



GIS 응용 프로그램을 이용한 시단위 포장관리체계(PMS) 개발 연구

Development of Municipal Prototype Pavement Management System(PMS) using GIS

박상규*, 서영찬**

1. 서 론

우리나라의 1998년 말 현재 도로연장은 86,989km로서 계속 증가 추세에 있으며 또한 포장의 노후화, 중차량 교통량의 증가로 인해 도로관리비용이 급속히 증가하는 추세에 있다. 이러한 막대한 도로 유지보수비용을 합리적으로 배분하고 적절한 포장상태를 지속적으로 유지하기 위하여 고속도로와 국도에 대해 포장관리체계(PMS)를 구축하게 되었다. 그러나 현재 우리나라의 전체도로의 37.7%에 이르는 특별·광역시도 및 시도에 대한 PMS는 없는 실정이며 이에따른 시단위 PMS가 요구되고 있다.

시단위 PMS는 기존의 고속도로PMS, 국도PMS와 같이 포장을 효율적으로 관리하려는 그 목적은 같으나 시단위의 도로체계의 구조적, 기능적 특성이 고속도로 및 국도의 그것과 다르기 때문에 PMS 구현방식 역시 차이를 두어야한다.

이에 본 연구는 안산시를 예로하여 시단위 PMS 구현시 적합한 항목들을 선정하고, 대규모 시스템 기반으로 이루어진 기존의 고속도로PMS 및 국도PMS의 복잡성 및 경직성을 최대한 보완하여, PC 수준의 PMS를 구성하여 운영하기 쉽고, 또한 PMS 각 항목들을 사용자 의도대로 변화시키기 쉽게하여 그 융통성을 최대한 보장함으로써 사용자의 입장에서 사용하기 편리한 시스템을 구현하는데 그 목적이 있다.

2. 시스템 개요

본 연구에서 제시하는 안산시 Prototype PMS(이하, 안산시 PMS)는 안산시 도로관리자가 도로관리를 효율적으로 하기 위한 분석 및 의사결정 과정에 충분한 도움을 줄 수 있는 시스템을 의미하며, 이에 따라 PMS 개발시 다음의 5가지 사항을 기본 목표로 하였다.

* 한양대학교 교통공학과 석사과정(0345-400-5150)

** 한양대학교 교통공학과 부교수(0345-400-5155)



- 첫째, PMS의 전체 흐름을 이해하기 쉬워야한다.
- 둘째, 사용자 인터페이스가 사용하기 편리해야한다.
- 셋째, 운영 및 새로운 보수공법 등의 적용이 용이해야한다.
- 넷째, 사용자의 의견을 충분히 반영할 수 있도록 유연해야한다.
- 다섯째, PC 수준에서 PMS가 운영될 수 있어야한다.

안산시 PMS를 이루는 주된 프로그램들은 다음과 같다.

GIS를 이용하는 부분은 GIS 응용프로그램인 ArcView를 사용하였으며, D/B 부분은 Microsoft사의 Access를 이용하였다. 또한 안산시 PMS에서 사용되는 주된 논리(유지보수공법 및 보수우선순위 결정 등)의 구현은 Visual Basic을 사용하였다(그림 1 참조).

PMS의 개략적인 구조를 살펴보면, 먼저 포장관련자료 및 포장

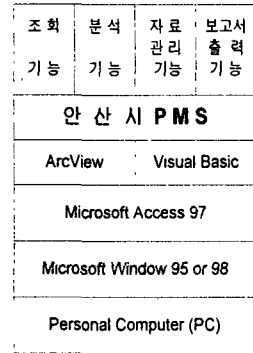


그림 1 안산시 PMS의 하드웨어, 소프트웨어 구성

상태조사자료를 데이터베이스에 입력한 뒤 데이터베이스에 저장된 자료를 기반으로, 도로관리자가 도로관리에 필요한 현황조회 및 분석(보수우선순위 결정, 보수공법결정등)을 PMS를 통해 손쉽게 하도록 함으로서 최적의 도로관리대안을 작성(이를 그래픽 또는 리스트 형식으로 출력), 최종적으로 그에 따른 보수실시를 시행하게된다. 또한 이렇게 시행된 보수자료들은 차후의 조회 및 분석에 사용 가능하도록 데이터베이스에 자료갱신 되도록 한다(그림 2 참조).

3. PMS운영 대상도로선정

안산시내(市内) 도로는 국도 및 고속도로와 달리 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로로서 구성되어있다. 이렇게 각각의 기능별로 분리된 도로는 그 교통패턴 및 특성이 다르며, 이러한 이유로 요구되는 포장관리 수준 역시 달라지게 된다. 따라서 포장관리시 각 기능별 도로에 맞는 포장관리수준은 도로기능에 따라 차등을 두어 적용해야한다. 현재 행정상 특별·광역시에서 관리하고 있는 도로 범위를 보면, 폭원 20M이상의 시경계 내부의 도로만을 관리하며 폭원 20M이하의 나머지 도로는 각 관할 구청이 관리하고 있는 실정이다.

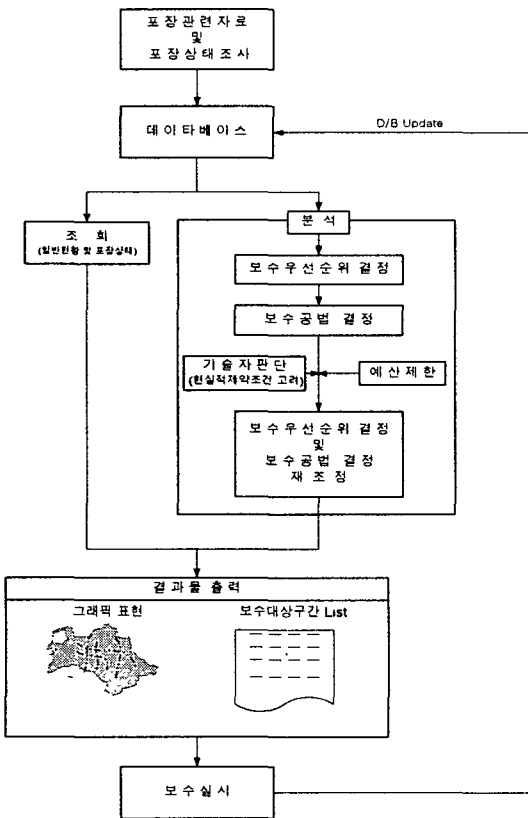


그림 2 안산시 PMS 흐름도



여기서, 안산시의 경우를 살펴보면 행정구역상 구(區)가 존재하지 않기 때문에 안산시가 관리하는 도로범위는 시경계 내부에 있는 모든 도로가 된다. 그러나 사실상 안산시 PMS에서 시경계 내의 모든 도로를 관리한다는 것은 시스템의 복잡성, 자료수집의 어려움 등으로 인해 어려운 실정이다. 따라서 안산시 PMS의 대상도로는 폭원 20M이상의 도로로 하며 폭원 20M이하의 도로는 기존의 방식을 따르도록 하였다.

4. 도로의 위치 호칭 체계(Location reference system)

도로관리에 있어 필수적인 요소 중 하나는 현장 도로의 특정 구간 구간을 도로관리자, 보수담당자 및 정책결정자들 간에 서로 의사소통이 원활히 될 수 있는 위치 호칭 체계이다. 또한 이러한 위치 호칭 방식은 현장도로, GIS 응용프로그램의 속성자료, D/B자료가 서로 일치해야만이 효율적 도로관리가 가능하게 된다.

안산시 PMS의 위치 호칭 체계의 결정은 다음 사항들을 고려하였다.

- 안산시 도로는 도시부 도로로서 노드와 링크로 구성되어 있다.
- 안산시 도로는 새주소 사업 결과로 각 도로마다 도로 명과 시 종점이 모두 부여되어 있다.
- 도로 기하구조상 시작노드와 끝노드를 이용하여 이름을 붙여 사용 하기 곤란한 링크가 여러구간 존재한다 (그림 3 참조).
- Mile post같은 location reference system에 필요한 별도의 시설물의 설치 및 관리가 어려운 실정이다.
- 현장에서 자료조사 하는 인원 및 유지보수 하는 인원이 특정위치를 쉽게 찾을 수 있도록 도로의 시·종점을 기준으로 떨어진 거리를 제시하는 것 뿐 아니라 가까운 노드를 기준으로 떨어진 거리를 제시하여 표시해 줄 수 있어야 한다.
- 도로의 선형 변화에 대처 가능해야 한다.
- 도로 section 길이를 작게 나누어 유지보수 시 파손된 곳만을 효율적으로 보수 할 수 있도록 한다.

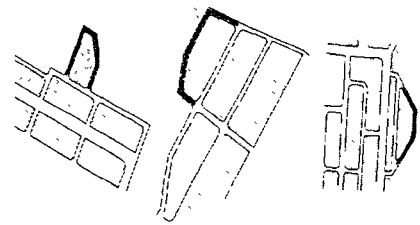


그림 3 시작노드와 끝노드만을 이용하여 ID부여시 문제구간 예

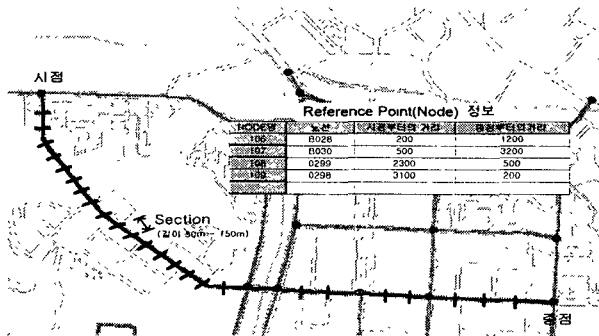


그림 4 안산시 PMS ID체계

위의 사항을 고려한 안산시 PMS에 적용된 ID체계는 다음과 같다(그림 4 참조). 각각의 노선(도로)을 기준으로 하여 시점부터 종점까지 일정거리(50m~150m)간격으로



section을 나누어 관리함으로써 도로 유지보수시 파손된 곳만을 효율적으로 보수할 수 있게 했으며 노선에 속하는 각각 노드들을 reference point로 사용하여 노드들이 도로의 시점 및 종점으로부터 얼마나 떨어진 거리에 위치하는지의 reference 정보를 두어, 현장에 직접 나가야하는 보수 작업원에게 특정 위치를 가까운 노드 기준으로 떨어진 거리정보를 제공함으로써 쉽게 찾을 수 있게 하였다. 또한, 도로 선형개선 등으로 인한 거리변화에 대처하도록 section 표시를 시작위치, 끝위치로 명시하지 않고 section의 길이를 사용함으로써 특정 section의 거리 변화에 있어서, 해당 section의 길이만 수정하면 다른 section은 수정없이 그대로 사용 가능케 하였다.

5. 데이터베이스

PMS의 모든 조회 및 분석의 근거가 되는 자료는 데이터베이스에 저장되어 있게 된다. 즉, PMS에서 데이터베이스는 중요한 역할을 한다.

데이터베이스의 크기 및 항목 구성은 도로를 관리하는 기관의 크기, 여건, PMS 시스템에서 얻고자 하는 주된 목적에 따라 그 항목 구성이 다양하다. 따라서 안산시 PMS의 경우의 데이터베이스 항목 결정은 안산시 PMS의 크기, 여건, 시스템의 주된 목적을 고려하여 다음과 같이 결정하였다(그림 5 참조).

- Section 관련자료(Section description)
 - : ID, Reference point 자료, 지역
- 공용성 관련자료(Performance related data)
 - : 균열길이, 거북등균열, 평탄성, 마찰력, 소파보수, 소성변형, 결합사진 및 설명, 포장상태지수(Pavement Condition Index: PCI)
- 과거이력 관련자료(Historic related data)
 - : 유지보수이력, 교통량자료, (사고)
- 정책 관련자료(Policy related data)
 - : 연도별 예산 및 보수기준
- 기하구조 관련자료(Geometry related data)
 - : Section 길이, 차선수, 폭, 포장종류, 포장구조, 시공년도
- 환경 관련자료(Environment related data)
 - : (기후자료)
- 비용 관련자료(Cost related data)
 - : 유지보수 공법별 단가

ID	REGION	LENGTH	ROUTE	SEQUENCE	LANE	TYPE	CONSTRUCT	WIDTH
0130001	03	95 84273	0130	1	4	asphalt	1986	20
0130002	03	96 98654	0130	2	4	asphalt	1986	20
0130003	03	100,0178	0130	3	4	asphalt	1986	20
0130004	03	96 20847	0130	4	4	asphalt	1986	20
0130005	03	99 99416	0130	5	4	asphalt	1986	20
0130006	03	104 2703	0130	6	4	asphalt	1986	20
0130007	03	100,007	0130	7	4	asphalt	1986	20
0130008	03	100,0074	0130	8	4	asphalt	1986	20
0130009	03	99 99307	0130	9	4	asphalt	1986	20
0130010	03	99 72595	0130	10	4	asphalt	1986	20
0130011	03	138,5936	0130	11	4	asphalt	1986	20
0130012	03	138,9559	0130	12	4	asphalt	1986	20
0130013	03	97 44901	0130	13	4	asphalt	1986	20
0130014	03	96 96218	0130	14	4	asphalt	1986	20
0130015	03	101 9201	0130	15	4	asphalt	1986	20
0130016	03	102,1094	0130	16	4	asphalt	1986	20
0130017	03	99 99887	0130	17	4	asphalt	1986	20
0130018	03	97 06696	0130	18	4	asphalt	1986	20
0130019	03	100,0392	0130	19	4	asphalt	1986	20
0130020	03	99 99242	0130	20	4	asphalt	1986	20

그림 5 안산시 PMS의 D/B Table 예



6. 시스템 기능

○ 메뉴구성

안산시 PMS는 그 기능이 크게 4가지 (조회, 분석, 자료관리, 보고서)로 구성되어있으며 각각의 메뉴구성은 그림 6과 같다.

일반현황조회	포장상태조회	보수이력조회	분석	자료관리및출력
차선수	PCI분포	보수일반	분석 (보수방법, 우선순위, 비용)	자료관리
교통량	평탄성분포	재포장	제시된 보수공법	일괄처리 자료입력
연령분포	러팅분포	덧씌우기	조회	레포트 출력
	균열율분포	소파보수	보수 우선순위 및	그래프 출력
	마찰력분포	실로팅	보수공법 재조정	Map 출력
			보수우선순위 수정	
			보수공법논리 수정	

그림 6 안산시 PMS 메뉴구성

○ 조회기능

D/B는 포장일반현황 및 포장상태 Data를 저장하고 있으며, 도로관리자는 이러한 D/B에 저장된 Data를 이용하여 도로상태를 이해하고, 도로관리하는 데 있어 그 근거로서 사용하고 있다. 그만큼 도로관리에 있어 D/B에 저장된 도로관련 Data는 중요하며 이러한 중요한 자료를 도로관리자가 빠르고 쉽게 이해할 수 있도록 돕는 역할 역시 중요하다. 따라서 안산시 PMS는 D/B의 내용을 도로관리자가 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위하여 D/B의 내용을 시각적으로 화면에 그래픽하게 표현함으로써 빠르고 쉬운 이해를 도왔으며 이해하기 어려운 특이사항들에 대해서는 사진자료를 짧은 설명과 함께 덧붙여 넣음으로서 이해를 확실하게 할 수 있게 하였다. 또한 도로 특정지점에 대한 정보들(위치정보, 포장형태, 차로수, 재령, 유지보수이력, 포장상태이력)을 사용자가 마우스 클릭만으로 쉽게 얻을 수 있게 하였다 (그림 7 참조).

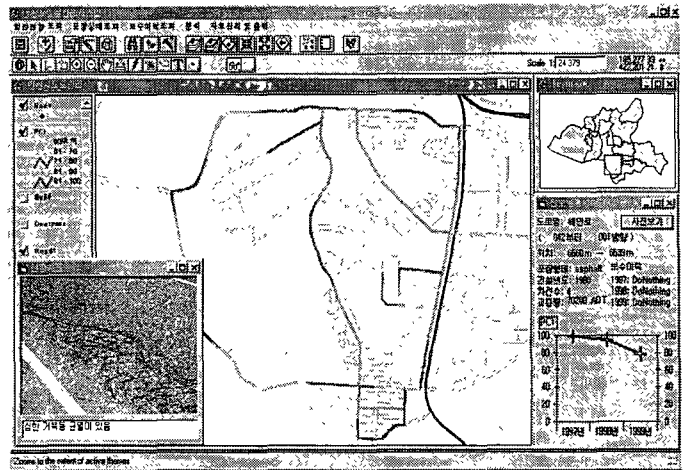


그림 7 안산시 PMS 조회기능의 예

○ 도로보수 우선순위결정

전 도로유지보수에 필요한 예산은 현실적으로 그 한계를 가지고 있다. 이러한 이유로 유지보수가 필요한 도로 전 구간을 보수하기란 현실적으로 불가능하며 이에따른 해결방안으로 각 도로구간별 보수우선순위를 산정하여 구해진 보수우선순위를 기준으로 유지보수를 우선적으로 시행하게 된다.

보수우선순위결정 방법은 포장상태에 의한 방법(Condition ranking), 편익비용비(Benefit-cost ratio)에 의한 방법, 수명주기 비용에 의한 방법등 매우 다양하다. 안산시 PMS의 보수우선순위결정 방법은 세계적으로 가장 많은 도로관리기관에서 사용하고 있는 '포장상태에 의한 방법'을 기본으로 하되, 안산시 PMS에서 사용되는 포장상태지수(PCI)가 평탄성을 반영 못한다는 점을 고려하여 평탄성지수를 추가하였으며 도로의 중요도를 감안할 수 있는 항목으로 교통량의 자료를 추가하여 정하였다. 다



시말해서 보수우선순위결정에 사용되는 포장상태 항목은 포장상태지수(PCI)를, 평탄성지수는 IRI (International Roughness Index)를, 교통량의 항목은 ADT를 각각 사용하였다.

다음 그림 8은 안산시 PMS에서 보수우선순위를 결정하는 Matrix 화면으로 기본값이 제시되어 있으며, 기술자가 기술자의 판단에 따라 PCI등급 criteria, IRI criteria, 교통량 등급 criteria, 보수우선순위를 쉽게 바꿀 수 있게 하여 그 결과물이 현실을 잘 반영토록 하였다.

		30000 이하	30000 ~ 50000	50000 이상			
		IRI 7 이하	IRI 7 이상	IRI 7 이하	IRI 7 이상		
포장 상태 (PCI)	85 이상	0/N	5	0/N	4	0/N	2
	70 ~ 85	7	4	6	3	5	2
	55 ~ 70	4	3	3	2	2	1
	55 이하	3	2	2	1	1	1

그림 8 안산시 PMS 보수우선순위 결정 Matrix

○ 보수공법결정

보수공법결정은 앞에서 언급한 보수우선순위결정시 사용된 포장상태지수(PCI)를 사용하지 않고 각각의 파손종류 및 상태를 고려하여 결정한다. 왜냐하면, 포장상태지수(PCI)값이 같은 구간일지라도 포함하고 있는 결함종류와 결함정도가 각기 다를 수 있으며, 이에 따른 보수공법은 달라져야하기 때문이다.

보수공법결정 방법에는 Distress Strategy, Matrix, Rehabilitation Matrix, Decision Tree등이 가장 많이 사용되고 있으며 특히, Decision Tree에 의한 방법은 가장 명료하고 논리적이며 모든 기술자에게 쉽게 이해되는 방법으로서 이 분야의 많은 선진국들이 채택하고 있는 방법이다.

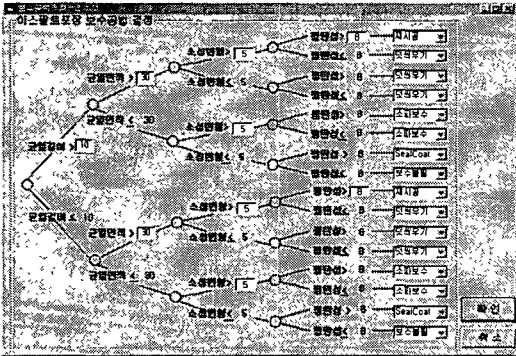


그림 9 안산시 PMS 보수공법결정 Decision Tree

앞서 언급한 보수우선순위결정과 보수공법결정의 과정은, 관리대상도로의 전체구간을 대상으로 한 가장 보편적인 과정(procedure)을 따른 것으로 전체적이고 개략적인 보수우선순위 및 보수공법을 제시하였다. 따라서 도로관리자는 이러한 개략적으로 제시된 보수우선순위 및 보수공법을 재검토하여 현실상황에 적절한지 여부를 판단하여 실제 보수에 적용해야한다.

예를 들어, 안산시 PMS의 보수우선순위 및 보수공법 재조정 과정이전까지의 보수우선순위결정 및 보수공법결정의 과정의 결과는 현실적으로 덧씌우기 보수는 대략 연속된 500m이상 시공해야 타당하다는 현실적 제약조건을 만족시키지 못하는 결과를 도출할 수 있으며, 또한 어떤 정책적 이유 등으로 인해 보수를 먼저 또는 나중에 하려는 의도를 반영하지 못한 결과를 도출할 수도 있다.

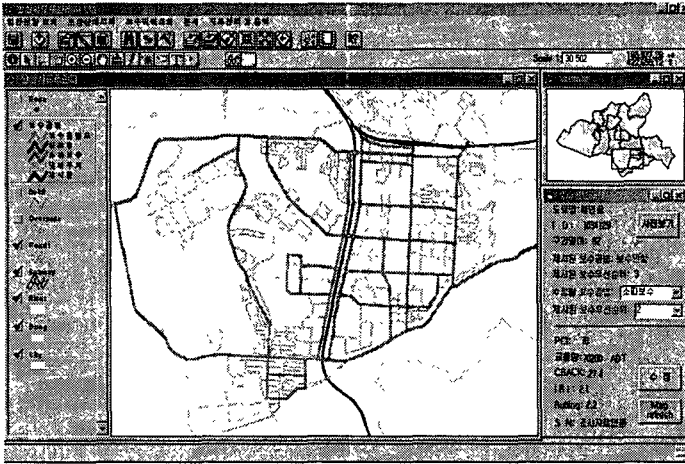


그림 10 보수우선순위 및 보수공법 재조정 화면

따라서 이러한 안산시 PMS의 보수 우선순위 및 보수공법 재조정 과정 이전까지의 보수우선순위결정 및 보수공법결정의 과정에서 해결하지 못한 사항들을 도로관리자가 직접 도로상태를 고려하여 적절한 유지보수 우선순위 및 보수공법을 수동으로 정정할 수 있게 하여 실제 현장에 적용될 최종 보수우선순위 및 보수공법을 도출 할 수 있게 하였다(그림 10 참조).

○ 자료관리

포장일반현황 및 포장상태자료는 Access를 이용한 D/B에 저장되어있다. 도로관리자는 D/B에 저장된 Data를 경우에 따라서 수정, 삭제, 추가, 갱신(update) 등의 작업이 필요한 경우가 생기는데 이러한 작업을 수행 할 수 있도록 안산시 PMS는 자료관리 기능을 포함하였다(그림 11 참조).

또한, 자료가 매년 조사되어 새로 추가되는 많은 양의 자료에 대한 자료관리에 있어서는 손으로 하나하나 모든 값을 입력하기란 어렵다. 그러한 이유로 PMS 자료관리 기능에서는 파일형태의 Data를 직접 D/B에 일괄처리로 입력할 수 있도록 하였다. 이때 읽어들이는 파일의 형태는 콤마(,)구분자를 이용한 Text파일 형태로서 이는 Excel이나 기타 다른 워크시트(worksheet)에서 쉽게 만들 수 있는 형태이다(그림 12참조).

자료관리

타이틀을 선택하십시오

ID	REGION	LENGTH	ROUTE	SEQUENCE	LANE
0130001	03	95,842.79	0130	1	4
0130002	03	95,986.54	0130	2	4
0130003	03	100,017.8	0130	3	4
0130004	03	96,208.47	0130	4	4
0130005	03	99,994.16	0130	5	4
0130006	03	104,270.3	0130	6	4
0130007	03	100,007	0130	7	4
0130008	03	100,007.4	0130	8	4
0130009	03	99,993.07	0130	9	4
0130010	03	99,725.95	0130	10	4
0130011	03	138,593.5	0130	11	4
0130012	03	138,955.9	0130	12	4
0130013	03	97,449.01	0130	13	4
0130014	03	96,962.18	0130	14	4
0130015	03	101,920.1	0130	15	4
0130016	03	102,109.4	0130	16	4
0130017	03	96,988.87	0130	17	4
0130018	03	97,066.95	0130	18	4
0130019	03	100,039.2	0130	19	4
0130020	03	99,992.42	0130	20	4
0130021	03	93,680.98	0130	21	4

Record: 1

그림 11 안산시 PMS 자료관리 화면

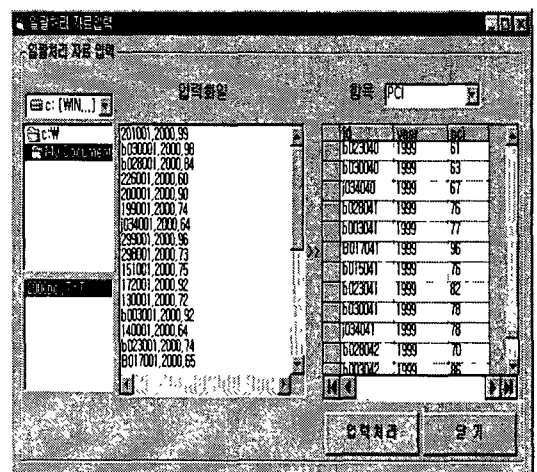


그림 12 Text파일형태 자료를 D/B에 일괄적으로 입력하는 모습



○ 보고서출력

보고서기능은 PMS의 조회기능, 분석기능의 결과를 지도, 그래프, Text형태로 출력할 수 있도록 한 기능으로 다음 그림은 출력물의 한 예를 보여준다.(그림 13, 14, 15 참조)

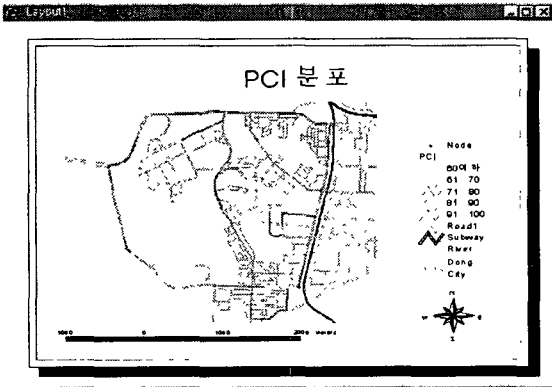


그림 13 지도형태의 출력물의 예

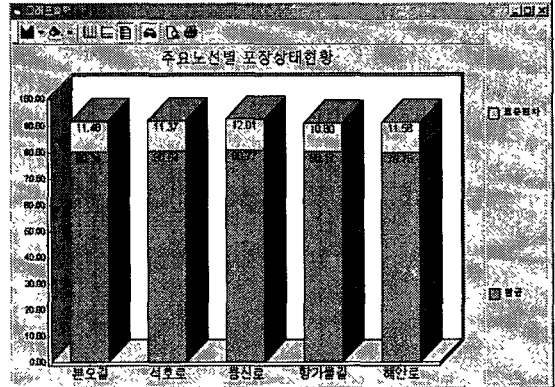


그림 14 그래프형태의 출력물의 예

7. 결 론

- (1) 국내 처음으로 시단위 PMS의 원형(Prototype)을 개발하였다.
- (2) 시단위 PMS시 도로 ID 체계는 다음과 같이 구성하였다.
 - 각각의 노선(도로)을 기준으로 하여 시점부터 종점까지 일정거리(50m~150m)간격으로 section을 나누어 관리함으로써 도로 유지보수시 파손된 곳만을 효율적으로 보수할 수 있게 하였다.
 - 노선에 속하는 각각 노드들을 reference point로 사용하여 노드들이 도로의 시점 및 종점으로 부터 얼마나 떨어진 거리에 위치하는지의 reference 정보를 두어 현장에 직접 나가야하는 인원에게 특정 위치를 가까운 노드 기준으로 떨어진 거리를 제공함으로써 쉽게 찾을 수 있게 하였다.
 - 도로 선형개선 등으로 인한 거리변화에 대처하도록 section 표시를 시작위치, 끝위치로 명시하지 않고 section의 길이를 사용함으로써 특정 section의 거리 변화에 해당 section만 길이를 수정하면 다른 section은 수정없이 그대로 사용 가능케 하였다.
- (3) GIS응용프로그램(ArcView)을 이용하여 포장상태, 도로현황 등을 알기 쉽게 표현하였다.

그림 15 Text형태의 출력물의 예