 D 기어의 하중, h는 슬래브 두께, l은 줄눈간격, k는 슬래브 하부 지지력계수를 나타낸다.

[0019] 상기 연산부는, 상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 다음의 수학적식을 통하여 연산할 수 있다.

$$\sigma_{max(environment)} = 0.448 + 0.248 l + 0.015 \Delta T_{eq} - 0.003 k$$

[0021] 여기서 $\sigma_{max(environment)}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력을 나타내고 l 은 줄눈간격, ΔT_{eq} 은 등가선형 온도차, k 는 슬래브 하부지지력 계수를 나타낸다.

[0022] 상기 연산부는, 환경하중과 교통하중으로 산출된 응력을 콘크리트 휨 인장강도로 나누어 응력-강도비를 산출하고, 상기 산출된 응력-강도비를 다음의 보정된 피로모형을 통해 허용하중반복횟수를 구하고 상기 허용하중반복 횟수를 상기 설계교통량으로 나누어 상기 포장수명을 연산할 수 있다.

$$\frac{DF}{0.888} = \left[\frac{F'_s b d}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F'_s bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F'_s b} \right]$$

[0024] 여기서, SCI는 공항 포장의 구조적 상태를 나타내는 인자이고, DF(Design Factor)는 설계 인자를 나타내며, F_{cal} 는 응력 보정 계수, F'_s 는 안정처리기층의 보정 계수, a,b,c,d 는 모형계수로 풀 스케일 테스트를 통하여 산출되는 지수이다.

[0025] 본 발명의 다른 실시예에 따르면 공항 포장의 교통하중 및 환경하중을 고려한 D(Dual) 기어 항공기를 위한 공항 포장 분석 설계 장치를 이용하여 공항 포장 분석 설계 방법에 있어서, 사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는 단계, 설계항공기하중 또는 설계교통량을 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는 단계, 상기 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 응력-강도비, 상기 D 기어에

따른 총 최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산하는 단계 및 상기 연산된 등가선형온도차, 총 최대 인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0026] 이와 같이 본 발명에 따르면 공항 포장의 교통하중뿐 아니라 국내의 일교차 및 상대습도 등의 환경하중을 고려하여 줄눈간격에 따른 적정 슬래브 두께를 사용자에게 제공함으로써, 사용자는 설계 조건과 이에 따른 해석 결과를 즉각적으로 파악할 수 있다.
- [0027] 또한, 공항 포장의 합리적인 설계가 가능하므로 시공 후 조기 파손으로 인한 유지보수에 따른 추가 손실을 급감시키며, 효율적으로 주기적인 유지보수 관리를 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 공항 포장 분석 설계 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 공항 포장 분석 설계 방법의 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 사용자 인터페이스에 표시되는 공항 포장 분석 설계 장치 화면의 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0031] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 따르면, 사용자로부터 입력받는 입력변수들은 민감도 분석을 통해 선정하였다. 환경 및 교통하중이 동시에 작용할 때 최대인장응력에 영향을 주는 인자들을 파악하고자 민감도 분석을 통해 콘크리트 포장의 최대인장응력의 범위가 기준 응력(1.21MPa)의 약 5%(0.06MPa)미만이면 그 영향이 미비하다고 판단하고 입력변수에서 제외하였다.
- [0033] 표 1은 본 발명의 실시예에 따른 환경 및 교통하중 재하시 기어별 입력변수에 따른 상한값과 하한값의 응력 차이를 나타낸다.
- [0034] 표 1에서와 같이, 최대인장응력의 차이 값이 0.06MPa보다 큰 값을 가진 인자들인 슬래브 두께, 기어하중, 등가선형 온도 차이, 줄눈간격, 슬래브 부지지력계수가 입력변수로 선정될 수 있다.

표 1

입력변수	최대치와 최소치의 응력차이, MPa		
	DDT 기어	DT기어	D기어
슬래브 두께	1.58	1.43	1.32
기어하중	0.80	0.73	0.69
등가선형온도차이	0.54	0.56	0.57
줄눈간격	0.17	0.43	0.35
슬래브하부지지력계수	0.26	0.24	0.22
슬래브 탄성계수	0.02	0.03	0.03
포아송비	0.01	0.01	0.01
다웰바 탄성계수	0.01	0.01	0.01

[0035]

[0036]

도 1는 본 발명의 실시예에 따른 공항 포장 분석 설계 장치의 구성도이다.

[0037]

본 발명의 실시예에 따른 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 기어 설정부(110), 조건 입력부(120), 저장부(130), 연산부(140), 출력부(150)을 포함한다.

[0038]

기어 설정부(110)는 기어의 종류(DDT: Double Dual in Tandem, DT: Dual in Tandem, D: Dual)중에서 D기어를 설정받는다.

[0039]

조건 입력부(120)는 사용자로부터 교통하중조건, 포장구조특성, 환경하중조건을 입력받는다.

[0040]

즉, 조건 입력부(120)는 사용자로부터 설계항공기 하중, 설계 교통량 중에서 적어도 하나를 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는다.

[0041]

이때, 입력받는 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력은 특정 범위로 지정된다. 이와 같은 특정 범위는 기존의 공항의 포장구조 특성 데이터의 범위로 공항 포장 해석 프로그램인 FEAFAA를 이용하여 유한요소해석이 수행된 범위이다.

[0042]

예를 들면, 조건 입력부(120)에서 슬래브 두께의 입력범위는 30cm ~ 50cm 이며, 줄눈간격의 입력범위는 3.8m ~ 7.5m 이고, 하부지지력의 입력범위는 $97MN/m^3 \sim 135MN/m^3$ 에 한해서 사용자로부터 입력받을 수 있다.

[0043]

한편, 입력한 지역에 대한 환경하중 데이터가 저장부(130)에 저장되지 않은 경우, 조건 입력부(120)는 해당 지역의 온도, 습도 및 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 환경하중조건을 사용자로부터 입력받는다.

[0044]

여기에서 콘크리트 포장 슬래브가 타설 후 온도 및 수분의 변화에 의해 체적이 변화하면 자중, 보조기충과의 마찰, 길어깨, 타이바, 다웰바 등에 의한 구속 등으로 인하여 슬래브 내부에 응력이 유발된다. 장기간 구속된 슬래브에 발생하는 실제 응력은 콘크리트의 재료특성인 크리프(Creep) 및 응력이완(Stress Relaxation)과 관련이 있다. 또한, 건조수축의 경우 대기와 접하는 콘크리트 슬래브 상부 표면에서 크게 증가하므로 건조수축이 상대적으로 작은 하부와는 차이가 점점 커지게 되므로 이 부등건조수축에 의해 슬래브 상부에는 인장응력이 지속적으로 증가하게 되고 이에 상응하는 응력이완도 발생하게 되므로 환경하중조건으로 사용자로부터 해당 지역의 온도, 습도 및 건조수축, 크리프 및 응력이완을 입력받는다.

- [0045] 저장부(130)는 기 설정된 지역에 대응하는 지역별 온도, 습도 및 건조수축, 크리프 및 응력이완 등 환경하중에 대한 데이터를 저장한다.
- [0046] 한편, 사용자가 저장부(130)에 저장되어 있지 않은 지역을 선택하고 환경하중에 대한 데이터를 입력한 경우, 사용자는 지역과 그에 따른 환경하중 데이터를 입력하고 저장부(130)에 저장할 수 있다.
- [0047] 연산부(140)은 기어의 하중, 슬래브 두께, 줄눈간격, 슬래브 하부 지지력계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 교통하중에 의한 최대인장응력을 연산하거나 줄눈간격, 등가선형온도차, 슬래브 하부지지력 계수 가운데 적어도 하나를 변수로 하는 상기 환경하중에 의한 최대인장응력을 연산한다.
- [0048] 연산부(140)는 입력부에서 입력된 값과 저장부의 데이터를 이용하여 등가선형온도차, 총최대인장응력, 포장 수명 중 적어도 하나를 연산한다.
- [0049] 연산부(140)는 환경하중 회귀모형 개발에 제시된 회귀식을 통해 상기 공항을 설계하고자 하는 지역 또는 해당 지역의 온도, 습도 및 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 등가선형온도차를 산출한다. 그리고 연산부(140)는 계산된 등가선형온도차이를 변수로 하는 회귀식을 통해 환경하중에 의한 응력이 계산한다.
- [0050] 또한, 연산부(140)는 환경하중과 교통하중을 콘크리트 휨 인장강도로 나누어 응력비를 구하고, 이와 같이 계산된 응력-강도비를 보정된 피로모형에 적용하여 허용반복 하중 횟수를 구한다. 이때, 허용하중반복 횟수를 조건 입력부(120)에서 입력받은 설계교통량으로 나누어주면 포장 수명이 연산된다.
- [0051] 환경하중 및 교통하중을 고려한 각 기어별 회귀모형은 다중회귀분석을 이용한다. 환경 및 교통하중에 대한 회귀식의 경우, 교통하중($\sigma_{\max(traffic)}$)과 환경하중($\sigma_{\max(environment)}$)에 대한 유한요소해석 결과를 독립변수로, 환경 및 교통하중($\sigma_{\max(total)}$)의 유한요소해석 결과를 종속변수로 이용하여 다음과 같은 수학적 식 1을 통해 최대 인장응력을 산출한다.

수학적 식 1

[0052]
$$\sigma_{\max(total)} = A \cdot \sigma_{environment}^B \cdot \sigma_{traffic}^C$$

[0053] 여기에서 $\sigma_{\max(total)}$ 는 최종 응력이고, A, B, C는 매개 변수, $\sigma_{environment}$ 는 환경하중으로 인한 최대인장응력, $\sigma_{traffic}$ 는 교통하중으로 인한 최대인장응력이다.

[0054] 또한, 기어별 공항의 허용 반복 횟수 및 개발된 응력회귀식을 이용하여 계산된 응력-강도비에 적합한 피로모형으로 수학적 식 2와 같은 FAA AC 150/5320-6E 피로 모형을 선정하였다. FAA AC 150/5320-6E는 미연방항공청인 FAA에서 개발되었고 설계 프로그램인 FAARFIELD에 적용된 피로 모형이다.

수학적 식 2

[0055]
$$\frac{DF}{F_{CAL}} = \left[\frac{F_s'bd}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F_s'bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right]$$

[0056] 여기에서 SCI는 구조적 상태 지수이고, DF(Design Factor)는 설계 인자, F_{cal} 는 응력 보정 계수, F_s 는 안정처리기층의 보정 계수, a,b,c,d는 모형계수이다.

[0057] FAA AC 150/5320-6E에서 정해진 나머지의 변수들은 표 2와 같다.

표 2

	F_{col}	F'_s	coefficient			
			a	b	c	d
FAA-6E	1.13	1.0	0.5878	0.2523	0.7409	0.2465

[0058]

[0059]

이와 같은 FAA에서 개발한 가장 최신의 모형인 FAA AC 150/5320-6E 피로모형에 대해서 국내 항공에 적용하기 위해서 최소자승법(Brill 연구)을 통해 응력보정계수를 변형하여 보정된 피로모형을 적용하여 연산한다.

[0060]

출력부(150)는 연산부에서 연산된 결과를 연결된 사용자 인터페이스 화면에 표시한다.

[0061]

또한, 출력부(150)는 분석 및 설계에 관한 데이터를 사용자의 명령에 따라 파일형태로 출력할 수 있다.

[0062]

이하에서는 도 2 내지 도 3을 통해 본 발명의 실시예에 따른 공항 포장 분석 설계 방법을 설명한다.

[0063]

도 2은 본 발명의 실시예에 따른 공항 분석 설계 방법의 순서도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 사용자 인터페이스에 표시되는 공항 포장 분석 설계 장치 화면의 예시도이다.

[0064]

먼저, 사용자로부터 설계 항공기의 기어의 종류를 D 기어로 설정받는다(S210).

[0065]

설계 항공기 기어의 종류로는 D(Dual) 기어 이외에 DDT(Double Dual in Tandem), DT(Dual in Tandem)를 더 포함할 수 있으며, 설계 항공기 기어 종류에 따라 공항 콘크리트 포장 응력 예측모형이 다르게 설정된다.

[0066]

다음으로, 사용자로부터 설계항공기하중, 설계교통량 중에서 적어도 하나를 포함하는 교통하중조건을 입력받고, 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력 중에서 적어도 하나를 포함하는 포장구조특성을 입력받으며, 상기 공항을 설계하고자 하는 지역을 입력받는다(S220)

[0067]

또한, 입력받은 해당 지역의 기 저장된 환경 하중 데이터가 존재하지 않으면, 사용자로부터 해당 지역의 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하는 환경하중조건을 입력받을 수 있다.

[0068]

도 3에서 보면, 가정한 조건들을 입력하고, 설계하고자 하는 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력을 입력한다. 이때, 포장 구조 특성으로 입력받는 슬래브 두께, 줄눈간격, 하부지지력은 입력란 오른쪽 부분에 적힌 범위를 넘지 않도록 입력한다.

[0069]

또한, 공항에 설계할 지역을 선택하는 경우, 몇몇의 기 설정된 지역에 한하여 공항 포장 분석 설계 장치(100)에 해당 지역의 온도, 습도 또는 건조수축, 크리프 및 응력이완에 대한 환경하중조건 데이터가 저장되어 있다. 그래서 사용자가 기 설정된 지역 중 하나를 선택하면 공항 포장 분석 설계 장치(100)에 저장된 환경하중조건 데이터를 이용하게 된다. 한편, 사용자가 입력하는 지역이 기 설정된 지역에 해당되지 않으면, 직접 사용자가 공항 포장 분석 설계 장치(100)에 환경하중조건 데이터를 입력할 수 있다.

[0070]

도 3에서 보면, 사용자가 입력변수들을 입력하고 Analyze를 선택하면, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 입력받은 값들에 이용하여 연산을 한다.

[0071]

이때, 사용자가 Clear를 선택하면, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 입력받은 변수들을 모두 기본 설정된 null 값을 가지게 되며, 사용자가 Cancel를 선택하는 경우 공항 분석 설계 장치(100)는 연산동작을 멈추게 된다.

[0072]

또한, 사용자가 Help를 선택하면, 공항 포장 분석 설계 장치(100)를 이용하기 위한 입력 안내나 해석 결과로 나온 수치에 대한 설명, 설계수명에 맞춰 조정되는 슬래브 두께와 줄눈간격에 대한 설명 등 사용자는 다양한 안내 및 도움을 받을 수 있다.

[0073]

다음으로 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 입력된 입력 값들을 이용하여 등가선형온도차, 총최대인장응력, 포장수명 중에서 적어도 하나를 연산한다(S230).

[0074]

등가선형온도차는 환경하중 회귀모형 개발에 제시된 회귀식을 통해 입력받은 온도, 습도 및 건조 수축, 크리프 및 응력이완 가운데 적어도 하나를 이용하여 다음 수학적 식 3을 이용하여 등가선형온도차(ΔT_{total})를 산출한다.

수학식 3

$$\Delta T_{total} = -2.636(h)^{0.772}(T)^{0.105}(RH)^{-0.672}$$

[0075]

[0076] 여기에서, h 는 슬래브 두께, T 는 연평균 월 최대 일교차($^{\circ}\text{C}$), RH 은 연평균 상대 습도(%)를 나타낸다.

[0077] 연평균 월 최대 일교차 및 연평균 상대습도, 슬래브 두께를 공항 콘크리트 포장의 총 환경하중으로 제시된 등가 선형 온도차이 모형의 독립 변수로 설정하였고, 종속변수와 독립 변수의 크기를 유사한 수준으로 맞추기 위해 수학식 3과 같이 모든 변수와 상수에 로그를 취한다.

[0078] 다음으로 환경 하중과 교통하중으로 산출된 응력을 콘크리트 휨 인장강도로 나누어 응력-강도비를 산출할 수 있다.

[0079] 응력-강도비는 각 기어에 따른 응력회귀식을 이용하여 계산된 응력에 콘크리트 휨 인장강도 4.9Mpa를 나눈 값으로 연산된다.

[0080] 총최대인장응력의 값은 기어의 종류에 따라서 수학식이 달라지는데, 기어의 종류는 DDT, DT, D 기어를 포함한다.

[0081] 각 기어의 종류에 대응하면, 다음의 수학식 4을 이용하여 총 최대인장응력을 연산할 수 있다.

[0082] 이러한 수학식 4과 같은 회귀분석식은 수학식 1에 대해서 기어별로 회귀 분석을 실시한 결과로 도출된다.

수학식 4

$$\sigma_{DDT(total)} = 2.158 \cdot \sigma_{environment}^{0.208} \cdot \sigma_{traffic}^{0.408}$$

$$\sigma_{DT(total)} = 1.403 \cdot \sigma_{environment}^{0.216} \cdot \sigma_{traffic}^{0.617}$$

$$\sigma_{D(total)} = 1.291 \cdot \sigma_{environment}^{0.601} \cdot \sigma_{traffic}^{0.604}$$

[0083]

[0084] 여기에서, $\sigma_{DDT(total)}$, $\sigma_{DT(total)}$, $\sigma_{D(total)}$ 는 각각 DDT, DT, D기어에서의 총 최대인장응력을 나타내며, $\sigma_{environment}$ 는 환경하중에 의한 최대인장응력, $\sigma_{traffic}$ 는 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타낸다.

[0085] 수학식 4을 연산하기 위해 먼저, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 교통하중에 의한 최대인장응력을 수학식 5를 통해 연산한다.

[0086] 교통하중으로 인한 최대인장응력을 구하는 수학식 5는 SPSS 회귀분석 프로그램을 이용하여 설계입력변수들과 발생응력을 각각 독립변수와 종속변수로 갖는 응력 회귀식으로 도출하였다.

수학식 5

$$\sigma_{DDT1(traffic)} = 8.892 \cdot p^{0.764} \cdot h^{-1.224} \cdot l^{-1.453} \cdot k^{0.066}$$

$$\sigma_{DDT2(traffic)} = 0.320 \cdot p^{0.836} \cdot h^{-1.111} \cdot l^{0.067} \cdot k^{0.139}$$

$$\sigma_{DT(traffic)} = 38.726 \cdot p^{0.86} \cdot h^{-1.294} \cdot l^{-0.271} \cdot k^{0.183}$$

$$\sigma_{D1(traffic)} = 61.8016 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.201} \cdot l^{-0.451} \cdot k^{0.198}$$

$$\sigma_{D2(traffic)} = 6.934 \cdot p^{0.784} \cdot h^{-1.108} \cdot l^{0.609} \cdot k^{0.188}$$

[0087]

[0088] 여기서, $\sigma_{DDT1(traffic)}$, $\sigma_{D1(traffic)}$ 는 각각 기어의 간격이 5m 미만인 DDT 또는 D 기어를 선택한 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내고, $\sigma_{DDT2(traffic)}$, $\sigma_{D2(traffic)}$ 는 각각 기어의 간격이 5m 이상인 DDT 또는 D 기어를 선택한 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내며, $\sigma_{DT(traffic)}$ 는 DT 기어를 선택한 경우의 교통하중에 의한 최대인장응력을 나타내고, p는 기어 하중, h는 슬래브 두께, l은 줄눈간격, k는 슬래브 하부 지지력계수를 나타낸다.

[0089] 이때, DDT 기어와 D 기어의 경우, 메인 기어 사이의 거리가 5m 이상으로서 슬래브의 줄눈간격이 5m 미만과 5m 이상의 경우에 따라 하나의 슬래브에 재하되는 기어 수가 달라 응력의 경향이 반대로 최장 인장응력의 위치가 변한다. 그러므로 기어간의 특성상 DDT 기어와 D 기어의 경우 5m 간격으로 따라서 응력회귀식이 5m 미만일 경우, 5m 이상일 경우 2개의 응력회귀식이 생긴다.

[0090] 또한, D 기어의 경우, 슬래브가 5m 미만인 경우엔 슬래브 하나에 한 개의 메인 기어만 위치하기 때문에 DT 기어의 최대인장응력에서의 위치와 비슷한 양상을 보이며, 슬래브가 5m 이상인 경우에는 슬래브 하나에 두 개의 메인 기어가 올라가기 때문에 DDT 기어의 최대인장응력에서의 위치와 비슷한 양상을 보였다.

[0091] 다음으로, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 환경하중에 의한 최대인장응력을 다음 수학식 6를 통하여 연산한다.

수학식 6

$$\sigma_{\max(environment)} = 0.448 + 0.248 l + 0.015 \Delta T_{eq} - 0.003 k$$

[0092]

[0093] 여기에서, $\sigma_{\max(environment)}$ 은 환경하중으로 인한 최대인장응력을 나타내고 l은 줄눈간격, ΔT_{eq} 은 등가선형온도차, k는 슬래브 하부 지지력 계수를 나타낸다.

[0094] 이와 같이 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 교통하중으로 인한 최대인장응력과 환경하중으로 인한 최대인장응력을 연산한 값을 수학식 3에 적용하여 기어별 최대인장응력을 산출한다.

[0095] 다음으로 공항 포장 분석 설계 장치(100)은 포장 수명을 연산하기 위해 먼저 허용하중반복횟수를 구한다.

[0096] 앞서 기어별로 산출된 응력비를 다음의 수학식 7의 보정된 피로모형을 통해 허용하중 반복 횟수를 연산한다.

수학식 7

$$\text{DDT 기어: } \frac{DF}{0.827} = \left[\frac{F_s'bd}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F_s'bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right]$$

$$\text{DT 기어: } \frac{DF}{1.11} = \left[\frac{F_s'bd}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F_s'bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right]$$

$$\text{D 기어: } \frac{DF}{0.888} = \left[\frac{F_s'bd}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right] \times \log C + \left[\frac{(1 - \frac{SCI}{100})(ad-bc) + F_s'bc}{(1 - \frac{SCI}{100})(d-b) + F_s'b} \right]$$

[0097]

[0098]

여기에서, SCI는 공항 포장의 구조적 상태를 나타내는 인자이고, DF(Design Factor)는 설계 인자를 나타내며, F_{cal} 는 응력 보정 계수, F_s 는 안정치리기층의 보정 계수, a,b,c,d 는 모형계수로 폴 스케일 테스트를 통하여 산출되는 지수이다.

[0099]

SCI는 공항 포장의 구조적 상태를 나타내는 인자이며 SCI가 80%가 될 때 포장의 수명이 다한다고 제시하였다. SCI(구조적 상태지수)는 FAA 150/5320-6E 매뉴얼 상 제시되어 있는 80을 사용하여 C(허용하중반복횟수)값을 도출하며, DF 설계인자는 앞서 연산한 응력-강도비의 역수이다.

[0100]

구조적상태지수인 SCI 값이 초기 수치 100에서 크랙이 발생하여 변화하는 시점을 C_0 이라고 하고 SCI 값이 0이 된 시점을 C_F 라 한다. 이때, C_F 와 설계인자 DF와의 폴 스케일 데이터 회귀식을 통해 나온 인자를 모형 계수 a,b 이며, C_0 와 설계 인자 DF와의 회귀식으로부터 산출된 인자를 모형 계수 c,d라 한다.

[0101]

이와 같이 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 수학식 7을 통해 허용하중반복 횟수를 구하면, 앞서 입력받은 설계 교통량으로 나누어 포장 수명을 연산한다.

[0102]

다음으로 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 연산된 등가선형온도차, 총 최대인장응력, 포장 수명 중에서 적어도 하나를 화면상에 표시한다(S240).

[0103]

도 3의 오른쪽 상단 부분과 같이, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 해석 결과로 각각의 결과에 대한 데이터가 표시되고 기 설정된 설계 수명에 비추어 알맞은 설계 또는 과다 설계 또는 과소 설계인지를 알리는 메시지를 표시한다.

[0104]

여기에서 과다 설계 또는 과소 설계인지 판단하는 기준은 기 설정된 설계 수명에 따른 입력값 및 결과값이며 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 이와 같은 입력값 및 결과값과 비교하여 기 설정된 편차값 보다 이하인 경우 적정한 설계라고 판단한다.

[0105]

여기에서 기 설정된 설계 수명은 20년으로 가정하며, 기 설정된 설계 수명은 기 설정된 편차값과 함께 관리자나 사용자에게 의해 용이하게 변경될 수 있다.

[0106]

또한, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 도 3의 오른쪽 하단에서와 같이 사용자로부터 입력된 교통하중조건, 하부지지력, 지역 정보를 이용하여 산출된 응력을 통해 연산된 응력회귀식 및 피로모형을 역으로 연산하여 기 설정된 설계 수명에 따른 슬래브 두께와 줄눈간격을 그래프를 통해 출력한다.

[0107]

여기에서 기 설정된 설계 수명에 따른 슬래브 두께와 줄눈간격을 출력하는 형태는 그래프, 텍스트, 도표 등으로 나타낼 수 있으나 이에 한정하지 않는다.

[0108]

이렇듯 분석 결과가 화면에 표시되면, 사용자는 조정을 선택하여 기 설정된 설계 수명에 적절한 슬래브 두께와 줄눈간격으로 변경할 수 있다.

- [0109] 사용자가 도 3의 조정을 선택하면 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 기 설정된 설계 수명에 대한 슬래브 두께 및 줄눈간격을 조절할 수 있도록 도 3의 포장구조 특성을 입력하는 창에 선택할 수 있도록 바뀐다.
- [0110] 이때, 사용자가 슬래브 두께 또는 줄눈간격을 재선택하면, 재선택된 슬래브 두께 또는 줄눈간격에 대응하는 상 기 기 설정된 설계 수명에 따른 줄눈간격 또는 슬래브 두께를 출력할 수 있다.
- [0111] 또한, 도 3에서의 사용자가 Return을 선택하면, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 최초 입력한 값과 그 입력한 값에 따른 해석 결과를 화면에 표시한다.
- [0112] 사용자가 Export를 선택하면, 공항 포장 분석 설계 장치(100)는 현재 화면에 표시되어 있는 데이터 또는 그래프 또는 분석 결과에 대해서 파일로 만들어 저장하거나 또는 연결되어있는 컴퓨터 주변기기로 데이터들을 출력할 수 있다.
- [0113] 다음으로 표 3은 응력회귀식의 타당성을 검증하기 위해서 기어별 하중에 의해 발생하는 최대인장응력을 국내 공 항을 기준으로 유한요소 해석한 결과와 회귀식을 통해 얻은 결과를 비교한 표이다.

표 3

공 항		환경하중 비교		교통하중 비교		환경 및 교통하중 비교	
		오차, MPa	오차율, %	오차, MPa	오차율, %	오차, MPa	오차율, %
DDT 기어	인천공항	-0.05	2.25	-0.03	1.95	-0.15	4.86
	청주공항	0.06	3.12	0.03	1.92	0.09	3.11
	무안공항	0.02	0.74	0.03	1.96	0.06	2.21
	사천공항	0.04	2.21	0.02	1.4	-0.08	2.67
DT 기어	제주공항	-0.01	0.585	0.008	0.42	0.05	2.15
	광주공항	-0.036	2.03	0.037	2.01	-0.091	3.98
	김해공항	0.11	5.85	0.004	0.22	-0.017	0.7
	양양공항	0.49	2.35	-0.088	4.63	-0.078	3.05
D기어	여수공항	0.06	3.23	0.04	2.3	0.03	1.1

- [0114]
- [0115] DDT 교통하중에 의해 발생하는 최대인장응력의 경우 -0.03 ~ 0.03MPa의 차이가 나타나는 것으로 확인되었으며, 이 중에서 가장 큰 차이가 발생하는 무안공항에서 두 결과값의 오차율이 1.96%임을 확인할 수 있었다. DT 교통 하중에 의해 발생하는 최대인장응력의 경우도 -0.088 ~ 0.37MPa 의 차이를 나타내었으며 이 중 가장 큰 응력차 이가 발생하는 양양공항에서 최대인장응력의 오차율은 4.63%로 확인되었다. 마지막으로 D기어 교통하중의 경우 엔 이를 설계공항으로 하는 공항은 여수공항이며 이때의 오차는 0.04MPa로, 기어별 회귀식의 결과가 유한요소해 석 결과를 대변하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0116] 환경 및 교통하중에 의해 발생하는 최대인장응력에 대해서도 국내 공항을 기준으로 분석하였다. 그 결과 DDT 환 경 및 교통하중의 경우 회귀식과 유한요소해석의 결과가 -0.15 ~ 0.09MPa 의 차이를 나타냈으며 이 중 가장 큰 응력차이가 발생하는 인천공항에서 최대인장응력 오차는 4.86%로 확인되었다. DT 환경 및 교통하중의 경우 -0.091 ~ 0.05MPa 의 차이를 보였으며 이 중 가장 큰 응력차이가 발생하는 광주공항에서 최대인장응력의 오차는 3.98%로 확인되었다. 마지막으로 D기어의 경우 오차는 0.03MPa로, 이를 통해 각 기어별 환경 및 교통하중의 회 귀식의 결과들이 유한요소해석 결과를 대변하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0117] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 공항 포장의 교통하중뿐 아니라 국내의 일교차 및 상대습도 등의 환경하 중을 고려하여 줄눈간격에 따른 적정 슬래브 두께를 사용자에게 제공함으로써, 사용자는 설계 조건과 이에 따른 해석 결과를 즉각적으로 파악할 수 있다.
- [0118] 또한, 공항 포장의 합리적인 설계가 가능하므로 시공 후 조기 파손으로 인한 유지보수에 따른 추가 손실을 급감

시키며, 효율적으로 주기적인 유지보수 관리를 할 수 있다.

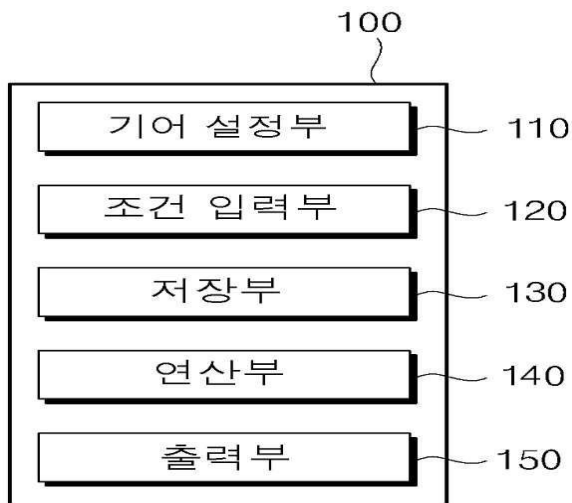
[0119] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

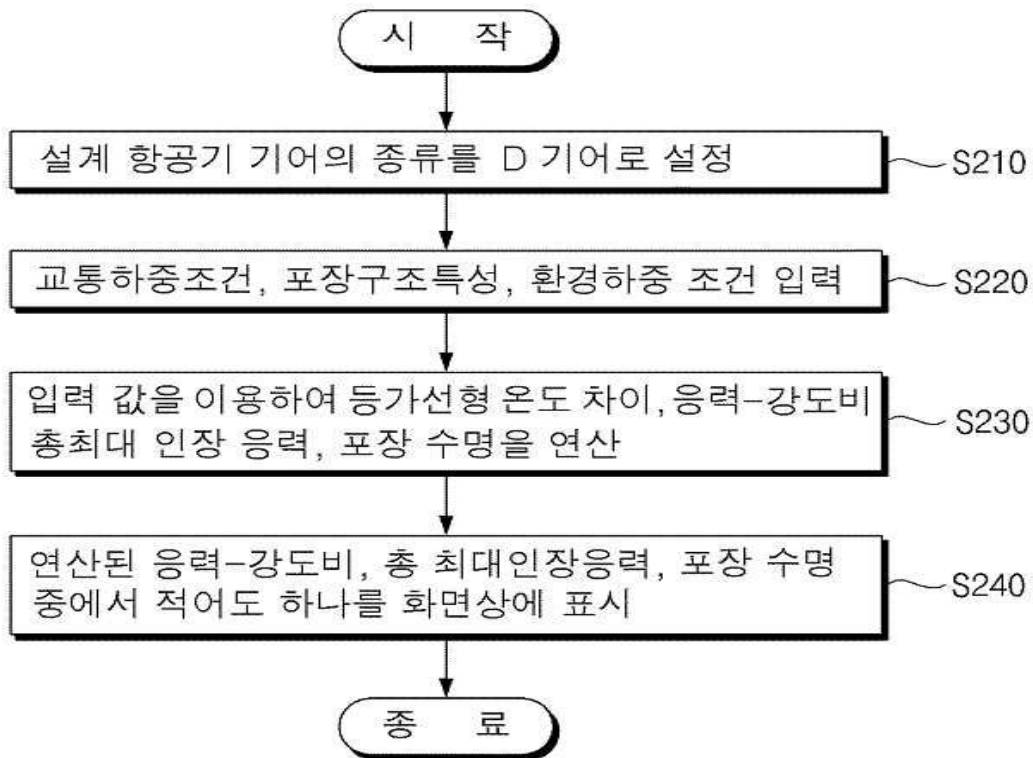
[0120] 100: 공항 포장 분석 설계 장치 110: 기어 설정부
120: 조건 입력부 130: 저장부
140: 연산부 150: 출력부

도면

도면1



도면2



도면3

