

도로면 크랙실링 작업정보 수집 관리시스템 개발

Development of the Work Information Management System of Pavement Crack Sealing

변 응 호* 오 세 옥** 이 현 정*** 김 영 석****
 Byun, Woong-Ho Oh, Se-Wook Lee, Hyun-Jung Kim, Young-Suk

요 약

최근 국내·외적으로 크랙실링 공법의 활용성을 높이기 위해 도로면 크랙실링 자동화 장비 개발에 관한 연구를 활발히 진행하고 있다. 예방적 차원에서 도로의 장 수명화 및 유지보수 비용 절감을 위해서는 도로 유지관리 시점 및 유지 보수된 구간 정보, 작업 수행 결과 등과 같은 이력정보가 체계적으로 수집·축적될 수 있는 관리체계의 개발이 선행되어야 한다. 그러나 기존 크랙실링 관련 기술개발 동향은 크랙실링 공법의 자동화를 위한 연구가 주로 수행되고 있을 뿐 도로면 크랙실링 작업 정보 수집과 관련한 연구는 미흡한 것으로 나타났다. 따라서 크랙실링 작업 관련 정보습득의 어려움 및 경영 분석과 성과측정을 위한 객관적인 자료 구축 미흡, 수집된 정보의 신뢰성 부족 등과 같은 문제점이 도출되었다. 본 연구에서는 크랙실링 작업 시 발생하는 정보를 신속·정확하게 수집 및 축적하여 이력관리로 활용하고 작업 주체간의 정보교류를 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 PDA 및 웹 기반 크랙실링 작업정보 수집 시스템을 제안하고자 한다.

키워드 : 크랙실링, 유지관리, 정보기술, 작업정보, 경영분석, 성과측정

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

도로면의 크랙은 시간이 경과함에 따라 빗물과 이물질의 침투로 인해 균열의 폭이 점차 확대되어 팻홀(pothole)이나 도로 유실과 같은 붕괴를 초래 할 수 있으므로 적시에 유지 및 보수 관리되어야 한다. 국외에서는 도로면 크랙을 예방적 차원에서 유지 및 보수 관리할 수 있도록 크랙실링 공법을 널리 사용하고 있으며, 국내에서도 최근 크랙실링 공법의 활용이 점차 증가되는 추세에 있다. 이러한 차원에서 국내·외에서는 크랙실링 작업을 보다 효과적으로 수행하기 위해 도로면 크랙실링 자동화 장비 개발에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 한편, 도로면 크랙실링 공법을 보다 효율적으로 운영하고 도로의 장 수명화 및 유

지보수 비용을 절감하기 위해서는 도로 유지관리 시점 및 유지 보수된 구간에 대한 정보, 작업 수행 결과 등과 같은 크랙실링 관련 이력정보가 체계적으로 수집 및 축적 될 수 있는 관리체계가 선행되어야 한다. 그러나 기존에 크랙실링과 관련한 기술 개발 동향은 크랙실링 공법을 자동화하기 위한 연구에 초점을 맞추어 진행되고 있고 작업 완료 후 이력정보의 수집과 축적을 위한 관리체계의 개발에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 것으로 나타났다. 크랙실링 작업을 수행함에 있어 과거 보수 이력의 활용은 작업 물량에 따른 시공계획 및 유지보수 비용 산정과 작업 완료 후 해당 크랙실링 작업결과에 대한 성과측정 및 경영 분석을 위한 객관적인 자료로 활용될 수 있다. 그러나 현행 크랙실링 보수공사와 관련된 업무 절차를 분석한 결과, 작업정보의 교류 미비 및 관리자의 정성적 판단에 의존한 관련 문서 작성 등 해당 크랙실링 작업의 경영 분석 및 성과측정을 위한 객관적인 자료로서의 활용이 어려운 것으로 나타났다.

또한 크랙실링 관련 발생정보의 수집에 과도한 시간이 소요되고 정보의 손실 및 신뢰성 결여와 같은 문제점이 발생되고 있는 것으로 파악되었다. 따라서 본 연구에서는 최근 급속도로 발전하고 있는 정보기술 도구를 크랙실링 작업 관리에 접목함으로써 크랙실링 작업 시 발생하는 주요 정보를 보다 신속·정확하게

* 일반회원, 케이씨엠씨 기술연구소, 공학석사, ranger95@kcmc.co.kr

** 일반회원, 인하대학교 건축학부 강의전임강사, 공학박사, swoh@inha.ac.kr

*** 일반회원, 인하대학교 대학원 석사과정, hyunjung83@gmail.com

**** 종신회원, 인하대학교 건축학부 부교수, 공학박사(교신저자), youngsuk@inha.ac.kr

수집 및 축적하고 작업 주체간의 업무와 정보교류를 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 PDA 및 웹 기반의 크랙실링 작업정보 수집 시스템을 제안하고자 한다. 이러한 크랙실링 작업정보 수집 시스템은 발생한 작업정보를 수집하여 효율적으로 운영함으로써 관련 주체간 원활한 의사소통 및 신뢰성 있는 작업 관리를 가능케 한다. 또한 이력정보를 구축하여 향후 크랙실링 작업의 피드백 데이터로 활용함으로써 유지 보수 예산 산정 및 절감 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 크랙실링 관련 업체는 수집된 이력정보를 바탕으로 해당 크랙실링 작업의 객관적인 성과 측정 및 경영 분석이 가능케 할 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 수행을 위한 방법은 다음과 같다.

- 1) 크랙실링 정의 및 기술 진보현황 분석 ; 크랙실링 공법을 정의하고 재래식 크랙실링 공법에서 발생한 문제점을 해결하기 위해 현재 개발된 크랙실링 자동화 장비의 기술 진보 현황을 분석한다.
- 2) 크랙실링 작업관련 발생정보 및 이력관리 현황 분석 ; 현장 조사를 토대로 크랙실링의 작업관련 발생정보를 공사개요 및 현장개요, 작업개요 측면으로 구분하고, 효율적인 자원투입관리를 위해 필요한 크랙실링 자원 투입정보와 관련주체간(시공업체 및 발주처) 의사소통을 위한 필요정보 등을 종합적으로 분석함으로써 크랙실링 작업정보와 관련한 주요 정보를 정리한다.
- 3) 크랙실링 작업정보 수집관련 문제점 분석 ; 크랙실링 발주체계 및 주체간 업무프로세스, 정보 흐름 분석 등과 같은 기존의 재래식 크랙실링 작업정보 수집 및 이력관리 현황을 분석하여 문제점을 도출하고, 크랙실링 작업정보의 이력관리 구축 및 정보화의 필요성을 제시한다.
- 4) 크랙실링 작업정보 관리 시스템 개발을 위한 고려 요소 분석 ; 크랙실링 작업에서 발생하는 이력정보와 자원투입 정보를 분석하여 정보기술 도구를 활용한 정보수집 프로세스를 제안한다. 제안된 프로세스를 바탕으로 크랙실링 작업정보 관리 시스템의 제반 알고리즘을 설계한다.
- 5) 크랙실링 작업정보 관리 시스템의 개발 및 적용 ; 크랙실링 작업정보 관리 시스템 개발을 위해 설계된 제반 알고리즘을 바탕으로 크랙실링 작업정보 관리 시스템의 프로토타입을 개발한다. 또한, 시공업체에서 작성된 작업일보와 가상 데이터를 입력하여 개발된 시스템의 타당성을 검토한다.
- 6) PMS와의 연계 방안 제시 ; 본 연구를 통해 수집된 크랙실링 작업정보의 활용 방안으로써 제안된 크랙실링 작업정보 관리




시스템과 국토 포장 관리 시스템인 PMS와의 연계 방안을 제시한다.

2. 크랙실링 작업정보 수집 및 이력관리 현황

2.1 크랙실링 공법 및 재래식 크랙실링 작업절차

크랙실링 공법은 도로면 크랙에 실런트를 주입하여 물과 이물질의 침투를 막아 후속 크랙이나 팟홀(pothole)등을 방지함으로써 도로의 수명을 늘리는 예방적 차원의 도로 유지·보수 공법이다. 아스팔트 포장도로의 크랙 유형은 1)종방향(longitudinal), 2)횡방향(transverse), 3)블록(block), 4)거북등(alligator) 크랙으로 분류될 수 있으며, 이 중 덧씌우기가 요구되는 거북등 크랙을 제외한 종방향, 횡방향 및 블록 크랙은 크랙실링 공법으로 유지·보수될 수 있다(이정호 2004). 국내 재래식 크랙실링 작업절차는 표준 시방서 및 “도로포장 유지보수 실무편람”(건설교통부 1999)에 따라 3mm이상의 크랙을 폭 1.2~2cm, 깊이 2~2.5cm로 커팅하고 공기 청소기를 사용하여 커팅된 크랙 내부의 이물질을 제거한 후 실런트 멜터기(sealant melter)에서 170~180℃로 용융된 실런트를 커팅부위에 주입하고 스퀴즈를 사용하여 압제한 후 양생하는 과정을 말한다. 표 1은 재래식 크랙실링 공법의 작업절차를 보여주고 있다.

표 1. 재래식 크랙실링 공법의 작업절차

작업절차	작업내용	작업 이미지
크랙 커팅	실런트가 일정하게 주입될 수 있도록 홈통 모양을 만드는 과정	
공기청소	절단면의 이물질을 제거한 후 공기 청소기로 파편 및 미세먼지를 제거하는 과정	
열청소	습기 및 이물질 제거를 위해 접착면을 가열하여 접착강도를 증가시키는 과정	
실런트 주입 및 스퀴즈	실런트를 멜터기에 투입한 후 170~180℃에서 용해 시킨 후 노즐을 통해 크랙의 홈통부위에 주입하고 스퀴즈로 평탄면을 만드는 과정	
마무리 코팅	열장비를 사용하여 포설된 부위의 단차이를 정리하는 과정	
양생	석회나 탈크를 코팅면에 뿌려 냉각시킨 후 차량을 소통시키는 과정	

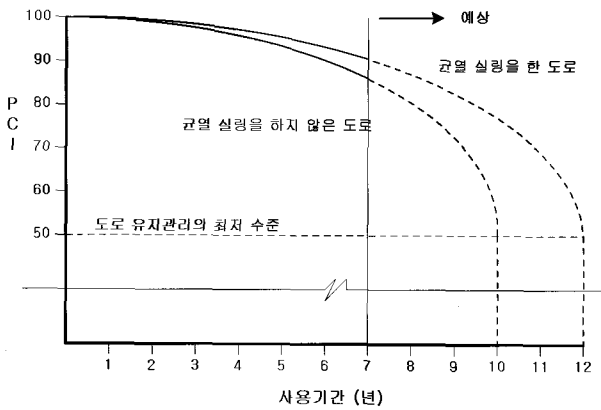


그림 1. 크랙실링 공법의 효과(Ponniah, 1995)

그림 1은 크랙 수명에 대한 PCI(Pavement Condition Index) 곡선으로 크랙실링을 수행한 도로의 수명이 실링을 하지 않은 도로 수명보다 약 2년 정도 연장되고 있음을 보여주고 있다 (ponniah, 1995).

2.2 크랙실링 자동화 장비의 기술진보 현황

선진 외국에서는 이미 오래전부터 덧씌우기(patching)나 재포장(overlay)보다는 예방적 차원의 유지·보수공법인 크랙실링 공법을 통해 도로면 크랙을 유지·보수하고 있다. 또한, 위험하고 노동집약적인 재래식 크랙실링 작업의 문제점을 해결하기 위해 1990년대 초부터 자동화 장비를 지속적으로 개발하고 있다. 특히, 미국에서는 CMU Laboratory Prototype (1990), CMU-UT Field Prototype(1992), CalDavis Field Prototype(1993), UT Field Prototype(1995), UT ARMM(1997, 1999) 등 전문적인 크랙실링 자동화 장비를 연구 개발하여 상용화 단계에 이르고 있다. 그림 2는 현재까지 개발된 크랙실링 자동화 장비의 기술 진보 현황이다(건설교통부 2003).

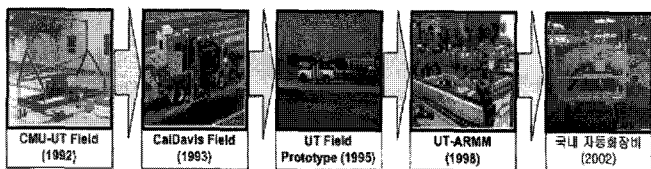


그림 2. 개발된 크랙실링 자동화 장비

크랙실링 공법의 활용은 도로의 장 수명화 및 유지·보수 사업예산의 절감, 노무자의 안전성 및 생산성 향상을 기대할 수 있다. 한편, 크랙실링 공법을 보다 더 효율적으로 활용하기 위해서는 유지관리 시점, 구간 및 작업수행결과 등에 대한 이력정보가 체계적으로 수집되고 축적될 수 있는 관리체계 개발 및 정보화 시스템 구축이 요구된다.

그러나 기존 크랙실링 공법 관련 기술개발 동향을 분석한 결과, 크랙실링 공법을 자동화하기 위한 하드웨어적 장비개발에 관한 연구가 편중되어 있으며 작업 완료 후 이력정보의 수집 및 축적을 위한 연구는 미흡한 것으로 나타났다.

2.3 도로면 크랙실링 작업관련 발생정보

(1) 도로면 크랙실링 작업 이력정보

현장방문 결과, 발주처에서는 시공업체의 성과 측정 및 경영 분석 자료로 활용하기 위해 크랙실링 작업 과정에서 발생한 이력정보 수집을 요구하고 있으며 이에 시공업체 본사담당자는 작업정보의 효과적인 수집방안을 필요로 하는 것으로 분석되었다. 또한, 과다한 작업정보 수집 시간 및 현장에 투입된 자원(노무, 재료, 장비)량의 신뢰성 있는 기록 미비, 발생된 작업정보의 당일 수집 미비와 같은 문제점이 도출되고 있으며 이를 해결한 방안이 필요한 것으로 나타났다.

발주처에서 필요로 하는 주요 이력정보로는 공사개요, 현장개요, 작업개요 측면으로 구분 할 수 있다. 먼저, 공사개요 측면에서는 주요정보로는 발주된 공사금액, 보수기간 등이 있고 현장개요 측면에서는 보수구간의 시점 및 종점, 도로 차선, 도로 폭 등과 같은 공사 관련정보가 있다. 이는 발주처에서 향후 보수공사 예산확보와 보수기간 산정을 위해 필요로 하는 정보로 설명될 수 있다. 또한 작업개요 측면에서는 공사 이후 단계의 하자에 대비하기 위해 도로 균열 길이 및 보수된 균열 길이, 작업 구간의 위치 등과 같은 정보가 요구되었다. 시공업체에서는 발주처에서 요구하는 이력정보를 수집하고는 있으나 대부분 계약 체결

표 2. 크랙실링 작업 이력정보

구분	발주처	시공 업체	비고
공사 측면 개요	-보수시작일 -보수완공일 -계약금액	-공사기간 -발주처정보 -계약금액	-발주처: 다음 보수기간 산정과 향후 보수공사를 위한 예산 산정 -시공업체: 발주처별 실적관리와 다음 공사 발주 시 입찰에 필요한 사전 준비
현장 개요 측면	-보수 구간 -시점 및 종점 -도로 차선 -도로 폭	-보수 구간 -시점 및 종점 -현장특이사항	-발주처: 다음 보수구간 산정 -시공업체: 하자보수 기간 동안의 현장관리에 필요한 정보 축적
작업 개요 측면	-균열길이, 균열위치, 보수길이, 시공 전후 이미지 사진, 작업 구간 위치		-발주처: 준공 검사 단계에서 필요한 근거 자료 확보와 하자 보수 기간 동안 발생할 수 있는 하자 보수 이행 준비 -시공업체: 작업 완료에 대한 기성 청구 자료와 시공 이후 단계에 대한 현장 관리

시 발생되는 문서로만 수집하고 있으므로 향후 크랙실링 작업 이력 데이터로 활용하는데 한계가 있는 것으로 분석되었다. 표 2는 발주처와 시공업체가 필요로 하는 이력정보를 구분 및 분류하여 정리한 것이다.

(2) 도로면 크랙실링의 자원 투입정보

공중에 따른 투입자원 관리를 위해서는 효율적인 공사 관리와 현장 여건에 따른 자원 배분, 공중별로 투입되는 일일 노무자와 직영 노무자의 분류, 작업수행 시간의 관리, 현장 여건에 따른 재료 특성, 재료함유량, 투입량 등의 관리가 요구된다. 또한, 작업이 여러 현장에서 동시에 발생하고 각 현장에서 발생하는 자원 투입정보는 지역 및 발주처별로 차이가 있으므로 작업수행 일별로 본사에 기록되어야 한다. 표 3은 현장에서 수행하는 도로면 크랙실링 작업의 공중을 분류하고 단위공중 당 자원 투입정보를 정리한 것이다.

표 3. 크랙실링 자원 투입정보

공중분류	투입노무자	투입장비	소요자재 및 소요경비	재료
Cutting	장비사용자 1인	균열커터기 곡선커터기	커터날 장비연료	-
Blowing	장비사용자 1인	진공청소기 (브로워)	장비연료	-
먼지 제거 및 청소일일	노무자 2인	-	-	-
Dry out	장비사용자 1인	히트랜스	장비연료 (가스)	-
실런트 주입	장비운전자 1인 실런트주입 1인 보조공 1인	작업차량 보일러, 믹서, 실런트주입기	차량유류 보일러연료	실런트 혼화제
Closing coating	일일노무자 1~2인	-	-	탈크
장비운반	차량운전자 1인	화물 트럭	차량 유류	-

(3) 도로면 크랙실링관련 주체간 필요 정보

크랙실링 작업의 주체란 도로를 유지관리 하는 발주처와 작업을 수행하는 크랙보수 업체를 의미한다. 각 주체간 도로면 크랙실링 관련 필요 정보를 정의하면 표 4와 같다. 먼저 발주처는 업체에서 작업한 구간에 대한 정보와 소요된 자원의 정보를 토대로 향후 도로면 이력관리에 활용하길 원한다. 또한 시공업체는 해당 현장으로부터 작업 수행을 통해 발생한 정보를 바탕으로 현장 별 작업진행 상황 및 자원 투입량 산정, 당일 발생된 소요 예산의 산정을 분석할 수 있는 원활한 정보의 가공을 필요로 하며 현장 민원 및 날씨, 현장 위치에 따른 공사 진행의 어려움과 같은 예상하지 못한 상황으로 인해 공기지연이 발생되었을 경우에 대한 정보수집도 필요로 한다.

표 4. 크랙실링 관련 주체간 필요정보

구분	발주처	시공업체 본사
주체간	구간 보수 이력정보	현장 작업 발생정보
요구사항 이력정보	- 업체에서 시공한 구간 정보 - 시공구간의 위치 정보 - 시공구간의 보수 이력정보	- 시공구간의 위치 정보 - 현장별 보수이력 정보의 취합
작업정보	- 시공구간에서 발생한 자원 투입정보(노무자, 재료, 장비, 경비)	- 시공구간에서 발생한 자원 투입정보(노무자, 재료, 장비, 경비) - 일일 생산성 정보 - 공정 진행 상황 - 현장 별 작업정보의 취합 - 현장에서 발생하는 문제점 보고(민원, 공기 지연 사유, 날씨 등)

2.4 크랙실링 작업정보 수집 및 이력관리 현황

(1) 크랙실링 발주체계 및 주체간 업무 과정

현재 수행되고 있는 크랙실링 업무 과정을 살펴보면 첫째, 발주처에서 도로 유지보수를 위해 매년 도로의 일정구간을 유지보수 대상 구간으로 선정한다. 둘째, 시공업체 본사는 선정된 구간 중에서 크랙실링이 필요한 구간을 조사하여 발주처에게 크랙실링 작업 대상 확인 후 크랙실링 작업을 수행한다. 셋째, 크랙실링 작업 대상 현장이 개설되면 공사팀이 투입되어 작업이 수행되며 작업 완료 후 현장에서 발생한 영수증, 장비 전표와 같은 문서를 취합하여 본사로 발송한다. 넷째, 본사에서는 취합된 문서를 바탕으로 공사완료승인을 하고 발주처로부터 준공검사를 받게 된다. 다섯째, 준공 승인 후에는 별도의 문서 작성을 통해 작업 현장의 이력정보를 정리하여 보관하는 정보 수집 형태를 지니고 있다. 그림 3은 크랙실링 업무 과정을 주체별(발주처, 본사, 현장)로 구분하여 정리한 것이다.

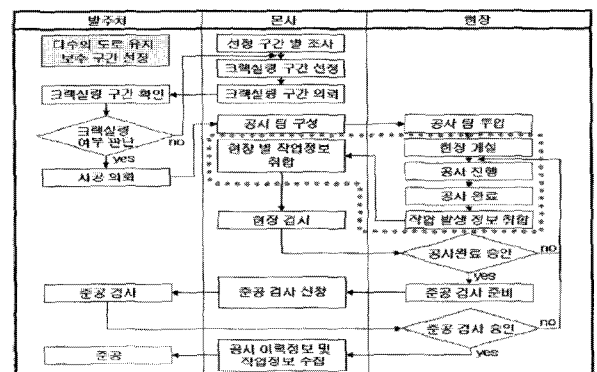


그림 3. 크랙실링 업무 과정 분석

(2) 발주처와 시공업체간 정보 흐름 분석

발주처와 시공업체 본사간의 업무흐름은 계약이행과 관련된 서류 작성이 대부분이고 실질적인 보수이력을 위해 공사 진행 중 발생하는 작업정보 수집 및 상호 교류는 매우 미흡한 것으로 조사되었다. 그림 4는 크랙실링 업무 과정상에 발생하는 발주처와 시공업체 본사간의 정보교류 형태를 분석한 것이다.

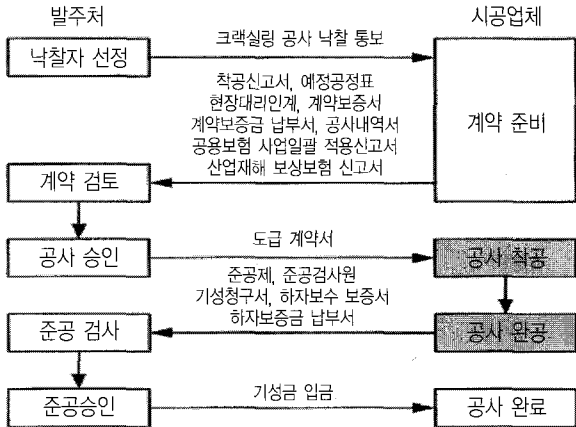


그림 4. 발주처와 시공업체 본사간 정보교류 현황

(3) 크랙실링 작업정보 수집 관련 문제점

크랙실링 발주체계 및 주체간 업무프로세스, 정보 흐름 분석 결과 도출된 크랙실링 작업정보 수집 관련 문제점은 다음과 같다.

첫째, 작업정보 수집 및 관리 방안 미흡 ; 현재 시공 업체가 크랙실링을 수행하면서 발생하는 작업정보의 수집 및 교류 현황을 조사·분석한 결과, 크랙실링 업무의 특성상 일반적인 공사 현장과는 달리 대부분의 공기가 1개월 이내에 작업이 완료되는 특성을 지니고 있어 현장 사무실 개설이 어렵고, 현장 대부분이 고속도로나 일반 국도에서 수행되기 때문에 기본적인 정보 수집 형태인 팩스나 전자메일의 사용이 불가능한 것으로 조사되었다. 따라서, 효율적인 작업정보의 수집을 위해 현장에서 발생하는 작업정보가 실시간으로 수집되고 원하는 정보로 가공될 수 있는 방안이 요구되었다.

둘째, 수집된 정보의 신뢰성 부족 ; 대부분의 작업정보가 공사가 완료된 후 담당자가 본사로 직접 운송하거나 우편을 이용하여 전송하는 형태이기 때문에 신뢰성 있는 작업정보의 수집이 어렵고, 작업정보가 손실되는 등 해당 크랙실링 작업의 성과측정 및 이력관리를 위한 정보 수집환경이 매우 열악한 것으로 분석되었다.

셋째, 과다한 정보 수집시간 및 문서 작성의 이원화 ; 공사 진행 중 발생한 작업정보가 실시간으로 수집이 되지 않고 공사가 완료된 후에 수집하고 있기 때문에 정보의 누락과 함께 과다한 수집 시간이 소요된다. 또한, 현장과 본사간의 문서 작성이 이원화 되어 있어 문서를 재처리해야 하는 번거로움이 발생되고 있

으며, 발생정보는 문서상으로만 보관되어 향후 공사에 필요한 정보 가공에 어려운 문제점이 발생하는 것으로 조사되었다.

넷째, 정보 이용의 비효율성 ; 현장에서 작성되는 작업정보들은 일정한 형태 없이 시공 중 발생하는 비용에 대한 영수증이나 장비 사용 전표와 같은 정보만을 기록해서 발송하기 때문에 시공 업체 본사에서는 공사 진행 중 발생하는 자원 투입량, 공정진행 상황과 같은 현장 현황을 파악하는데 어려움이 있는 것으로 조사되었다.

이와 같은 문제점들은 앞서 제시한 그림 3의 크랙실링 업무 과정 중 점선으로 구획된 부분인 크랙실링 작업 과정상에서 발생한 정보의 실시간 수집 및 관리 체계 구축 미흡이 주요 원인이며 결국, 현장의 공사 진행 상황을 시공업체 본사에서 실시간 모니터링 할 수 없는 결과를 초래하게 된다.

그림 5는 현재 시공 업체 본사와 현장간의 정보 교류 형태를 도식화한 것이다. 크랙실링을 수행하는 시공업체에서는 크랙실링 보수 구간의 유지보수에 대한 이력관리의 중요성을 인지하고 발생된 문제점을 해결하기 위해 효과적인 작업정보 수집 방안을 모색해 왔다. 그러나 크랙실링 업무 특성 상 현장에서 발생하는 작업정보를 효과적으로 수집할 수 있는 활용도구와 수집된 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 정보화 시스템의 부재로 인해 크랙실링 작업관리에 있어 많은 문제점이 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 참여주체간의 정보 교류 체계상의 문제점을 해결하기위해 컴퓨터 및 PDA와 같은 정보기술 도구를 이용함으로써 신속·정확한 정보 전송 시스템을 구축하여 작업 이력관리 업무를 체계화하고, 크랙실링 작업 중 발생하는 정보들을 효과적으로 수집·관리 할 수 있는 크랙실링 작업정보 관리 시스템을 개발하고자 한다.

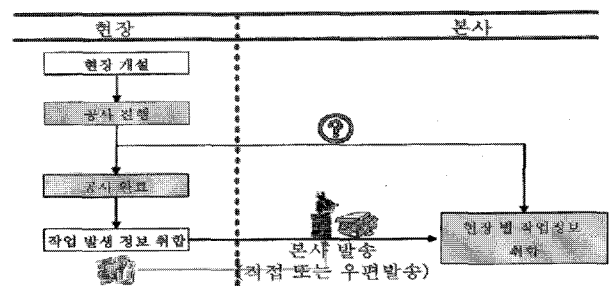


그림 5. 크랙실링 작업정보 수집 현황

3. 크랙실링 작업정보 관리 시스템 개발

3.1 크랙실링 작업정보 수집 과정

그림 6은 정보기술 도구를 활용한 도로면 크랙실링 작업의 정

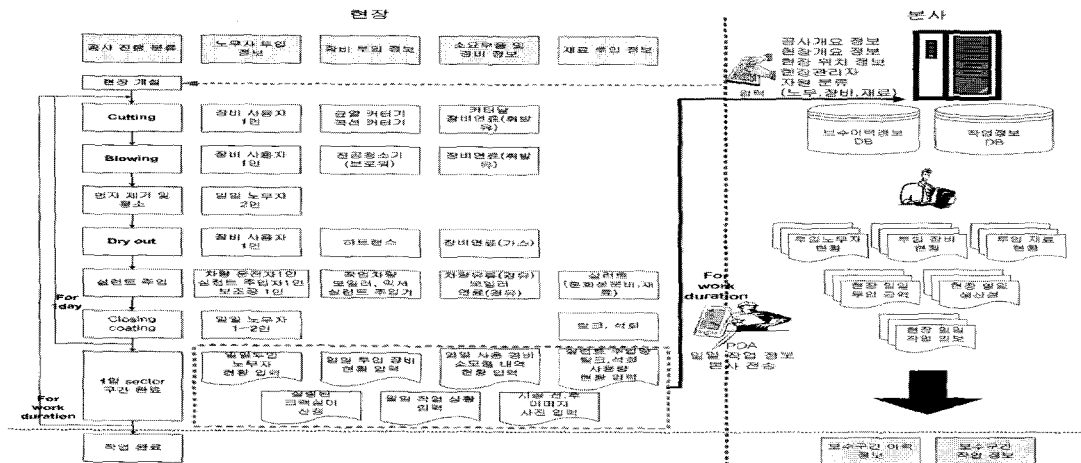


그림 6. 정보기술을 활용한 크랙실링 작업정보 수집 프로세스

보수집 프로세스를 나타낸 것이다.

도로면 크랙실링 작업정보를 효과적으로 활용하기 위해서는 현장에서 발생한 작업정보들을 시공업체 본사로 당일 바로 수집되어야 한다. 본사에서는 현장에서 정보를 쉽게 수집할 수 있도록 공사 개요, 현장 개요, 현장위치, 자원(노무, 장비, 재료) 등과 같은 정보들을 분류하여 본사의 서버를 통해 입력한다. 현장에서는 당일 발생한 작업정보(그림 6의 점선구획 부분)들을 PDA를 통해 수집하여 본사로 전송할 수 있다.

이와 같이 수집된 현장 작업정보는 본사 서버에 있는 데이터베이스를 통해 각 현장의 투입노무자, 투입장비, 투입재료 현황 등의 분석을 위해 활용될 수 있으며, 수집된 자원현황 분석을 통해 현장별로 투입 금액과 생산성 정보로 가공될 수 있다.

또한 수집된 정보와 가공된 정보를 바탕으로 발주처에서 원하는 이력정보와 시공업체에서 원하는 작업정보를 표현할 수 있다.

3.2 크랙실링 작업정보 관리 시스템 구현을 위한 제반 알고리즘

본 연구에서는 도로면 크랙실링 현장에서 발생하는 작업정보 수집을 위한 데이터 모델링을 위해 ERD(Entity Relationship Diagram)를 활용함으로써 공사 이력정보 및 일일 작업일보, 자원별 투입현황 정보와 관련된 객체를 형성하고 각 객체간 데이터속성과 함께 관계를 그림 7과 같이 설정하였다.

공사 이력정보의 구성은 발주처, 공사명, 공사 기간, 계약 금액, 공사 구간과 같은 공사 개요 정보를 중심으로 데이터를 연계시켰다. 구성된 공사 이력정보들은 공사일자 마다 투입된 자원과 같은 크랙실링 작업 중 발생하는 정보를 가지고 있는 일일 작업일보와 연계될 수 있도록 하였다. 일일 작업일보에 구성된 자원들은 노무, 장비, 재료, 경비와 같은 항목별 출역현황 및 단위



그림 7. 시스템 ERD

비용과 같은 정보로 구성되어 원하는 정보로 출력 및 가공될 수 있도록 구성하였다.

3.3 크랙실링 작업 정보의 수집 및 가공

본 연구에서 제시하고자 하는 크랙실링 작업 관련 정보들이 PDA를 통해 수집되는 과정과 수집된 정보들이 원하는 정보로 가공·처리되는 과정은 다음과 같다.

- ① 신규 도로면 크랙실링 발생 시 본사 담당자는 공사 개요, 현장 개요, 현장관리자, 투입 자원 분류와 같은 기본 정보를 서버에 입력한다.
- ② 해당 현장의 현장관리자는 PDA를 통해 서버에 입력된 사전 정보에 접근한다.
- ③ 현장관리자가 서버에 접근하게 되면 본사에서는 현장정보를 입력할 수 있도록 관련 정보를 PDA 화면상에 제공한다.
- ④ 현장관리자는 작업과 관련하여 발생하는 주요 정보를 PDA를 통해 수집하고 이를 본사로 무선 방식으로 전송한다.
- ⑤ 전송된 정보들은 본사에 구축된 시스템을 통해 취합되고

원하는 정보들로 가공된다.

⑥ 가공된 정보들은 관련된 데이터베이스를 통해 항목별로 취합되어 담당자가 원하는 문서로 출력된다.

그림 8은 크랙실링 작업정보의 수집 및 가공 과정을 보여주고 있다.

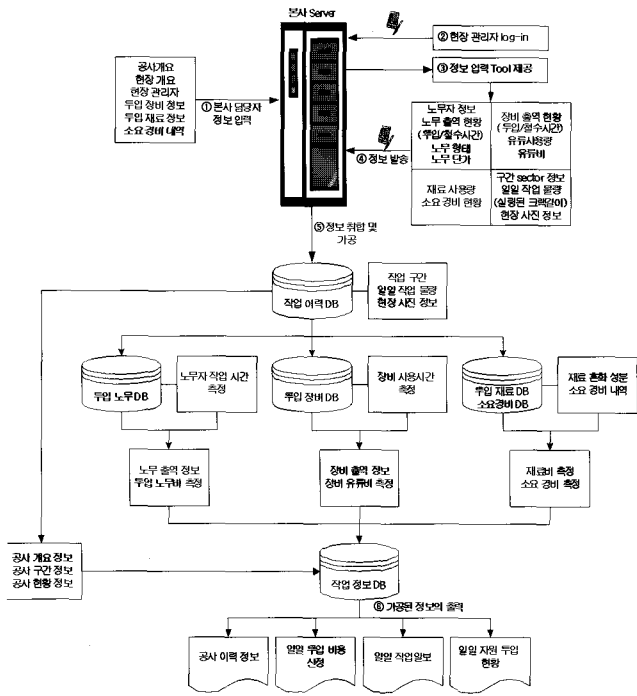


그림 8. 크랙실링 작업정보의 수집 및 가공

3.4 크랙실링 작업정보 시스템의 화면구성

(1) PDA 메뉴구성

PDA화면은 크랙실링 작업관련 정보 수집을 위한 메뉴로 구성되었으며 표 5와 같이 요약할 수 있다.

표 5. PDA 메뉴 구성요소

구성요소	세부내용
작업위치정보	크랙실링 작업을 수행하는 현장위치
작업구간	작업구간 설정에 따른 크랙실링 작업범위
노무자 작업시간 및 단가 등록	일별 수행된 노무자 작업시간의 합(철수시간 투입시간의 합) 및 작업기간 동안 소요된 유류량
재료 투입량 등록	작업기간 동안 소요된 재료량(실력트, 경화제 등)
크랙실링 길이등록	작업구간 종료시 작업을 수행한 크랙실링 총 길이 (작업물량, M)
경비항목 등록	일별 소요된 잠 자재에 대한 금액
공과잡비 항목등록	일별 소요된 경비금액(노무자 숙박비 및 접대 등)
시공전·후 사진 등록	일별 작업 수행된 결과에 대한 이미지

(2) 시스템(PC) 메뉴 구성

크랙실링 작업정보 관리 시스템은 웹을 기반으로 구성되었으며 메뉴 구성은 작업정보를 수집하기 위한 기본정보 입력모듈과

PDA를 통해 정보 수집이 완료 후 현장 현황을 파악할 수 있는 현장 현황 모듈, 해당 현장별 크랙실링 작업이 완료된 후 공사기간 동안 발생된 작업 결과를 분석하는 결과 분석 모듈로 구성되어 있다. 표 6은 크랙실링 작업정보 관리 시스템의 각 모듈별 구성 요소 및 세부 내용을 요약·정리한 것이다.

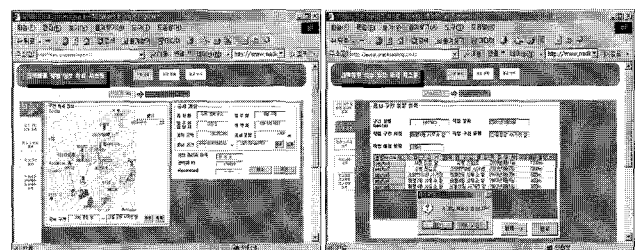
표 6. 크랙실링 작업정보 관리 시스템 메뉴 구성요소

모듈	구성	요소내용
기본정보	공사개요등록	공사명, 발주처, 연락처, 공사 기간, 공사구간 등 해당 현장의 기본정보 및 현장관리자의 사용 ID 부여
	현장구간분할등록	해당 현장의 작업 구간(sector) 설정 현장
	현장노무자등록	현장에 투입되는 노무자들의 기본정보(성명, 고용형태, 연락처 등)
	투입장비등록	현장에 투입되는 장비 기본정보 등록
	재료, 경비, 잡비 항목 등록	재료, 경비, 잡비와 관련된 품목정보 등록
현장현황	작업현황 목록	현장별 공사 시작일자 및 완료일자, 공사물량, 계약금액과 관련한 정보
	공사 진행 정보	현장별 작업진행과 관련된 정보로서 예정물량, 수행물량, 수행율, 누적물량, 진척율 등을 표현
	일별 작업일보	해당 현장의 일별 투입된 노무자 및 장비, 경비, 작업진행 현황 등과 관련된 보고서
결과분석	현장투입 자원 및 생산성 분석	일별 투입된 자원현황 및 누계, 생산성(투입비용 대비 수행물량, 투입재료량 대비 수행물량) 결과 분석
	현장 이미지정보	작업 진행 전·후에 대한 현장 이미지 확보를 통한 작업진행 상황 파악

4. 크랙실링 작업정보 관리 시스템의 개발 및 적용

4.1 기본정보 등록

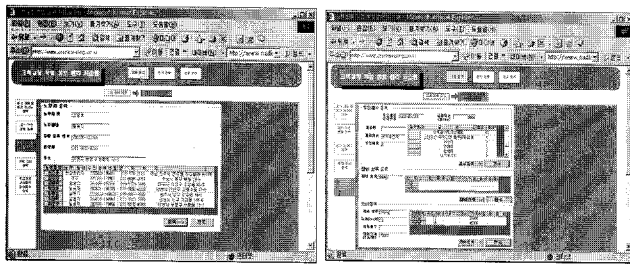
해당 구간에 크랙실링 보수공사가 발주되면 본사 관리자는 현장 개설에 필요한 공사개요(그림 9의 a), 현장 구간 분할(그림 9의 b), 현장 노무자(그림 10의 c) 및 투입 장비, 투입 재료 및 기타 항목(그림 10의 d)과 같은 기본정보들을 입력한다. 이러한 기본정보들이 입력되면 해당 현장의 현장관리자가 크랙실링 작업과



(a) 현장 개요 등록

(b) 공사구간 분할 등록

그림 9. 기본정보 등록화면 1



(c) 현장 노무자 등록 (d) 재료, 경비, 잡비항목 등록 그림

10 기본정보 등록 화면 2

관련된 정보를 실시간 수집할 수 있으며 수집된 정보는 서버를 통하여 가공되어 현장현황 및 결과분석에서 필요한 주요 정보들로 출력할 수 있게 된다.

4.2 현장 정보 수집

크랙실링 공사를 담당하는 전문 시공업체 본사의 관리자가 기본정보를 입력하면 개설 현장에 투입된 현장관리자는 PDA를 통하여 크랙실링 작업과 관련된 발생정보를 수집할 수 있게 된다. 먼저 현장관리자는 PDA상에서 부여된 아이디와 비밀번호를 이용해 로그인을 하면 그림 11의a에서와 같이 해당 현장의 위치 및 전체 작업 구간을 파악할 수 있다. 이후 그림 11의b에서와 같이 전체작업 구간 중 당일 수행되는 작업구간을 선택 할 수 있다.

구간 선택이후에는 그림 11의c에서와 같이 당일 수행된 작업구간에 투입한 노무자의 작업시간(투입시간 및 철수시간) 및 노무 단가, 그림 11의d에서와 같이 장비 투입시간 및 유류 사용량, 그림 11의e에서와 같이 재료 투입량 및 경비 소요량 등을 수집할 수 있다. 또한 그림의 11의 f에서와 같이 작업이 종료되는 시점에서 당일 수행된 크랙실링의 길이(작업물량)를 수집하고 PDA에 장착된 카메라를 이용하여 작업완료 상태를 수집한다. 이러한 과정을 통해 현장관리자는 당일에 발생한 크랙실링 작업정보(위치 및 작업구간, 노무 및 장비, 재료 및 경비, 작업물량 및 이미지 정보 등)를 PDA로 수집할 수 있으며 정보 수집과 동시에 본사의 서버로 전송하게 된다.

4.3 크랙실링 작업정보 분석

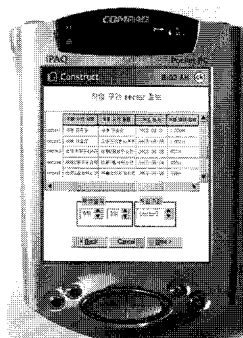
(1) 일일 작업 완료 후 결과 분석

현장 관리자가 크랙실링 작업 수행을 통해 발생한 작업정보들을 PDA로 수집하게 되면 본사 서버에 구축된 알고리즘을 통해 작업정보들은 다양한 형태의 작업현황과 결과분석 자료로 가공되어 출력할 수 있다.

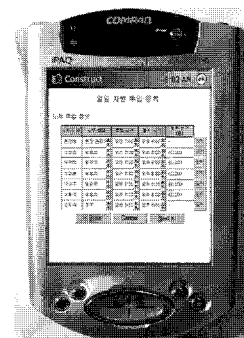
먼저, 그림 12는 각 현장별로 취합된 작업정보들을 바탕으로 현재의 공사 진행 구간, 예정 물량, 수행물량, 수행율, 누적물량, 진척율 등의 공사 진행과 관련된 정보를 보여주고 있다. 여기서



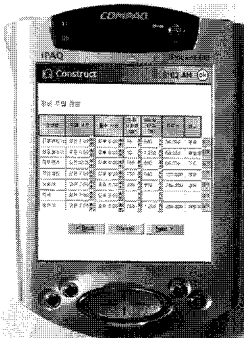
(a) 공사 위치 정보



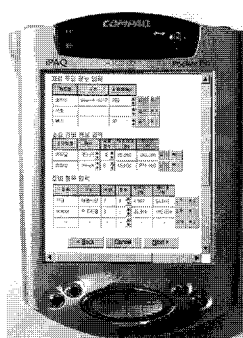
(b) 작업 구간 sector 등록



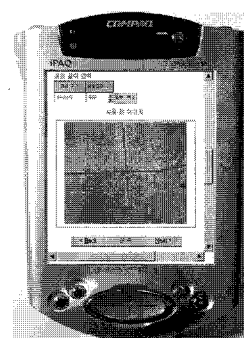
(c) 노무 작업시간 및 단가 등록



(d) 장비 투입량 등록



(e) 재료 투입량 등록



(f) 실링 길이 및 현장 사진 등록

그림11. 현장 정보 수집화면

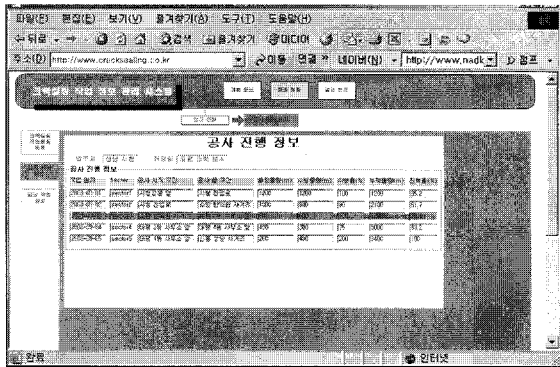


그림 12. 공사 진행 정보

예정물량이란 작업구간에서 예상되는 소요물량을 의미하고 수행 물량이란 당일 수행된 작업물량을 의미하며 수행율은 예정물량과 당일 수행된 물량간의 관계를 퍼센트로 표현한 것을 의미한다. 또한 누적물량은 구간에서 수행된 물량의 누계를 의미하며 진척율은 예정물량과 누적물량간의 관계를 퍼센트로 표현한 것을 의미한다.

그림 13은 일일 작업일보를 표현한 화면으로 당일 작업일자 기준으로 작업구간, 크랙실링 길이(수행물량), 투입된 노무자 정보(노무자명, 투입시간 및 철수시간, 노무단가 및 근무시간), 투입장비 정보(장비명, 투입시간 및 철수시간, 사용시간 및 사용유류량, 단가 등)를 출력하여 문서로 제공할 수 있다.



그림 13. 일일 작업일보

그림 14는 일별 투입된 비용정보 및 생산성 정보를 표현한 화면으로 먼저 비용정보는 당일 발생된 작업정보들을 토대로 투입된 자원을 비용으로 환산(단가×자원)하여 노무비용, 장비비용, 재료비용, 경비 및 공과잡비로 계산하고 누계 비용으로 표현할 수 있다. 또한 금일 투입비용대비 실링 수행 길이(W/M), 금일 실링 수행 길이 대비 재료 투입량(M/kg)을 생산성으로 표현할 수 있으며 일별 실적 물량과 투입된 공사비용을 꺾은 선 그래프 또는 막대그래프로 표현하여 사용자의 현장 상황을 보다 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.



그림 14. 일별 투입된 비용정보 및 생산성 정보

그림 15는 현장의 이미지 정보를 표현한 화면으로 디지털 카메라가 장착된 PDA로부터 전송된 시공 전의 이미지와 시공 완료후의 이미지를 표현함으로써 크랙실링 작업 진행상황을 파악하고 품질 확인 및 실적자료로서 활용할 수 있도록 하였다.



그림 15. 현장 이미지 정보

(2) 공사 완료 후 작업 결과 분석

크랙실링 작업에서 공사기간 동안 발생된 작업정보들은 앞 절에서 설명한 것과 같이 일별로 계속적인 현황을 파악할 수 있

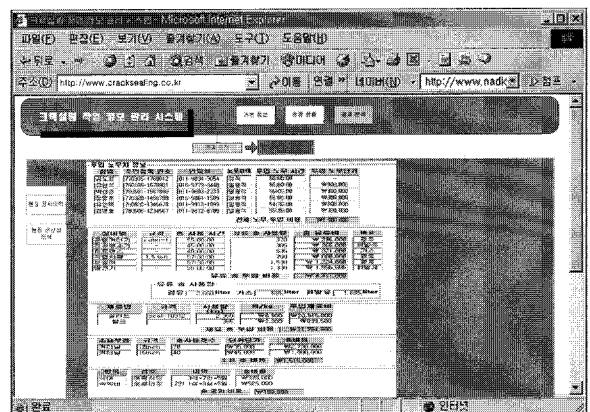


그림 16. 투입 자원 분석

며 공사가 최종 완료된 후에는 해당 현장의 투입 자원분석, 공사 이력정보, 공사 진행 정보, 작업 생산성 정보 등을 파악할 수 있게 된다. 그림 16은 해당 현장의 투입 자원을 분석한 화면으로 공사 기간 동안 발생된 투입 비용 항목(노무 투입량, 장비 투입량, 유류 사용량, 재료 투입량)과 수행한 작업물량을 취합하여 집계한 화면을 표현한 것이다.

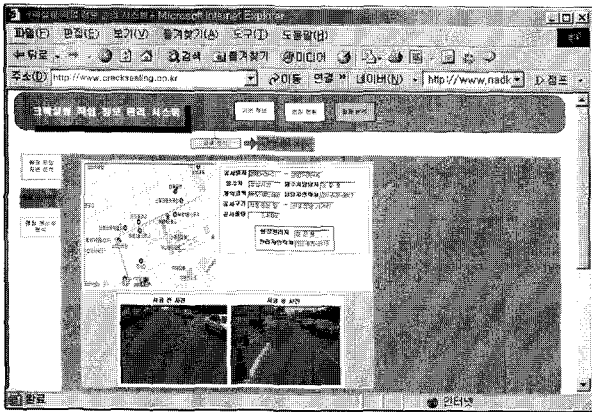


그림 17. 크랙실링 보수 이력정보

그림 17은 해당 현장의 크랙실링 보수 이력정보로서 보수 구간의 위치, 해당 발주처, 공사 기간, 공사물량, 주요 공사 이미지 정보들을 제공하며 이는 향후 도로 포장 관리시스템 (pavement management system, 이하 PMS)상에 보수 이력정보와 연계되어 도로 포장과 관련된 실적자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

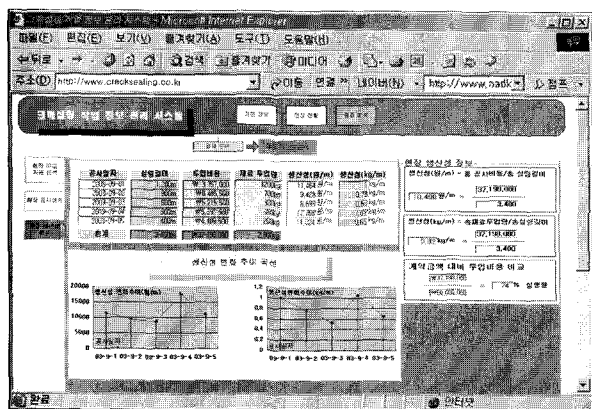


그림 18. 현장 생산성 정보

그림 18은 공사 일자별로 수행한 작업물량, 투입비용, 재료 투입량을 취합 및 산정하여 단위(M)당 투입비용 및 재료투입량을 산정하여 생산성 변화 추이를 나타낸 화면이다. 이러한 정보들이 취합되면 해당 현장의 크랙실링 길이당 투입비용과 재료투입량에 대해 현장 단위로 생산성 정보를 분석할 수 있으며 계약금액 대비 투입비용에 대한 비교·분석을 파악할 수 있다. 이는 향후 크랙실링 작업의 공사비 산정이나 유지보수 예산산정과 작업

이력 데이터의 유용한 정보로 활용될 수 있으며 해당 현장의 성과 측정 및 분석을 위한 객관적인 데이터로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

4.4 PMS와의 연계방안

현재 국내에서는 해마다 증가하는 도로 구간을 효율적이고 합리적으로 관리하기 위해 PMS에 관한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. PMS는 도로 포장 파손의 예측, 포장 상태 평가, 포장 공용성 예측 등을 조사 및 수집하고 이를 통해 우선 보수 대상 구간을 선정하여 유지 보수를 실시하며 완료된 이력정보는 데이터베이스에 저장하여 향후 공사에 활용하려는 목적으로 이루어진 시스템을 의미한다. 현재까지 PMS의 활용가치는 미비하나 한국 도로공사는 고속도로 콘크리트 및 아스팔트 포장 도로로 구분하여 PMS 구축을 추진 중에 있으며 일부 지방 자치단체에서는 시범적으로 PMS를 시범적으로 운영함으로써 도로의 유지보수를 합리화 하고 활용 가치를 극대화시키려는 노력이 시도되고 있다. PMS의 주요 구성요소로는 도로 구간 중 노선마다 ID를 부여하고 한 개의 노선은 여러 개의 오프셋(offset)으로 구분된다. 또한, 한 개의 오프셋은 여러 개의 구간으로 구획되며 각각의 구간마다 단위 연장으로 구분되어 관리된다(표 7 참조).

한편 한 구간에서 유지보수 공사가 완료되었으면 데이터베이스에 축적된 해당 구간의 ID에 보수 이력정보를 저장하도록 되어 있다. 표 7과 같이 PMS의 속성정보는 도로 내 노선의 세부 구간을 구획하여 해당 구간에서 발생한 보수 이력 및 구간 유지를 담당하는 해당 발주처의 이력정보 등을 데이터베이스화하는 형태로 되어 있다. 유지보수가 수행되기 전까지 도로의 평탄성 조사 및 크랙율(crack, %), 러팅률(rutting, %) 등 전문적인 도로 유지 보수 관련 조사가 선행되지만 보수 이후의 이력관리 형태는 PMS 속성정보 별로 각 도로 노선을 관리한다. 따라서, PMS 상의 속성정보는 본 연구에서 제안한 크랙실링 작업정보 관리

표 7. PMS의 주요 구성 및 속성정보

번호	필드명	내용	형태
1	NOSUN_ID	노선ID	문자
2	NODE_ID	노드 ID	숫자
3	OFFSET	오프셋(Offset)	숫자
4	LEN	구간 연장	숫자
5	PR_CODE	도 구분	문자
6	MCO_CODE	사무소 구분	문자
7	RE_LEN	보수 연장	숫자
8	REHAB_CODE	보수 공법	문자

시스템을 통해 얻어진 보수이력 데이터베이스와 접목이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과를 PMS 상의 크랙실링 작업정보에 대한 데이터베이스와 연계하면 도로의 초기 파손 단계부터 유지 보수 이력 및 발생된 작업정보에 대한 관리가 동시에 가능함으로써 보다 체계적인 도로 유지 관리가 가능 할 것으로 사료된다. 이는 해당 구간의 유지 보수 예산 산정 및 시공업체, 투입된 자원 정보에 대한 활용으로 향후 유지 보수 작업 시 유용한 정보로 사용될 것으로 기대된다. 그림 19는 본 연구를 통해 얻어진 크랙실링 보수 이력정보와 PMS상의 해당 구간 속성 정보를 연계한 것을 개념화 한 것이다.

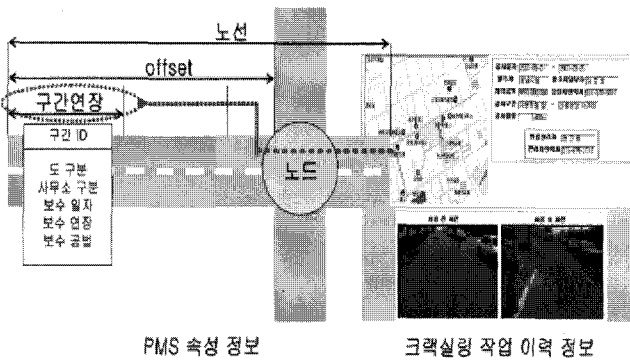


그림 19. PMS와의 연계

5. 결론

최근 국내의 도로 포장율이 증가함에 따라 도로의 수명 연장을 위해 지속적인 도로면 유지 보수 관리가 필요하다. 따라서 국내에서도 도로면 크랙에 대한 발주 물량이 점차 증가하고 있는 추세이며 이에 따라 도로의 장 수명화 및 유지보수 비용을 절감의 중요성도 증가하고 있는 실정이다. 이를 위해 도로의 유지관리 시점 및 유지보수 구간정보, 작업수행 결과와 같은 크랙실링 관련 이력정보를 체계적으로 수집 및 축적할 수 있는 관리체계 구축이 절실히 요구 되고 있으며 본 연구는 도로면 크랙실링 작업관리 시스템을 개발하였다.

본 연구의 진행을 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

(1) 기존 크랙실링 공법을 분석한 결과, 작업정보 수집의 어려움 및 신뢰성 저하, 관련 주체간의 의사소통 미흡 등 같은 문제점이 야기되었으며 이를 해결하기 위해 웹기반 컴퓨터 및 PDA와 같은 정보기술 도구를 활용하여 크랙실링 작업시 발생하는 정보를 용이하게 수집하고 객관적으로 데이터베이스화할 수 있도록 하였다.

(2) 현장과 본사간의 이원화된 문서 작성과 이중 문서작업의

문제점을 해결하기 위해 웹 기반의 데이터베이스 기술을 이용하여 크랙실링 작업정보 관리 시스템을 구축하였다. 이를 통해 현장에서 발생된 작업정보들이 축적 및 가공되어 문서가 자동적으로 출력될 수 있도록 하였다. 또한, 크랙실링 작업정보의 데이터베이스 구축을 통해 관리자가 원하는 정보를 적시에 파악하고 해당 정보를 열람하는데 필요한 시간을 단축하였으며 과거 크랙실링 작업정보의 누락 및 손실을 방지할 수 있도록 하였다.

(3) 본 연구에서는 데이터베이스에 축적된 과거의 크랙실링 작업 이력정보를 활용함으로써 향후 크랙실링 작업 계획시 물량 변화에 따른 시공계획 및 유지보수 비용을 산정할 수 있도록 하였다. 또한, 작업 완료 시점에서 수집된 크랙실링 작업정보를 과거의 데이터와 비교·분석함으로써 해당 작업 결과에 대한 성과 측정을 가능하도록 하였다.

(4) 본 연구에서 제안한 크랙실링 작업정보 관리 시스템과 도로 포장을 합리적으로 관리하기 위해 운영되고 있는 PMS를 연계시킬 수 있는 방안을 제시함으로써 발주처에서 도로의 초기 파손 시기부터 유지 보수 관리 까지 총체적으로 관리할 수 있도록 하여 보다 효율적인 도로면 유지관리 운영을 도모할 수 있게 하였다.

본 연구에서는 크랙실링 작업의 관련 주체 중 시공 업체에서 필요로 하는 작업정보를 주요 연구 대상으로 한정하였다. 따라서, 향후 연구에서는 현장과 시공업체 본사, 해당 발주처간의 유기적인 협업체계를 구축할 수 있도록 통합 시스템을 확대 적용하여 개발할 필요성이 있다.

참고문헌

1. 건설교통부(1998), "국도 유지보수 조사 최종보고서"
2. 건설교통부(1999), "도로포장 유지보수 실무 편람"
3. 건설교통부(2003), "도로면 유지보수 자동화를 위한 원격 조정 장비의 개발 연구보고서"
4. 건설교통부(2004), "도로면 유지보수 자동화를 위한 원격 조정 장비의 개발 연구 보고서"
5. 이정호 외 4인(2004), "정보 기술을 활용한 도로면 크랙실링 작업정보 관리시스템의 개발", 한국 건설관리학회 논문집, 제5권 2호, p.162~171.
6. 이준복(2001), "건설자동화시공 장비개발 및 성과평가에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제17권 7호, p.93~100.
7. 하용호(2002), "IT 기반의 건설 노무관리 시스템 개발에 관한 연구", 인하대학교 석사학위 논문
8. 한국도로공사(1995), "아스팔트 포장의 유지관리 시스템 구축에 관한 연구"

9. Hass, C.(1999), "Implementation of An Automated Road Maintenance Machine(ARRM)", Texas Department of Transportation.
10. Ponniah, J., Kennepahl, G.(1995), "Crack sealing in Flexible Pavement, a Life Cycle Cost Analysis", Ontario Ministry of Transportation, Presented at 74th Transportation Research Board Meeting, January 22, Washington D.C

논문제출일: 2006.12.18

심사완료일: 2007.06.04

Abstract

Crack in Pavements have been continually increased aby water penetration Therefore, the cracks can result in deterioration of the pavements that could be extremely dangerous fro road users. Creak sealing work performed in outdoor is very dangerous, costly and labor intensive. To slove these problems, automated crack sealing systems have been developed. it Would be needed that work information related to crack sealing must be gathered in an effort to used for existing or future crack sealing work. Furthermore, work information related to crack sealing could be utilized in analyzing work productivity and condition. The primary objective of this study is to propose a PDA and Web-based system for work information management of crack sealing which enables to effectively interchange work information between head office and fields, and to accurately collect work information. Finally, it is anticipated that the effective use of the developed PDA and web-based system would be able to effectively share work information, measure productivity, estimate costs as well as plan future work schedule.

Keywords : Crack Cealing, PDA, Web-based, Work Information, Measure Performance
