

은평 한옥마을 공영주차장의 지리적 위치 및 입출구위치, 주차 동선을 고려한 주차 라인의 기하학적 분석

연구자: 김서정, 김민서, 이현경
박준서, 이기현, 정윤지

《 초 록 》

최근 은평한옥마을의 관광사업이 활성화되면서 한옥마을을 찾는 사람들이 늘고 있다. 유동 인구의 증가로 인해 차량의 유입 또한 증가했고, 최근 이에 따른 주차 ‘공간 부족’ 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 주차장 공간을 최대한 활용할 수 있는 주차 박스의 배열을 고안하는 것이 본 연구가 시사하는 바이다. 본 연구는 기하적 요소를 이용해 기존 주차장보다 주차에 적합한 각도를 지닌 주차 박스를 고안해 효율적인 공간 활용이 가능한 주차장 모델을 제안하고자 한다. 준중형 세단인 현대 아반떼, 그랜저, 소나타 차종을 기준으로 특수각에 기반하여 주차장의 각도를 다르게 변화시킬 경우 어떠한 각도에서 가장 많은 차를 주차할 수 있는지를 탐구하였다. 연구 결과, 가장 큰 크기를 가진 현대 그랜저 모델(1.9m*5m)을 기준으로 설계한 주차장 설계도를 최종 주차장 설계도로 제안한다.

목 차

I. 서론	03
1. 연구 동기	03
2. 연구 목적	03
II. 이론적 배경	03
1. Designing the optimal placement of spaces in a parking lot	03
2. Capacity impacts and optimal geometry of automated cars' surface parking facilities	03
3. 역삼각함수	04
III. 연구 방법	04
1. 연구내용 및 방법	04
IV. 결과 및 고찰	10
1. 연구 결과	10
2. 결과 해석	11
V. 결론 및 제언	11
1. 결론 및 제언	11
VI. 참고 문헌	11

I. 서론

1. 연구 동기

은평 한옥마을의 관광사업이 활성화되면서 한옥마을을 찾는 사람들이 늘고 있다. 유동 인구의 증가로 인해 차량의 유입 또한 증가했고, 최근 이에 따른 주차 문제가 대두되고 있다. 본래 은평 한옥마을은 거주기이기 때문에 외부 관광객들은 따로 만들어진 공용 주차장을 사용해야 한다. 그러나 공용 주차장의 수도 많지 않을뿐더러, 몇 안 되는 공용 주차장도 수용할 수 있는 차의 대수가 한정적이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 주차장의 한정된 주차 공간을 최대한으로 활용해야 한다. 주차장 크기가 정해져 있을 때, 주차장의 요소 중 공간 활용에 가장 큰 영향을 미치는 것은 주차 박스의 형태라고 할 수 있다. 주차장 공간을 최대한 활용할 수 있는 주차 박스의 배열을 고안하는 것이 본 연구가 시사하는 바이다.

2. 연구 목적

본 연구는 기하적 요소를 이용해 기존 주차장보다 주차에 적합한 각도를 지닌 주차 박스를 고안해 효율적인 공간 활용이 가능한 주차장 모델을 제안하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. Bingle, R., Meindertsma, D., Oostendorp, W., & Klaasen, G. (1987).

Designing the optimal placement of spaces in a parking lot.

Mathematical Modelling

이 논문에서는 자동차 주차장을 위한 주차 공간 및 접근 통로의 최적의 크기와 배치를 결정하는 방법에 관해서 탐구한다. 주차 공간의 길이와 폭에 대한 상한과 이상값 및 해당 공간 진입을 탐색하는 데 필요한 회전 반경에 대한 분석을 한 다음, 이 분석값들을 이용하여 특정 공간에 필요한 주차장 면적을 최소화하는 대각선 주차의 최적 정도를 자동차의 회전 반경과 주차 공간의 폭의 함수로 표현한다. 또한, 직각 주차는 대각 주차 방식을 사용하여 낭비되는 면적을 최소화하기 위해서 수용될 수 있는 것보다 더 많은 면적의 공간이 필요하다는 결론을 내린다. 두 가지를 사용하여 뉴잉글랜드 마을의 두 거리의 교차로 모퉁이에 있는 주차장을 예시로 가장 효율적인 주차를 할 수 있는 주차 박스의 각도를 도출한다.

2. Kong, Y., Le Vine, S., & Liu, X. (2018). Capacity impacts and optimal geometry of automated cars' surface parking facilities. *Journal of*

Advanced Transportation

이 논문에서는 혼합 정수 비선형 모델을 이용하여 주차 박스의 최소 필요면적, 회전 반경, 주차 박스의 가로와 세로 길이를 사용하여 이 네 개의 데이터 값과 주차 박스의 기울

어진 각도 간의 함수를 도출한다. 이 함수를 사용하면 네 개의 데이터 값을 알 때 주차 박스의 기울어진 각도를 측정할 수가 있다.

3. 역삼각함수

삼각함수 $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$, $\sec x$, $\operatorname{cosec} x$, $\cot x$ 의 역함수를 각각 $\sin^{-1} x$, $\cos^{-1} x$, \dots , $\cot^{-1} x$ 또는 $\arcsin x$, $\arccos x$, \dots , $\operatorname{arccot} x$ 으로 나타내고, 역사인, 역코사인, \dots , 역코탄젠트 함수라고 한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구내용 및 방법

본 팀의 경우 은평 한옥마을에서 주차 공간이 부족하다고 판단하여 은평 한옥마을 내부에 새로운 주차 공간을 마련한다고 가정하여 탐구를 진행하게 되었다. 은평 한옥마을에서 한옥 부지를 제외한 후 남은 부지에 새로운 주차장을 설립한다고 가정하였고, 이때 본 팀이 주차장을 제작하기로 가정한 은평 한옥마을의 남은 부지는 약 870m^2 이다. 이곳에 L: 4600 mm, W: 1800 mm 크기인 준중형 세단인 현대 아반떼, 그랜저, 소나타 차종을 기준으로 특수각에 기반하여 주차장을 제작한다고 가정하였고, 이때 특수각을 기준으로 주차장의 각도를 다르게 변화시킬 경우 어떠한 각도에서 가장 많은 차를 주차할 수 있는지를 탐구하였다.

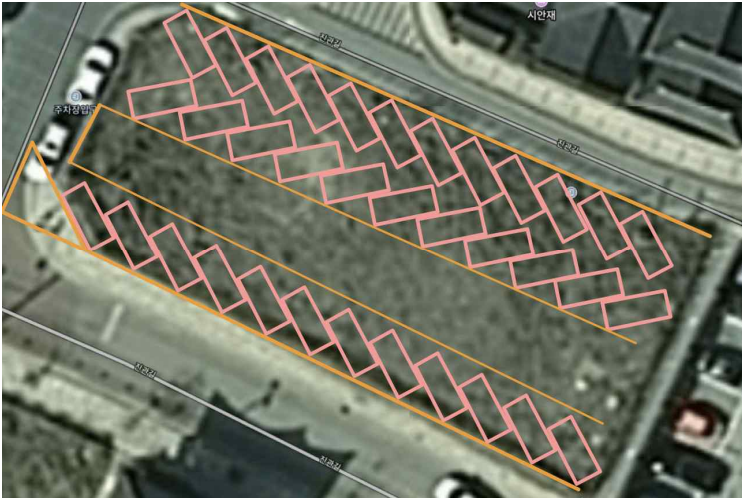
본 팀의 경우 네이버 위성 지도를 이용하였고, 주차장 진입로를 확보하기 위하여 주차장 입구와 주차장 내부 통로는 차가 움직일 수 있는 거리를 고려하여 4m로 설정하였다.

모든 차량이 은평 한옥마을 주차장에 30° 각도로 주차한다고 가정하였을 때 본 팀이 선택한 부지에서는 약 35대의 차량을 주차 시킬 수 있다.

이와 같은 방법으로 모든 차량이 주차장에 45° 각도로 주차한다고 가정할 경우 약 44대의 차량이 주차할 수 있다는 결론이 도출되었다.

마찬가지로 모든 차량이 주차장에 60° 각도로 주차한다고 가정할 경우 약 48대의 차량이 주차할 수 있다는 결론이 도출되었다.

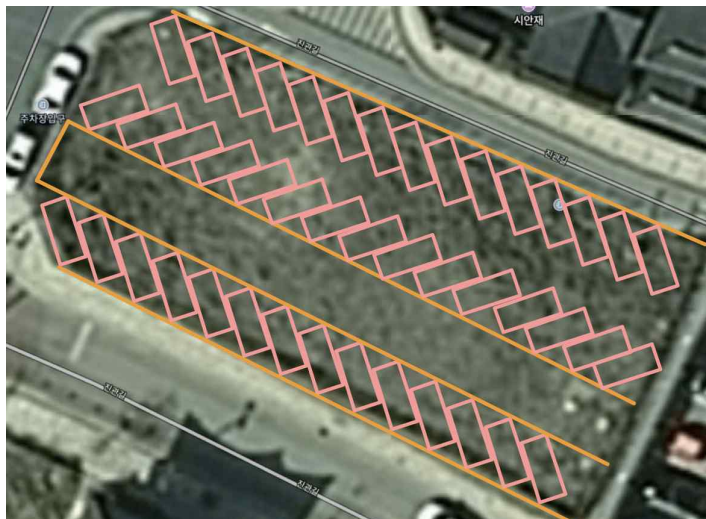
결론적으로 60° 각도로 주차를 하였을 때 아반떼를 기준으로 가장 많은 차를 주차할 수 있다.



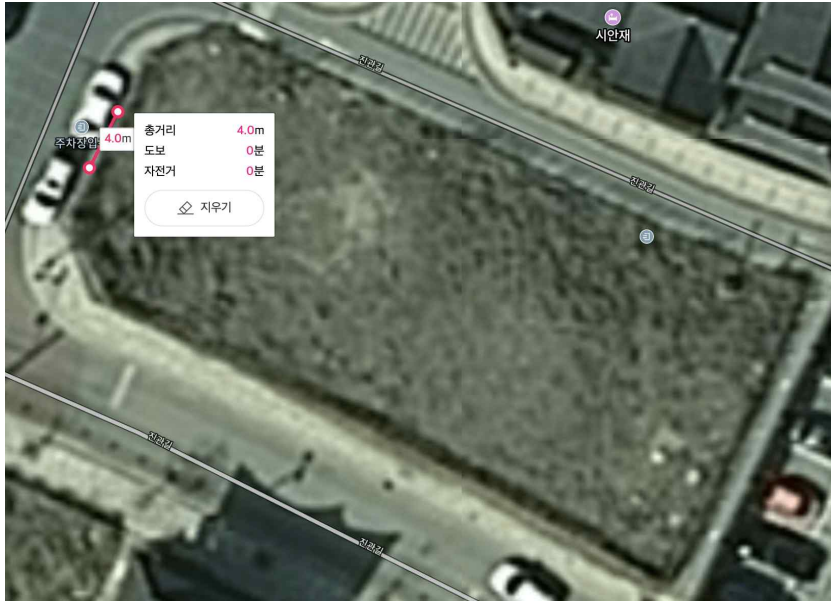
<그림 1>
주차 구역을 진행
방향의 30° 각도로
기울여 그렸을 때.



<그림 2>
주차 구역을 진행
방향의 60° 각도로
기울여 그렸을 때.

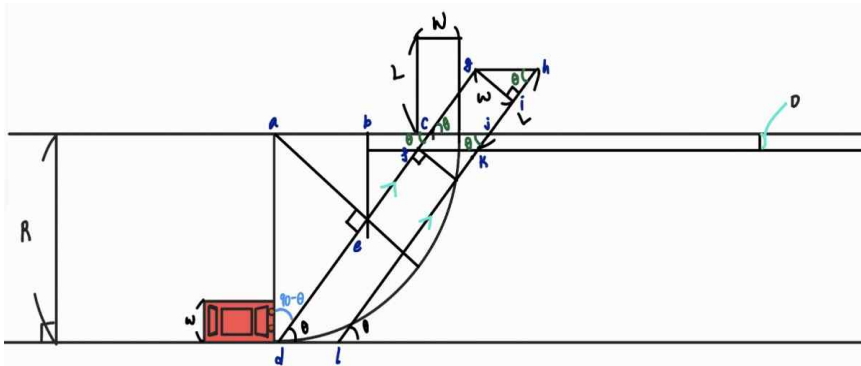


<그림 3>
주차 구역을 진행
방향의 45° 각도로
기울여 그렸을 때.



<그림 4>
위성사진에서 측정한 주차장 진입로의 길이.

L은 주차칸 세로 길이로, 본 연구진은 정해진 공간에 최대한 많은 수의 주차 칸을 만들고자 하였으므로 차의 길이와 일치하게 설정을 하였다. W는 주차 칸의 가로 길이로, 마찬가지로 최대한의 주차 칸수를 확보하기 위해 이 또한 차의 너비로 설정하였으며, R은 도로 폭의 너비로 설정하였다.



<그림5> 주차 구역을 진행 방향의 90° 각도로 기울인 주차장에 차가 주차하기 위한 최소 공간을 구하는 과정에 대한 그림.

주차장의 폭 R을 차체가 90°로 완전한 회전을 이루어 내는 데 필요로 하는 공간 길이 이상으로 설정한다. 그림에서와같이 차가 a를 중심으로, R을 반지름으로 하는 사분원을 그리며 차가 주차장으로 들어간다고 하자. 이때, 주차장이 주차 구역을 진행 방향의 90°로 기울여놓은 곳이라면, 주차 공간은 가로가 W, 세로가 L인 직사각형 모양으로 형성된다. 위의 그림처럼 주차가 가능한 경우를 가정하고, a를 중심, R을 반지름으로 하는 사분원에 접하는 기울기 θ 를 가진 직선을 그었을 때 θ 의 범위가 $(0, \frac{\pi}{2})$ 이면 위의 그림과 같이 주차할 수 있다.

$\triangle ade$ 에서 R을 빗변, 선분 ae를 높이로 보면 $\angle ade = 90-\theta$ 이므로

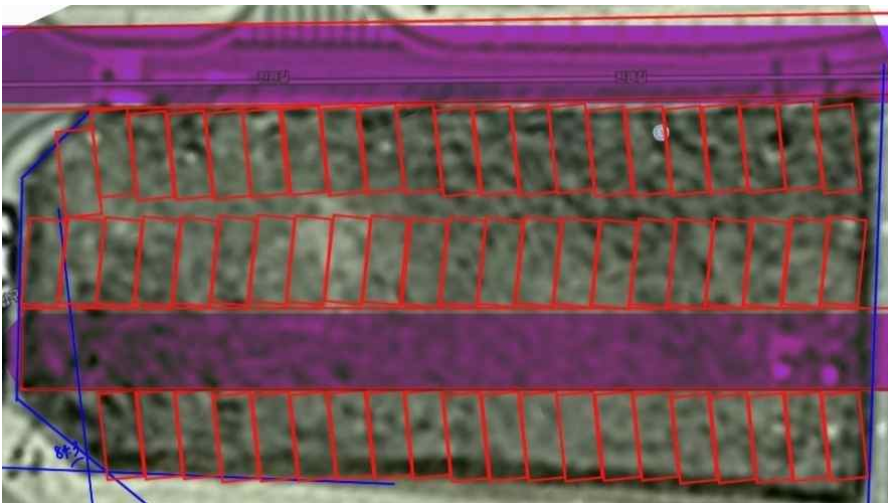
$$D = (R - w)\sin(90 - \theta) \\ = (R - w)\cos(\theta)$$

이라고 구할 수 있다.

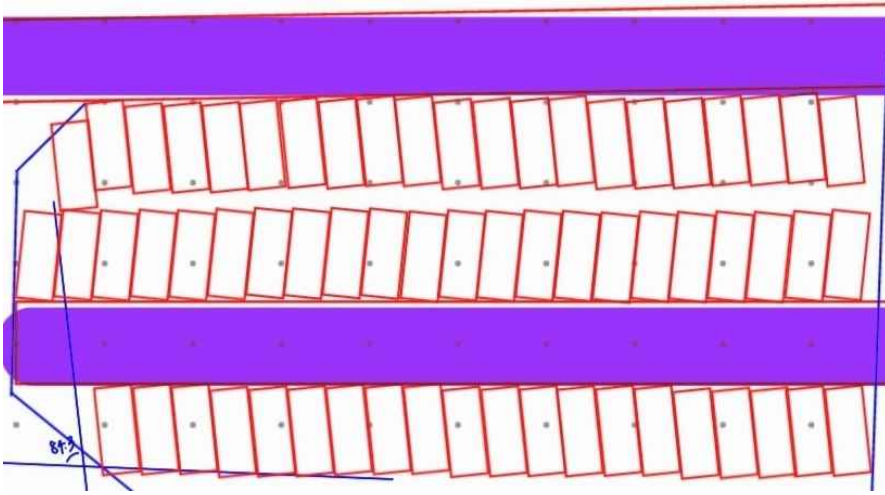
진행 방향과 θ 의 각도를 가진 주차 칸에 주차할 때, 주차에 필요한 최소한의 공간의 면적을 $A(\theta)$ 라고 설정하면, 주차에 필요한 면적은 평행사변형으로 형성되며 이는 (밑변)*(높이)로 구할 수 있다. 위의 문자로 식을 나타내면 $A(\theta) = \overline{lhXg\bar{i}}$ 라고 할 수 있다. 엇각과 동위각, 맞꼭지각에 의해 $\angle gdl$, $\angle bcf$, $\angle gcj$ 그리고 $\angle cjk$ 의 크기가 같아 선분 lj는 $\frac{R}{\sin\theta}$ 로, 선분 ik는 L로, 선분 jk는 $\frac{D}{\sin\theta}$ 로, 선분 hi는 $\frac{w}{\tan\theta}$ 로 설정할 수 있다. 따라서 $A(\theta) = w \left[\frac{R}{\sin(\theta)} + L - \frac{D}{\sin(\theta)} + \frac{w}{\tan(\theta)} \right]$ 와 같은 식이 도출되고, 이 식에 앞서 구한 $D = (R - w)\cos\theta$ 를 대입해주면 $A(\theta) = w [L + R\cos\theta + (1w - R)\cot\theta]$ 이다.

$A(\theta)$ 의 최솟값을 구하기 위해 $A(\theta)$ 의 도함수를 구하면 $A'(\theta) = w \left\{ R - \frac{\cos\theta}{\sin^2\theta} + (2W - R) \left[-\frac{1}{\sin^2\theta} \right] \right\}$ 이고, 도함수의 함숫값이 0이 되는 θ 에서 $A(\theta)$ 의 값이 최소가 되므로 $A'(\theta) = 0$ 을 정리하면 $\theta = \arccos\left(\frac{R - 2w}{R}\right)$ 이다.

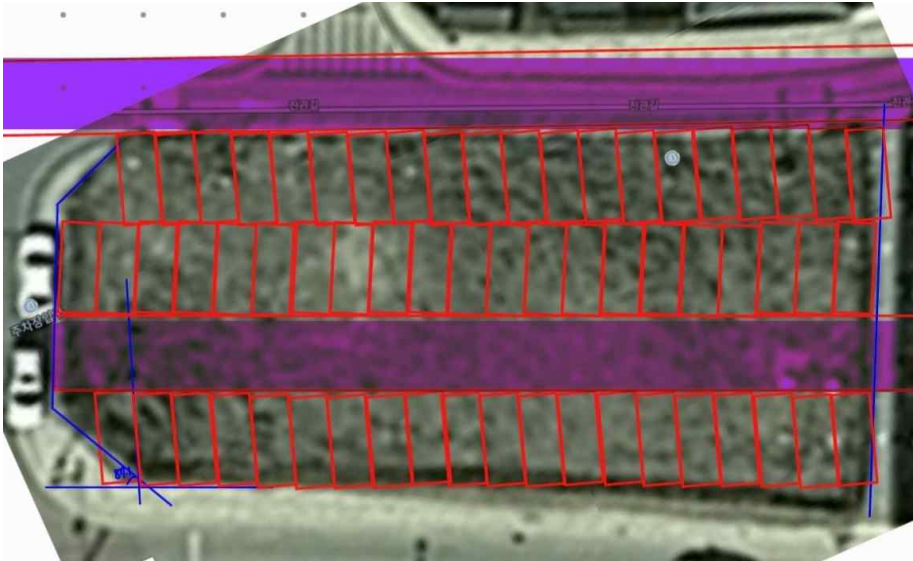
본 연구진이 설계한 구조의 주차장의 차가 진입하는 두 통로의 두께는 모두 4m이므로 $R=4$ 이고, 본 연구진이 선정한 3대의 차종의 넓이는 각각 아반떼 스마트스트림 가솔린 1.6이 1.8m, 소나타(DN8)가 1.9m, 현대 그랜저가 1.9m이므로 W의 값은 각각 1.8, 1.9, 1.9이다. 위에서 도출한 공식 $\theta = \arccos\left(\frac{R - 2w}{R}\right)$ 에 값을 각각 대입하면 아반떼 스마트스트림 가솔린 1.6이 주차하면서 최소한의 공간을 차지하게 되는 각도는 84.3° , 소나타(DN8)는 87.1° , 그리고 현대 그랜저는 87.1° 이다.



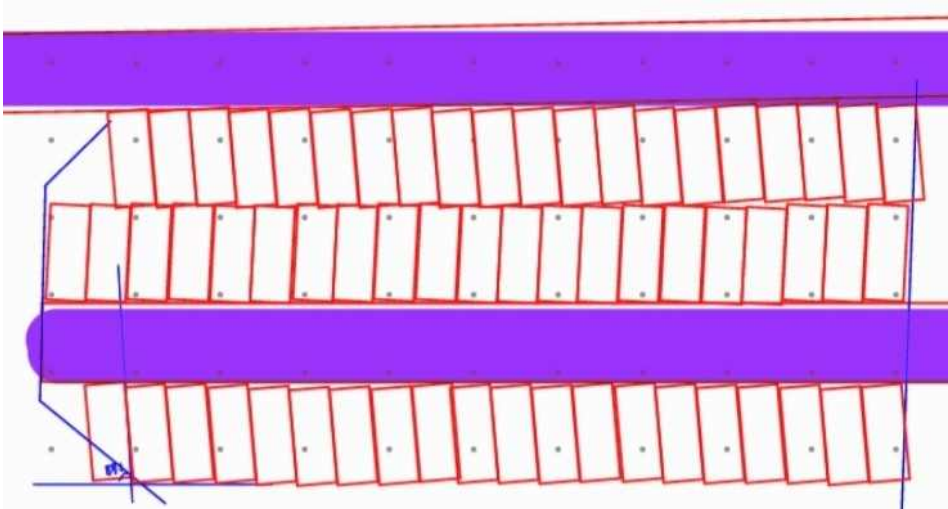
<그림6> 아반떼 스마트스트림 가솔린 1.6L 모델 기반 주차라인 설계(위성 사진)



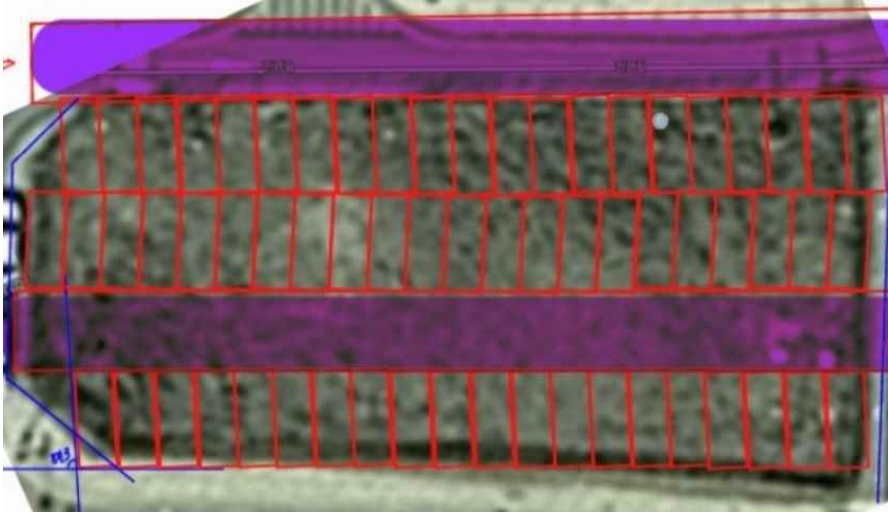
<그림7> 아반떼 스마트스트림 가솔린 1.6L 모델 기반 주차라인 설계



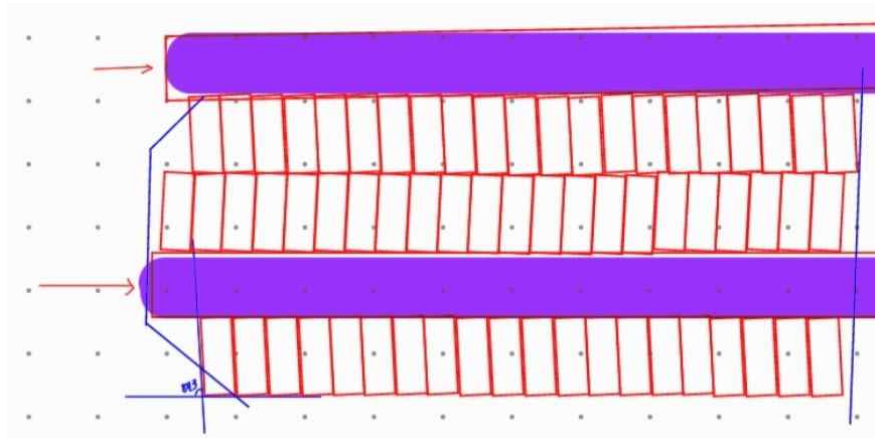
<그림8> 현대 그랜저 모델 기반 주차라인 설계(위성 사진)



<그림9> 현대 그랜저 모델 기반 주차라인 설계



<그림10> 쏘나타 (DN8) 모델 기반 주차라인 설계 (위성 사진)



<그림11> 쏘나타 (DN8) 모델 기반 주차라인 설계 (위성 사진)

IV. 결과 및 고찰

1. 실험 결과

세 종류의 차를 수용할 수 있는 주차장을 만드는 것으로 가정하였기 때문에, 가장 큰 크기를 가진 현대 그랜저 모델(1.9m*5m)을 기준으로 설계한 <그림4> 를 최종 주차장 설계도로 제안한다.

2. 결과 해석

<그림1~6>은 여러 모델의 차별 최적의 θ 값을 구한 것을 바탕으로, 한옥마을 주차장에 주차라인을 새로 설계한 것이다. 주차라인은 위와 같이 4m 폭의 통로가 주차장의 위쪽에 하나, 가운데에 하나 있는 것으로 설계하였다. 먼저, 아반떼 스마트스트림 가솔린 1.6L 모델의 경우에는 최적의 θ 값이 84.3° 였기 때문에 주차라인의 각도를 84.3° 로 설정하고, 차의 크기인 1.8m*4.6m 크기로 주차라인을 설계하여 총 63칸의 주차 공간을 얻을 수 있었다. 두 번째로, 현대 그랜저 모델의 경우에는 최적의 θ 값이 87.1° 였기 때문에 주차라인

의 각도를 87.1°로 설정하고, 차의 크기인 1.9m*5m 크기로 주차라인을 설계하여 총 61칸의 주차 공간을 얻을 수 있었다. 세 번째로, 쏘나타(DN8) 모델의 경우에는 최적의 θ 값이 87.1°였기 때문에 주차라인의 각도를 87.1°로 설정하고, 차의 크기인 1.9m*4.9m 크기로 주차라인을 설계하여 총 63칸의 주차 공간을 얻을 수 있었다. 이 세 종류의 차를 수용할 수 있는 주차장을 만드는 것으로 가정하였기 때문에, 가장 큰 크기를 가진 현대 그랜저 모델(1.9m*5m)을 기준으로 설계한 <그림4> 를 최종 주차장 설계도로 제안한다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 은평 한옥마을의 주차 공간 부족 문제를 해결하기 위해 기하학적 분석을 통해 가장 효율적인 주차 공간을 구상하였다. 한옥 부지를 제외한 약 820m²인 부지에 새로운 주차장을 설립할 것을 가정하고 현대 아반떼 차종, 현대 그랜저 차종, 현대 소나타(DN8) 차종을 기준으로 주차장을 구상하였다. 추가로 부지에 4m 정도를 통로로 설정하여 주차장 진입로를 확보하였다. 연구결과 주차라인이 현대 아반떼는 84.3°, 현대 그랜저는 87.1°, 현대 소나타(DN8)는 87.1° 일 때 각 차량에 필요한 주차 공간이 최소화되면서, 같은 공간에서 가장 많은 차량을 수용할 수 있다. 위 각도와 각 차종의 크기를 고려하여 주차라인을 적용하여 주차장을 구상한다면 현대 아반떼(1.8m*4.6m)의 경우 63칸, 현대 그랜저(1.9m*5m)의 경우 61칸, 현대 소나타(DN8)(1.9m*4.9m)의 경우 63칸의 주차 공간을 확보할 수 있었다. 본 연구팀은 크기가 가장 큰 차종인 현대 그랜저를 기준으로 삼아 87.1°인 주차라인이 61칸인 주차장을 최종 주차장 설계도로 제안한다. 관광객의 유입이 증가하면 은평 한옥마을뿐 아니라 한옥마을 부근의 상권이 현재보다 활성화될 것이므로 본 연구에서는 관광객의 유입을 증가시킬 수 있도록 접근성을 높여주는 효율적인 주차장을 구상하였다. 본 연구에서 구상한 주차장은 관광객을 유입하여 은평 한옥마을 및 그 부근의 상권을 활성화하고, 교통 방면에서 편리성을 제공할 것으로 기대한다.

VI. 참고 문헌

1. Bingle, R., Meindertsma, D., Oostendorp, W., & Klaasen, G. (1987). Designing the optimal placement of spaces in a parking lot. *Mathematical Modelling*, 9(10), 765-776.
2. Kong, Y., Le Vine, S., & Liu, X. (2018). Capacity impacts and optimal geometry of automated cars' surface parking facilities. *Journal of Advanced Transportation*.