

□ 論 文 □

퍼스날컴퓨터를 이용한 주차장 최적설계에 관한 연구

A Personal-Computer Application To Design Optimal Parking Lots

姜 承 圭

(계명대학교 교통공학과 교수)

목 차

- | | |
|-------------------|---------------------|
| I. 서 론 | 2. 설계의 기본원리 |
| II. 문헌조사 | 3. OPALD의 개발환경 및 기능 |
| 1. 주차장 관련법규 | 4. OPALD의 실행과정 |
| 2. 우리나라의 관련연구 | 5. OPALD의 응용 |
| 3. 외국의 관련연구 | VI. 결 론 |
| III. 주차장의 설계방법 | 참고문헌 |
| 1. 설계기준차량 및 단위추자면 | |

ABSTRACT

One of the significant problems in urban areas is lack of parking spaces. Therefore, maximizing the number of cars that can be parked in a given area becomes increasingly important as land costs increase. This paper presents a methodology of optimal parking lot design in relatively small areas. The discussion is limited to self-parking surface rectangular lots. The selection of stall dimensions and aisle widths is based on the regulations of parking lot design standards of Korea.

A personal computer software, OPALD, was developed and implemented to design optimal parking lots. OPALD iterates angles of parking stalls from 45 to 90 degree, generates the combination of parking angles, and selects the best angles to fit the given area. A drawing data file is also generated to draw layouts of parking lots in the CAD package (AutoCAD). Application of OPALD shows good results to design parking lots in relatively small areas. By-products of this research represents the parking modules of various angles.

I. 서론

최근에 대도시 뿐만 아니라 중소도시에서도 교통체증은 최악의 상황에 이르렀다. 이러한 교통체증의 원인은 절대부족한 도로율, 부적절한 가로망체계와 토지이용계획등을 들 수 있고, 이에 반해 차량증가율은 매년 20%를 초과하고 있고, 도로증가율은 1%에도 못미쳐 교통체증을 더욱 더 악화시키고 있다.

통상 교통체증이라는 것은 교차로등에서 지체 또는 정체로 인한 손실만을 인식하기 쉬우나 주차문제 역시 심각한 교통체증의 원인이 되고 있다. 주차문제는 현재 모든 도시에서 가장 심각한 문제로 대두되고 있는데, 특히 대도시의 경우 절대부족한 주차시설로 도심내에서 주차하려는 차량들로 인한 대기행렬의 발생과 이로 인한 노상의 불법주차는 도로의 용량을 저하시키고 있으며 도로망의 기능의 저하는 물론 교통사고의 원인이 되고 있다.

도시지역의 주차난을 덜기 위한 조치로서 교통수요를 줄이는 여러가지 방안이 실시되고 있다. 국내에서 실시하고 있는 대표적인 조치는 차량의 10부제 운행유도, 지하철의 조기확대, 지하철역세권 주차장의 신설 및 확대등을 들 수 있으며, 외국의 경우 도심진입을 억제하기 위해 싱가포르, 스웨덴, 노르웨이등에서는 도심통행시 다인승차량을 제외한 모든 승용차에 부과금제도를 시행하고 있다.

현재 우리나라 대도시의 기준주차시설[8]은 차량 100대당 130면이나, 1991년 9월말 현재 서울이 100대당 42.8면, 부산이 18.5면, 대구가 34.1면 등으로 대도시 뿐만 아니라 거의 모든 도시에서 기준주차시설의 50%에도 못 미치는 실정이다. 지난 10년간 서울의 경우 주차시설의 증가율은 평균 21.8%를 나타내고 있다. 이는 비싼 지가로 인하여 노상과 노외주차장은 증가율이 10% 정도에 미치는 반면 부설주차장의 꾸준한 증가로 인한 것이다. 부설주차장 중에서도 건

축물식과 기계식 주차장의 확충이 크게 늘고 있다.

주차난을 해결하기 위한 여러가지 방안이 추진되어야 한다. 그 중에서도 도심지역과 같이 주차장을 건설할 부지가 거의 없는 지역에서는 주차빌딩을 건설하여 주차시설을 확충하여야 하고, 다른 방안으로는 기존 노외주차장에서 일률적으로 배치된 주차면을 재고하여 주어진 부지내에서 가능한 한 최대용량을 갖게 한다면 주차장을 찾기 위해 도로를 배회하는 차량을 보다 많이 수용할 수 있어 주차장의 효율을 극대화할 수 있다. 따라서 본 연구는 퍼스널컴퓨터를 이용하여 노외주차장의 한정된 부지에서 주차장의 운영과 안전을 고려하고, 주차장법규와 일치하며, 최대용량의 주차시설을 컴퓨터 그래픽을 이용하여 배치하는 것이 본 연구의 목적이다.

주차장을 종류별로 분류하면 도로변에서 주차할 수 있는 노상주차장과 도로에서 출입구를 통하여 주차장과 연결되는 노외주차장으로 구분할 수 있다. 노외주차장은 다시 평면주차장과 입체식(주차기계식, 건축물식)주차장으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 연구대상을 평면 노외주차장에 한하며, 부지의 형태는 도심지역의 전형적인 좁은 주차공간에서 최대한의 주차공간을 확보할 수 있도록 하되, 주차장법 시행규칙과 일치하고, 운전자가 직접 주차하는 자가주차장에 한한다.

모든 주차면은 주차통로(이하 차로라 한다)를 이용하여 직접 주차시키고, 차로에 주차하는 차량이 없는 것으로 간주하며, 주차장내에서 기본적인 합리적인 운영방법을 선택하고 적절한 기하구조를 갖춤으로서 운전자가 차로에서 주차면에 진입시 후진이 없이 한 번의 조향작업으로 완전히 주차시킬 수 있어야 한다. 연구대상차량은 소형설계기준차량에 국한하며, 장애자의 주차시설은 고려하지 않았다.

중점적인 연구대상은 주차장의 부지가 50~100대 정도 주차할 수 있는 전형적인 도심형 노

외주차장이며, 부지의 형태도 직사각형으로서 주차장내부에서 빈 주차공간을 찾기 위해 반시계 방향으로 일반통행의 순환이 가능한 경우에 한하고 직각주차의 경우 양방통행도 가능하도록 한다. 또한 주차방향은 앞면주차(Head-in Parking)를 원칙으로 하고 주어진 부지내에는 주차행위에 필요한 시설을 제외하고 어떠한 다른 시설물이 없는 것으로 간주한다. 즉, 주차장을 관리하기 위한 사무실과 요금소는 주차장의 출입구 또는 경계선 외측에 위치하는 것으로 간주한다. 또한 보다 더 적은 부지의 경우도 고려하여 부지가 협소한 주차공간에서 최대한의 주차시설을 얻도록 한다.

본 연구의 수행방법은 이미 수행된 연구에 대한 문헌을 조사하고, 대구시내에 위치한 평면주차장의 특성을 조사하며, 최적주차장을 설계할 수 있는 알고리즘 및 소프트웨어를 개발하여 실제 주차장설계에 적용한다. 또한 본 연구는 특수한 주차각도 뿐만 아니라, 주차각도를 45도부터 90도까지 변화시켜 다양한 주차모듈을 제공함으로써 주어진 부지에서 가장 많은 주차면을 제공하고 융통성 있게 설계할 수 있도록 한다.

II. 문헌조사

본 연구의 수행은 주차장관련법규를 검토하고 연구의 범위를 설정한다. 또한 우리나라의 관련 문헌을 조사한 결과 본 연구와 같이 주차장설계를 위한 유사한 문헌은 접할 수 없었고, 외국의 문헌중에서는 다소 본 연구와 관련이 있는 문헌을 접할 수 있었다. 본 장은 연구자가 본 연구를 수행하면서 수집한 문헌에 관해 서술하고자 한다.

1. 주차장 관련법규

우리나라의 주차장법 시행규칙[7] 제 3 조에는 주차대수 1대당 기준주차단위구획은 2.3m ×

5.0m로 되어있고, 신체장애인의 주차단위구획은 3.3m의 폭이 기준으로 되어있다. 다만, 평행주차인 경우 길이를 6.5m 이상을 적용토록 명시되어 있다. 신체장애자용 전용주차비율은 특정용도 시설의 승강기 설치대상 건축물에 한하여 1%에 해당하는 주차면을 확보하도록 규정하고 있다. 미국의 경우 모든 주차장에 20면 중 1면은 신체장애자용 전용주차비율을 적용하고 있는데 반해 우리나라는 아직도 장애자용 전용시설이 부족하므로 신체장애자용 전용주차비율의 확대와 승강기 등 제반시설의 확충이 시급한 실정이다.

출입구는 주차면이 400면을 초과하는 경우에 주차장의 출구와 입구를 분리하여 <표 1>과 같은 차로폭을 설치하도록 제6조 3항에 명시되어 있다. 또한 출입구의 폭은 3.5m 이상으로 하되, 주차면이 50면 이상인 경우에는 출구와 입구를 분리하거나, 폭 5.5m 이상의 출입구를 설치하여야 하고, 차로의 굴곡부는 5m 이상이 내변반경으로 회전이 가능하도록 명시되어 있다.

<표 1> 법정 최소차로폭

(단위 : m)

주차형식	출입구가 2개 이상	출입구가 1개인 경우
평행주차	3.3	5.0
직각주차	6.0	6.0
60도 대향주차	4.5	5.5
45도 대향주차	3.5	5.0
교차주차	3.5	5.0

2. 우리나라의 관련연구

건설부에서 발행된 주차시설 설치기준에 관한 보고서[8]에 의하면 주차장내 안전사고 원인 중 65% 이상이 운전미숙 및 부주의에 의한 것으로 나타나 주차장설계시 주차시설의 안내시스템의 필요성을 시사하고 있다. 출입구의 위치는 식별이 용이하고 가능한 한 충분한 여유폭을 두어

차량의 진입을 유도하는 도색을 일관성 있고 이해하기 쉽게 처리해야 하고, 운전자가 주차장의 규모, 동선 등 구조를 알 수 있도록 해당 주차장의 일반적인 정보를 안내표시판등에 제공해야 한다고 보고하였다.

우리나라에서 발간된 문헌을 보면 본 연구와 밀접한 주차면 배치방법에 관한 연구는 아직까지는 수행되지 않았다. 다만, 많은 참고자료에서 주차각도가 30, 45, 60, 직각등 특수한 각도에 대한 주차모듈은 소개되었으나, 한정된 부지에서 주차각도의 변환에 따른 주차면의 최적배치에 관한 연구는 수행되지 않았다.

2.3 외국의 관련연구

과거에 주차장설계시 직각주차가 주차면당 차지하는 전체 주차장면적이 최소가 되므로 직각 주차를 선호하였다. 하지만, 직각주차와 각도주차와의 상대적 효율을 연구한 Chodash[1]에 의하면, 주차장의 길이는 100ft부터 500ft까지 25ft 단위로, 폭은 100ft부터 200ft까지 25ft 단위로 40개소의 평면주차장에서 가장 많은 주차면을 얻을 수 있는 주차각도를 조사하였다. 차로는 주차면의 길이 방향과 평행일 때 많은 주차면을 확보할 수 있지만, 보행거리의 최소화와 보행자의 시거를 위해서 차로가 폭방향과 평행이 되도록 설계하여, 주차각도를 30, 45, 60, 75도의 각도주차로 설계시 직각주차로 설계할 때와 상대적인 주차면수를 비교하였다. 연구결과는 직각주차가 전체의 67%로서 직각주차시 가장 많은 주차면을 확보할 수 있었고, 75도의 각도주차는 23%, 60도와 45도의 각도주차는 각각 8%, 2%로 조사되었다. 33%의 경우에서 직각주차만이 가장 효율적인 주차장설계가 아니라는 것이 조사되었다. 또한 주차각도가 60도 이하일 때 수용할 수 있는 주차면이 급격히 감소한다는 것도 조사되었다.

Kanaan[4]등은 1970년도에 미국의 차량과

주차장의 실태를 조사하여 그 당시 주차장의 설계시 고려사항을 지적했다. 우선 차량들의 제원을 조사한 결과, 차량들은 점차 대형화된다는 것을 보고 하였다. 아울러 주차장조사도 병행하여 주차회전율이 높은 쇼핑센터와 주차회전율이 낮은 사무실의 부설주차장의 단위구획의 크기와 차로폭등을 조사하여, 용도에 맞는 주차면의 배치와 차로폭을 제안했다. 그는 주차장설계시 3가지 요소를 고려해야 하는데 첫째는 주차장의 용도, 둘째는 주차장의 효율성, 셋째는 주차장의 위치에 따라 주차면의 배치계획을 수립해야 한다고 보고하였다. 또한 직각주차가 가장 많은 주차면을 얻을 수 있는 배치방법이지만 효율은 각도주차에 비해 떨어질 수 있고, 주차장의 차로폭도 사무실과 같은 주차회전율이 낮은 곳은 기준보다 좁게, 주차회전율이 높은 곳은 넓어야 한다고 덧붙였다.

ITE의 여러 기술위원회 중에서 주차장의 설계를 다루는 위원회[2]에서는 주차면의 최소폭은 주차회전율, 운전자의 숙련도 및 차량크기에 따라 결정될 수 있는데, 주차면을 결정할 수 있는 한가지 방법은 간단하게 서비스수준에 따라 (표 2)와 같이 주차회전율과 사용자의 특성에 따라 4등급으로 분류할 수도 있으나, 8.5ft가 가장 적절하고 장애사용을 제외하고 9ft이상은 추천하지 않고 있다. 또한 1970년대와는 달리 차량이 소형화, 경량화추세이기 때문에 기준주차면의 길이인 18.5ft보다는 17.5ft를 추천하고 있다. 또한 미국의 소형승용차의 점유율이 40~50%이고 이들 소형승용차의 주차면의 크기는 15ft×7.5ft, 주차회전율이 높은 곳에서 8ft의 폭을 제시하고 있다. 더불어 소형과 대형승용차를 구분하여 주차장의 효율을 높이기 위해서 소형주차면의 위치를 출입구에 가까이 위치하도록 추천하고 있다.

Iranpour[3]등은 직사각형의 구석진 부지에서 소형(Compact)차량과 중형(Standard)차량을 위한 평면주차장의 최적설계방법에 관하여 연구

를 수행하였다. 이 연구에서 최대한의 주차면을 얻을 수 있는 방법과 기본적인 주차면의 배치방법을 설명한다. 이 연구는 가장 안전하게 주차행위를 할 수 있는 함수를 설정하여 그 함수의 결과에 따라 주차장의 최적설계법을 제안하고 있

다. 그러나, 이 연구의 문제점은 양 끝단에 불필요한 손실부가 있다는 것이다. 본 연구는 Iranpour등이 수행한 연구에서 이러한 손실부가 없도록 보정하였다.

〈표 2〉 주차회전율에 따른 주차면의 폭

구분	사 용 자	주 차 회 전 율			주차면의 폭 (ft)
		低	中	高	
A	일반소매점, 은행, 식당 그 밖의 주차회전율이 높은 곳			×	9.00
B	일반소매점, 방문객이 많은 곳		×	×	8.75
C	방문객이 있는 곳, 사무실 주거지, 공항, 병원등	×	×		8.50
D	기업체, 주거지, 학교등	×			8.25

주차장에 관한 기본적인 참고문헌인 "Parking Principles"[5]에서는 주차장설계에 관한 전반적인 내용을 언급하고 있다. 그 중에서 본 연구와 관련이 있는 제6장의 한 부분인 평면주차장설계에서는 주차각도가 45, 60, 75, 90도에 따른 주차면과 차로를 하나의 모듈로서 제공하고 있으며, 배치형태는 차로는 차장의 긴 변과 평행하도록 주차면을 배치하는 것이 효율이 높고, 직각주차가 안전과 운영상 유리한 점 때문에 직각 주차를 추천하고 있다. 하지만 도심내에서의 주어진 주차장부지는 항상 주차면을 직각으로 배치하기에 부적당한 곳이 많이 때문에 현실적으로 적용하는데는 어려움이 뒤따른다.

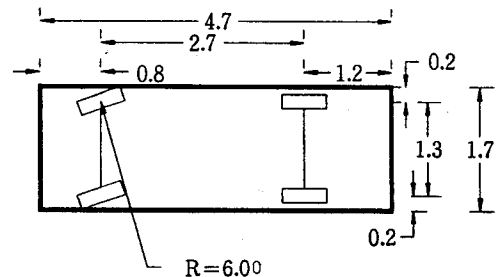
주차효율이 떨어지고 후진시 안전사고의 위험이 있어 45도 보다 적은 경우는 배제하였다. 또한 개발된 OPALD 소프트웨어를 이용하여 설계기준차량과 단위주차면을 설정하여 주차장부지에 주차면을 배치하는 예를 제시한다.

3.1 설계기준차량 및 단위주차면

본 연구에서 적용할 설계기준차량은 도심지역의 좁은 공간을 고려하여 〈그림 1〉과 같이 소형 설계기준차량을 기준으로 한다. 설계기준차량의 기본적인 제원[6]은 최소회전반경이 6m로서 외측 앞바퀴중심의 회전반경이며, 차량폭과 길이는

Ⅲ. 주차장 설계방법

본 장은 퍼스날컴퓨터를 이용한 평면주차장의 최적설계의 기본적인 설계원리 및 방법을 단계별로 설명한다. 주차장법 시행규칙등에 명시된 주차각도는 평행, 45, 60, 직각등 특수한 주차각도만을 설정하고 있으나, 본 연구에서는 주차각도가 45도부터 90도까지 1도씩 변환하여 주어진 부지에서 가장 효율적인 주차면의 배치방법을 유도한다. 주차각도가 45도 보다 적은 경우,



〈그림 1〉 설계기준차량의 제원

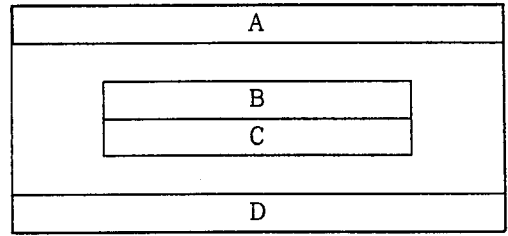
각각 1.7m와 4.7m이다. 또한 주차장법 시행규칙에 단위주차면의 제원은 폭과 길이가 각각 2.3m, 5.0m이므로 설계기준차량이 단위주차면에 주차할 경우 측면과 전후면에 각각 60cm와 30cm의 여유를 두게 된다. 이는 미국의 단위주차면이 8.5×19ft(2.6×5.8m)에 비하면 적은 크기로서 우리나라의 차량크기를 감안한 것이다.

3.2 설계의 기본원리

평면주차장 설계시 미국등에서 수행된 연구결과에 의하면 다음과 같은 세 가지 원리대로 설계할 경우 주어진 평면내에서 가장 많은 주차면을 얻을 수 있다고 보고되었다.[1, 3, 5] 즉, 단위면적당 가장 높은 주차효율을 높일 수 있는 방법을 의미한다.

- ① 차로의 방향은 주차장부지의 긴 방향과 평행이어야 회전부의 차로면적이 최소가 된다.
- ② 차로는 두 주차면 사이에 설치되어야 한다.
- ③ 주차면은 부지의 외곽을 따라 설치하여야 한다.

(그림 2)는 저술한 세 가지 원리를 적용하고, 도심지역등 좁은 부지의 평면에 주차장내에서 최소한 순환이 가능한 배치방법의 예를 든 것이다. (그림 2)에서 기호 A와 D로 표시된 주차열은 주차장부지의 외곽을 따라 설치된 주차면을 의미하고, 기호 B와 C로 표시된 주차열은 내부주차열을 의미한다. (그림 2)에서 외부주차열과 내부주차열의 주차각도는 달리할 수 있으나 내부주차열(B와 C)간의 주차각도는 동일하게 설계하여야 서로 맞물릴 수 있다. 또한 계산의 편의를 위하여 외부주차열(A와 D)도 같은 각도를 갖도록 설계를 한다. 또한 내부주차열과 외부주차열의 각도차이가 많을 경우 운전자의 혼란을 초래할 수 있으므로 가능한 한 각도차이가 적도록 설계되어야 한다.



(그림 2) 평면주차장 설계원리에 의한 주차면의 배치

3.3 OPALD의 개발환경 및 기능

OPALD란 Optimum Parking Lot Design의 약자로서 주어진 부지에서 최적의 주차면을 배치하기 위하여 본 연구의 일부로 개발된 프로그램이다. OPALD의 개발환경은 Microsoft사의 C Compiler를 사용하였다. OPALD는 일차적인 출력화일로서 『OPTIMUM.DAT』를 디스크에 생성하는데 이는 주어진 부지에서 최적설계할 수 있는 주차각도의 조합을 담은 화일이다. OPALD는 계속해서 그 화일의 주차각도를 읽고 최적의 주차각도를 설정하여 『PARK.RST』라는 화일을 디스크에 생성시킨다. 『PARK.RST』는 퍼스널 컴퓨터용 CAD Package인 AutoCAD의 LISP 언어로 개발된 『PARK.LST』에서 설계제원을 사용하기 위한 출력화일이다. 『PARK.LSP』에서 출력화일을 읽어 주차장의 도면을 화면에 나타내게 되고 플러터등 여러가지 출력도구로서 도면을 그려낼 수 있다. 다른 방법으로는 AutoCAD의 ADS(AutoCAD Development System)로서 바로 OPALD를 호출할 수도 있다. AutoCAD는 LISP언어의 사용이 가능한 Release 10 이상이어야 하고 본 연구가 진행되는 동안 사용된 AutoCAD는 Release 11이다.

3.4 OPALD 실행과정

본 절에서 기술하는 OPALD의 기능은 주차장

의 부지가 최소한 내부에서 순환이 가능한 면적에 관한 내용에 관한 것이고, 이외의 부지에 관한 것은 하나의 모듈별로 처리가 가능하다. 즉, 부지의 면적이 내부순환이 불가능한 아주 적은 면적일 경우 OPALD의 알고리즘에서 더욱 간단히 적용할 수 있으며, 주차장부지가 더 클 경우 부지를 분할하여 설계하거나 하나의 부지로 OPALD로 설계할 수 있다. 주차장의 최적설계를 위하여 개발된 OPALD는 다음과 같은 순서에 의하여 실행된다.

가. 주차장의 폭과 너비의 입력

우선 평면주차장의 크기를 입력한다. 입력방법은 프로그램이 실행되면 사용자대화식 또는 DOS command line 상태에서 Batch Processing이 가능하다. 다른 방법으로는 AutoCAD에서 LISP언어로 개발된 프로그램 『PARK.LSP』를 실행시켜 사용자대화식으로 주차장의 폭과 너비를 도면에서 마우스 또는 디지털타이저등으로 입력시킬 수도 있다. 단위는 m를 사용하여야 한다.

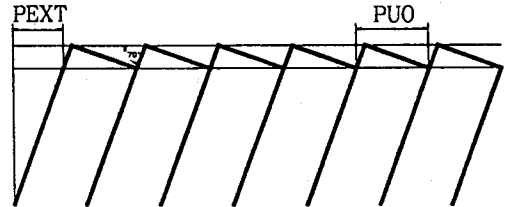
나. 주차각도

OPALD에서 설정된 주차각도는 45도부터 90도까지로 반복계산한다. 주차각도가 45도 이하가 되면 주차는 용이하나, 주차효율이 떨어지고 후진시 시거가 제한되는 안전상의 문제점 때문에 45도 이상으로 설정하였다. 또한 주차각도는 주차장의 외부주차열(〈그림 4〉에서 A열과 D열)과 내부주차열(B열과 C열)로 구분하여 제한하되, 외부주차면(A열과 D열) 또는 내부주차면(B열과 C열)은 서로 각도가 같도록 설정하였다.

다. 단위주차면이 차지하는 연석의 길이

일단 주차각도가 결정되면 〈그림 3〉과 같이 그 주차각도에 해당하는 주차장에서의 너비방향으로 차지하는 단위주차면당 연석의 길이를 〈식

1)과 같이 계산한다. 또한 마지막 주차면이 추가적으로 소요되는 연석의 길이는 〈식 2〉를 이용하여 계산한 결과는 〈표 3〉과 같다.



〈그림 3〉 주차면의 연석길이와 추가소요길이

$$PUO = 2.3 \cdot (\cos(90 - \theta) + \tan(90 - \theta) \cdot \cos\theta) \quad \text{〈식 1〉}$$

$$PEXTO = \cos\theta \cdot \left(5 + \frac{2.3}{\tan\theta} - 2.3 \cdot \tan(90 - \theta)\right) \quad \text{〈식 2〉}$$

여기서,

PUO : 외부 단위주차면의 연석길이(m)

PEXTO : 외부 주차열에서 연석의 추가소요 길이(m)

θ : 주차각도(도)

〈표 3〉 주차각도에 따른 연석길이, 추가소요길이 및 최소차로폭

주차각도 (도)	연석의 길이 (PUO)	추가소요길이 (PEXTO)	최소차로폭 (AS1)
45	5.55	3.54	3.50
50	4.93	3.21	3.50
55	4.42	2.87	3.50
60	3.98	2.50	3.50
65	3.61	2.11	3.75
70	3.28	1.71	4.28
75	3.00	1.29	4.82
80	2.74	0.87	5.27
85	2.51	0.44	5.93
90	2.30	0.00	6.50

라. 외부주차면수의 계산

단위주차면에 대한 연석의 길이와 추가길이가 계산되면 <식 3>에서 수용할 수 있는 외부주차면수를 계산한다. 계산방법은 주차장의 너비에서 추가소요길이를 뺀 길이를 단위주차면의 연석길이로 나눈다.

$$NSO = \frac{PL - \cos\theta \cdot (5 - 2.3 \cdot \tan(90 - \theta))}{2.3 \cdot (\cos(90 - \theta) + \tan(90 - \theta) \cdot \cos(\theta))} \quad \text{〈식 3〉}$$

여기서

NSO : 외부주차면수

PL : 주차장의 너비(m)

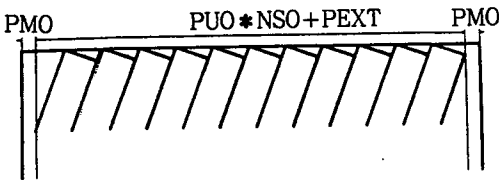
마. 외부주차열 양끝단의 여유길이 계산

<그림 4>와 같이 주차장의 너비방향으로 필요한 절대길이를 제외한 여유길이를 외부주차열의 양끝에 같이 배분하여 주차면이 부지의 중앙에 위치하고 양끝단의 여유길이는 <식 4>와 같이 계산한다.

$$PMO = (PL - NSO \cdot PU - PEXT) / 2 \quad \text{〈식 4〉}$$

여기서

PMO : 외부주차면의 여유길이(m)

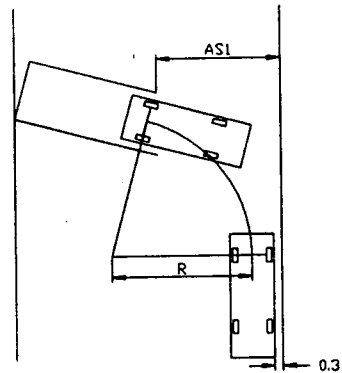


<그림 4> 주차열의 여유길이 배분방법

바. 차로폭의 계산

설계기준차량이 <그림 5>와 같이 해당 주차면에 진입하기 위하여 차로에서 주차면의 반대편의 끝단과 30cm의 여유폭을 유지하며 운행하다가 한 번의 주차각도(θ) 만큼의 회전으로 주차면에 진입할 수 있는 최소차로폭을 구한다. 설계

기준차량의 최소회전반경은 6m이고 본 연구에서 적용할 반경은 앞축의 중심인 5.35m를 회전반경으로 가정하여 <식 5>를 이용하여 최소차로폭을 구한다. 그러나, <식 5>로 구한 최소차로폭은 주차각도가 60도 이하인 경우 계산된 값이 법정최소차로폭인 3.5m 보다 적게 되므로, 이 경우 차로폭은 3.5m로 설정한다.



<그림 5> 설계기준차량의 주차면 진입방법

$$AS1 = \frac{5.35 \cdot \sin\theta}{\tan(90 - \theta/2)} - 2.3 \cdot (\cos\theta - 1) / 2 \quad \text{〈식 5〉}$$

여기서,

AS1 : 최소차로폭(m)

<식 5>로 계산된 결과는 <표 3>에서 주차각도가 90도 일 때 6.5m이나, 법정차로폭은 6.0m로 제시되었다. 차로폭이 6.0m인 경우 설계기준차량 보다 소형차량의 경우 한 번의 조향으로 주차면에 진입할 수 있으나 설계기준차량은 최소한 한 번의 후진이 필요하게 된다. 따라서 법정최소차로폭은 6.0m이지만 이론적으로 설계기준차량이 한 번의 조향으로 주차면에 진입할 수 없어 본 연구에서는 차로폭을 6.5m로 수행한다. 주차각도가 86도 이상이면 법정차로폭인 6.0m를 초과한다.

사. 회전차로폭의 계산

설계기준차량이 차로를 우측한계와 30cm의 여유를 갖고 통행하다가 좌측으로 90도 회전할 때, 좌측주차면과 닿지 않고 회전한 후 우측한계와 30cm의 여유를 둘 수 있는 회전차로폭은 (식 6)으로 구할 수 있다. (식 6)에 의한 결과도 법정 최소차로폭인 3.5m 보다 적으면 3.5m로 설정한다. (식 6)에서 TRI의 4.5m는 앞바퀴의 외측 최소회전반경에서 설계기준차량의 차랑폭 1.7m를 뺀값이다.

$$AS2 = TRO + 0.3 - \sqrt{TRI^2 - (TRO + 0.3 - AS1)^2}$$

(식 6)

여기서,

- AS2 : 최소회전차로폭(m)
- TRO : 앞바퀴의 외측 최소회전반경(6.2m)
- TRI : 앞바퀴의 내측 최소회전반경(4.5m)
- AS1 : 최소차로폭(m)

아. 내측주차면의 길이결정 및 내부주차면수의 계산

전체 또는 외측주차면의 길이에서 양측 회전차로폭과 추가소요길이를 감한 길이를 내부단위주차면의 연석길이를 나눠서 내부주차면수를 (식 7)과 같이 구한다.

$$NSI = \frac{PL - PEXTI - 2 \cdot AS2}{PUI}$$

(식 7)

여기서

- NSI : 내부주차면수
- PL : 주차장의 너비(m)
- PEXTI : 내부주차열에서 연석의 추가소요길이(m)
- AS2 : 최소회전차로폭(m)
- PUI : 내부 단위주차면의 연석길이(m)

자. 내부주차열의 양끝단 여유길이 계산

외부주차열의 여유길이 계산방법과 동일하다. 다만, 주차장의 길이(너비)에서 양끝단의 회전

차로 폭을 뺀 길이로서 내부주차면수와 추가소요길이를 계산하고, 내부주차면을 배치한 후 양끝단의 여유길이를 (식 8)로 계산한다. (식 8)에서 계산된 여유길이는 양끝단 각각의 여유길이 아니고, 내부주차열을 배치한 후 전체여유길이를 말한다.

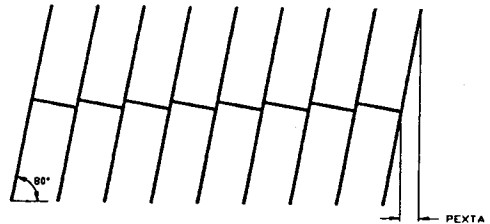
$$PMI = PL - NSI \cdot PUI - PEXTI - 2 \cdot AS2$$

(식 8)

여기서, PMI : 내부주차열의 여유길이(m)

차. 내부주차면의 배치방법 재고

내부주차열의 주차각도에 따라 가장자리주차면의 배치방법을 달리해야 한다. ① 주차각도가 78도 이상이면, (그림 6)과 같이 배치하고 (식 8)에서 주차면의 여유길이(PMI)와 (식 9)에서 계산된 추가소요길이(PEXTA)와 비교하여, PEXTA값이 크면 내부주차면수에서 하나의 주차면을 감해야 한다.



(그림 6) 주차각도가 78도 이상인 경우의 내부주차열

$$PEXTA = (5 + \frac{2.3}{\tan \theta}) \cdot \cos \theta$$

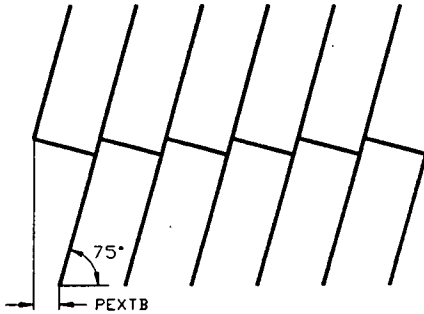
(식 9)

여기서,

PEXTA : 주차각도가 78도 이상일 경우 추가소요길이(m)

② 주차각도가 78도 보다 적도 65도 보다 큰 경우, (그림 7)과 같이 주차면을 하나 씩 미리 엇갈리게 배치하고 (식 8)에서 계산된 주차면의

여유길이(PMI)와 <식 10>에서 계산된 추가소요길이(PEXTB)와 비교하여, PEXTB값이 크면 내부주차면수를 하나 줄여야 한다.



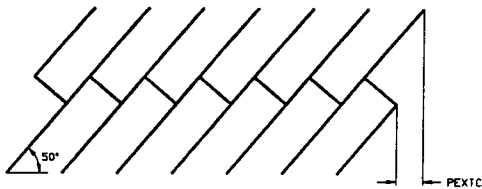
<그림 7> 주차각도가 60도 보다 크고 78도 보다 적은 경우의 내부주차열

$$PEXTB = 2.3 \cdot \sin\theta - 5 \cdot \cos\theta \quad \text{〈식 10〉}$$

여기서,

PEXTB : 주차각도가 78도 미만, 65도를 초과할 때의 추가소요길이(m)

③ 주차각도가 65도 이하인 경우, 내부주차면을 <그림 8>과 같이 배치하면 역시 필요한 소요길이가 PEXTC만큼의 추가소요길이가 필요하다. PEXTC의 값은 <식 11>로 구할 수 있다.



<그림 8> 주차각도가 65도 이하인 경우의 내부주차열

$$PEXTC = (5 - 2.3 \cdot \tan\theta) \cdot \cos\theta \quad \text{〈식 11〉}$$

여기서,

PEXTC : 주차각도가 65도 이하인 경우 추가소요길이(m)

내부주차면의 주차각도에 따라 위의 3가지로 분류하여 내부주차열에 배치할 수 있는 주차면수를 다시 계산한다. 수정된 주차면수로 계산된 여유길이(PMI)는 2등분하여 양끝단의 여유길 이로 배분한다.

카. 계산된 주차열의 배치방법과 주차장의 폭과의 비교

이상과 같은 과정을 거친 주차면의 배치가 주차장의 폭과 비교하여 주차장의 폭보다 적어야만 설계가 가능하다. 즉, 주차장의 폭을 PW라 한다면 <식 12>가 0 이상이어야 주차면의 배치가 가능하게 된다.

$$f(\theta) = PW - (2 \cdot ASI + 2 \cdot SDO + 2 \cdot SDI - 2.3 \cdot \cos\theta) \quad \text{〈식 12〉}$$

여기서,

PW : 주차장의 폭(m)

ASI : 최소차로폭(m)

SDO : 외부주차열의 깊이(m)

SDI : 내부주차열의 깊이(m)

타. 최대주차면수를 갖는 주차각도의 조합

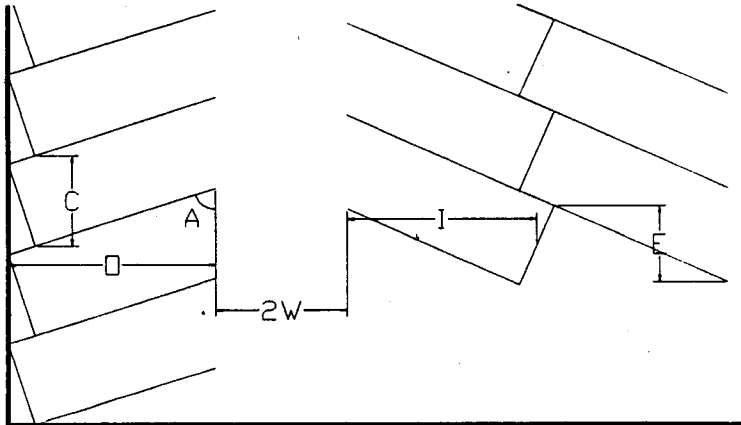
OPALD 소프트웨어는 반복계산을 줄이고 주차면의 배치모형을 보다 간단하게 하기 위하여 외부주차면(<그림 2>의 A열과 D열)간의 주차각도가 같도록 하고, 내부주차면(B열과 C열)간의 주차각도가 같아야만 한다. 주차각도를 45도 부터 90도까지 외부와 내부주차면의 반복계산으로 주어진 폭과 너비에 주차면을 배치할 수 있는 조합 중에서 가장 많은 주차면을 배치할 수 있는 외부와 내부주차각도를 검색한다. 검색한 주차각도의 조합은 디스크에 『OPTIMUM.DAT』라는 파일로 저장된다.

파. 같은 주차각도의 조합중 최적각도 결정

주어진 주차장의 크기에 이상과 같은 과정을 거쳐 최대주차면수를 갖는 주차각도의 조합을 수록한 『OPTIMUM.DAT』 파일을 읽어, 해당 주차자의 외부와 내부주차각도의 최적치를 결정한다. 최적각도의 결정방법은 우선 차로에 진입한 운전자의 입장에서 판단할 때 좌측(내부)과 우측(외부)의 주차각도의 차이가 많으면 혼란을 야기하게 되며, 결국 무질서한 주차행위와 접촉사고를 유발하게 된다. 따라서 주차각도는 외부와 내부주차각도차이가 적은 것을 우선적으로 선택하고, 주차각도의 차이가 같은 조합중에서는 주차의 용이성을 고려하여 주차각도가 적은 주차각도의 조합을 우선적으로 선택한다.

하. 주차장의 자동설계를 위한 설계자료

〈표 4〉와 〈그림 9〉는 주차각도(A)에 따른 단위주차면의 연석의 길이(C), 추가소요길이(E), 외부주차열의 깊이(O), 내부주차열의 깊이(I), 최소차로폭의 반(W)을 나타낸 것이다. 이 도표의 모듈과 〈식 13〉을 활용하면 주차장의 부지에 따라 간단한 계산으로 설치할 수 있는 개략적인 주차면의 수를 산출할 수 있다. 〈식 13〉에서 각 기호는 〈표 10〉의 상단에 제시된 기호이며 N은 내부주차열의 수를 의미한다. W는 주차장차로폭의 반(1/2)을 의미하고 주차면의 배치계획에 따라 〈식 13〉을 수정할 수 있다. 〈식 13〉은 주차장부지의 외곽에 외부주차열을 1열씩 배치하고, 내부주차열은 부지의 폭이 허용하는 한 많은 주차열을 배치하고자 할 때, 괄호 앞의 2는 내부주차열과 외부주차열이 항상 2배의 배수가 되어야 한다는 것을 의미한다.



〈그림 9〉 주차각도에 따른 주차장의 설계도면

$$2 \cdot (O + W) + 2 \cdot (I + W) \cdot N \leq (\text{주차장부지의 폭}) \quad \langle \text{식 13} \rangle$$

OPALD 소프트웨어는 최적의 주차각도를 결정한 다음, 그 제원에 맞는 주차장의 설계를 위하여 최종적으로 〈표 5〉와 같은 설계제원화일을 출력한다. 이 화일은 퍼스날컴퓨터의 대표적인

CAD 소프트웨어인 AutoCAD에서 LISP언어로 개발된 『PARK.LSP』에서 데이터화일로 사용하게 되고, O\PALD를 ADS(AutoCAD Development System) 모듈로도 AutoCAD에서 설계가 가능하다.

〈표 4〉 주차각도에 따른 주차장의 설계제원

주차각도(도) A	연석길이, C	추가소요길이 E	외부주차열길이, O	내부주차열길이, I	차로폭의 반, W
45	3.25	3.54	5.16	4.35	1.75
46	3.20	3.47	5.19	4.40	1.75
47	3.14	3.41	5.23	4.44	1.75
48	3.09	3.35	5.25	4.49	1.75
49	3.05	3.28	5.28	4.54	1.75
50	3.00	3.21	5.31	4.57	1.75
51	2.96	3.15	5.33	4.61	1.75
52	2.92	3.08	5.36	4.65	1.75
53	2.88	3.01	5.38	4.69	1.75
54	2.84	2.94	5.40	4.72	1.75
55	2.81	2.87	5.41	4.76	1.75
56	2.88	2.80	5.43	4.79	1.75
57	2.74	2.72	5.45	4.82	1.75
58	2.71	2.65	5.46	4.85	1.75
59	2.68	2.58	5.47	4.88	1.75
60	2.66	2.50	5.48	4.91	1.75
61	2.63	2.42	5.49	4.93	1.75
62	2.60	2.35	5.49	4.95	1.75
63	2.58	2.27	5.50	4.98	1.75
64	2.56	2.19	5.50	5.00	1.83
65	2.54	2.11	5.50	5.02	1.85
66	2.52	2.03	5.50	5.04	1.93
67	2.50	1.95	5.50	5.05	1.95
68	2.48	1.87	5.50	5.07	2.03
69	2.46	1.79	5.49	5.08	2.05
70	2.45	1.71	5.49	5.09	2.14
71	2.43	1.63	5.48	5.10	2.16
72	2.42	1.55	5.47	5.11	2.25
73	2.41	1.46	5.45	5.12	2.27
74	2.39	1.38	5.44	5.12	2.35
75	2.38	1.29	5.42	5.13	2.37
76	2.37	1.21	5.41	5.13	2.46
77	2.36	1.12	5.39	5.13	2.48
78	2.35	1.04	5.37	5.13	2.57
79	2.34	0.95	5.35	5.13	2.59
80	2.34	0.87	5.32	5.12	2.69
81	2.33	0.78	5.30	5.12	2.70
82	2.32	0.70	5.27	5.11	2.80
83	2.32	0.61	5.24	5.10	2.81
84	2.31	0.52	5.21	5.09	2.91
85	2.31	0.44	5.18	5.08	2.92
86	2.31	0.35	5.15	5.07	3.02
87	2.30	0.26	5.11	5.05	3.04
88	2.30	0.17	5.08	5.04	3.14
89	2.30	0.09	5.04	5.02	3.15
90	2.30	0.00	5.00	5.00	3.25

50.00	Length of parking lot(p_length)
29.00	Width of parking lot(p_widths)
70	Maximum no. of parking stalls(max_stall)
19	No. of parking stalls on outside(no_stall_o)
16	No. of parking stalls on inside(no_stall_i)
67	parking angles of Outside(angle_o)
67	Parking angles of Inside(angle_i)
3.95	Aisle width of parallel(aisle_w1)
3.95	Aisle width of perpend.(aisle_w2)
2.50	Curb length of outside(p_unit_o)
2.50	Curb length of inside(p_unit_i)
5.50	Stall depth of outside(d_stall_o)
5.50	Stall depth of inside(d_stall_i)
0.29	Space margin of outside(p_margin_o)
0.16	Internal design margin(p_design)

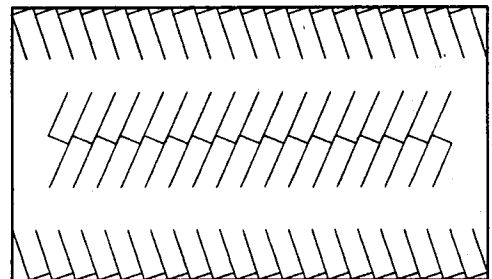
제원화일인 『PARK.RST』를 출력한다. 다음 작업은 퍼스날컴퓨터용 CAD Package인 AutoCAD에서 LISP언어로 개발한 『PARK.LSP』를 실행하면 자동적으로 설계제원화일을 읽고 화면상에 주차장의 배치도가 나타난다. 배치도면의 출력은 플러터 또는 프린터를 이용하면 <그림 10>과 같은 도면을 그릴 수 있다.

<그림 10>의 도면은 <표 5>에 제시된 설계제원화일을 이용한 것이며 총 주차면수가 70면, 외부열에 19면씩 38면, 내부열에 16면씩 32면을 배치하게 되며, 주차각도는 외부와 내부가 공히 67도, 차로폭은 3.95m, 연석의 길인 2.50m, 주차면의 길이는 5.50m가 된다. 마지막으로 나열된 값은 여유치로서 주차면을 가능한 한 도면의 중간에 위치하기 위한 설계제원이다.

<표 5> OPALD가 출력한 설계제원화일인 『PARK.RST』의 예

No. of Stalls : 70

Parking Angles—Outside : 67, Inside : 67



<그림 10> 29×50m 주차장부지의 최적설계

3.5 OPALD의 응용

본 질은 개발된 OPALD를 이용하여 실제 주차장설계에 응용한 예를 든다. 첫 번째 예는 주차장부지의 폭과 너비가 각각 29m와 50m로서 주차장내에서 빈 주차공간을 찾기 위해 순환이 가능한 부지에 최적의 주차장을 설계하고, 두 번째 예는 주차장의 폭과 너비가 각각 10m와 30m로서 전형적인 소규모빌딩의 벽면을 따라 설치된 주차공간에 해당한다. 마지막으로 대형주차장의 설계예로서 <표 4>에 제시된 설계모듈을 이용한다.

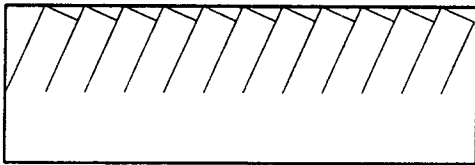
가. 주차장부지가 29×50m인 경우

차량을 50~100대 정도의 주차면이 가능한 주차장부지는 전형적인 도시지역의 유료주차장이다. 이러한 평면주차장에서 OPALD를 이용한 주차장설계는 우선 OPALD를 실행시켜 주차장부지의 폭과 너비를 입력하면 최종적으로 설계

나. 주차장부지가 10×30m인 경우

주차장의 부지가 더 좁은 경우, 즉 건물의 벽면을 따라 한 대를 주차시킬 수 있는 경우라도 차로를 설치해야 한다. 만약 <그림 11>과 같은 주차장부지의 폭과 길이가 각각 10m와 30m이고, 우측에서 진입하여 좌측으로 진출한다면, OPALD와 AutoCAD에서 <그림 11>과 같은 도면이 출력된다. 설치가능한 주차면수는 11면이

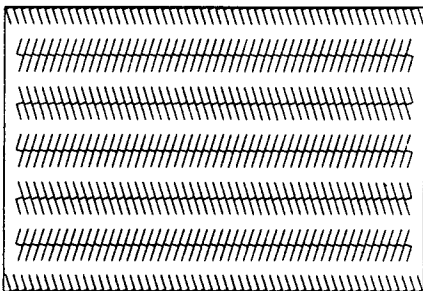
며 주차각도는 66도부터 76도까지 가능하나 도 면에서는 66도를 적용하면 차로폭은 4.5m이고, <표 4>에서 연석의 길이는 2.52m, 주차면의 깊이는 5.50m가 된다.



<그림 11> 10×30m 주차장부지의 최적설계

다. 주차장의 부지가 90×130m인 경우

주차장의 부지가 직사각형이라면 <표 4>에 제시된 설계모듈을 이용하여 개략적인 주차면의 배치계획을 세울 수 있다. 예를 들어 주차면의 부지가 90×130m이고 모든 차로는 일방통행으로 설계하고 <식 13>을 적용하되 외부와 내부주차열의 주차각도를 같도록 설계한다면 OPALD는 <그림 12>와 같은 결과를 출력한다. 가장 많은 주차면을 배치할 수 있는 주차각도는 73도이며, 외부주차열은 53면, 내부주차열은 50면으로서 총 606면을 배치할 수 있다. 차로폭은 4.65m로서 <표 4>에 제시된 차로폭(2.27×2=4.54m)보다 큰 이유는 주차면을 배치하고 남은 여유폭을 차로폭에 배분하기 때문이다. 회전차로폭은 3.65m이다.



<그림 12> 90×130m 주차장부지의 최적설계

IV. 결론

본 연구는 기존의 노상주차장 또는 신설되는 노상주차장에서 주어진 부지에서 가장 효율적인 운영방법으로 최대한의 주차면수를 확보할 수 있는 설계방법을 제안하고 있다. 기존의 주차면 배치방법은 특수한 각도에 한하여 주차모듈로서 제공하고 있으나, 주차각도는 얼마든지 변경할 수 있으며 해당 주차각도에 따른 차로폭도 보다 자가운전자가 주차하기 쉽도록 충분하지만 최소한의 공간을 수학적 알고리즘을 개발하여 주차설계제원을 제공한다.

실제 설계방법은 복잡한 계산과정을 프로그램화한 알고리즘을 Microsoft C Compiler를 이용하여 『OPALD』라고 명명된 소프트웨어를 개발하였으며, OPALD를 활용하여 여러가지 직사각형 부지에서 손쉽게 컴퓨터 그래픽을 이용하여 주차면의 배치도를 작성할 수 있다. 본 연구의 결과는 도심지역에서는 협소한 공간에 주차장을 설치하고 주차면을 배치하려 할 때 유용하게 활용될 것으로 사료된다. 또한 아파트단지과 공장 등 비교적 넓은 공간에서 효율적으로 부지계획에 활용될 수 있을 것이다.

OPALD의 기능에 대형주차장의 설계에 필요한 조경, 교통섬등의 설계를 위한 모듈이 추가된다면 OPALD를 활용하여 공항, 터미널, 열차역 등 주차수요가 많은 광장주차장 또는 대형주차장의 설계에 활용될 수 있다고 판단된다. 또한 AutoCAD를 이용하여 3차원으로 설계된 주차장은 기존소프트웨어를 이용하여 운전자의 시각이나 원하는 방향으로 실제 완성된 주차장을 컴퓨터그래픽을 이용하여 사전에 점검할 수도 있다.

<이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단 신진연구과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음>

참 고 문 헌

1. Chodash, I.L., "Relative Efficiencies of Various Parking Angles," *ITE Journal*, Vol. 56, No. 3, p. 34~37. March 1986.
2. "Guidelines for Parking Facility Location and Design," by ITE Technical Council Committee 5D-8, *ITE Journal*, Vol. 60, No. 4, p. 13~16, April, 1990.
3. Iranpour, R., and D. Tung, "Methodology for Optimal Design of a Parking Lot," *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 115, No. 2, p. 139~160, March 1989.
4. Kanaan, G.E., and D.R. Witheford, "Parking Lot Design Standards," *Traffic Quarterly*, Vol. 27, No. 3, p. 451~473, July 1973.
5. *Parking Principles*, highway Research Board, Special Report 125, 1971.
6. 도로의 구조·시설기준에 관한 규정(해설 및 지침), 건설부, 1990.
7. 주차장법·시행령·시행규칙, 1991년 개정
8. 주차장 설치기준설정에 관한 조사연구, 건설부, 1990.