

선형 설계를 위한 도로 투시도 작성과 해석에 관한 연구

A Study on Drawing and Analysis of the Highway Projection Drawing for Design of Highway Alignment

松井啓之輔* · 박운용** · 이종출***

Keinosuke Matsui · Park, Un-Yong · Lee, Jong-Chool

요 旨

도로를 설계하는데 있어서 가장 중요한 것은 자동차의 주행을 안전하고 쾌적하게 할 수 있도록 지형에 조화되는 선형을 설계하는 일이다. 도로의 선형 설계는 노선 계획으로 최종 단계에 도로 환경과 조화를 이룰 수 있도록 평면 선형과 종단 선형을 조합함으로써 완성된다. 도로 선형 설계에 있어서 연속적인 투시도(perspective)를 사용하면 자동차의 물리적인 조건들을 충족시킬 수 있는데, 그것은 운전자를 심리적으로, 그리고, 생리적으로 안정시키는데 유용하다. 이를 위해 본 논문에서는 컴퓨터를 이용한 도로 투시도의 작성 및 해석 방법을 연구함으로써 실제로 도로 선형설계시 이용 가능한 프로그램을 개발하였다.

ABSTRACT

The most important factor in highway design is to match highway alignment with topography so that the driver can drive the vehicle safely and comfortably. Highway alignment design is completed with combination of horizontal alignment and vertical alignment that is harmony with topography at the last step. In highway alignment design, the use of continuous perspective can meet vehicle's physical requirements, which is useful to keep driver's psychological and physiological balance. The main purpose of this study is to develop a computer program which is applicable to highway alignment design through study of how to make and analyze perspective by means of computer.

1. 서 론

도로를 설계하는데 있어서 가장 중요한 것은 자동차의 주행을 안전하고 쾌적하게 할 수 있도록 지형에 조화되는 선형을 설계하는 일이다. 도로의 선형 설계는 노선 계획으로 시작해서 평면 선형 설계, 종단 선형 설계로 이어지고, 마지막 단계에서 도로 환경과 조화를 이룬 평면 선형과 종단 선형의 조합(입체 선형)으로 마무리된다. 평면 선형과 종단 선형의 조합은 실제로 도로를 주행하는 운전자의 시각에서 고찰하지 않으면 안되므로 투시도를 이용하면 선형 조합에서 간혹 있을 수 있는 불합리한 선형 조합을 사전에 파악 할 수 있다. 도로의 선형 설계에

있어서 이제까지는 자동차의 물리적 요구를 만족하는 안전성의 측면에서 검토되었지만, 이와 동시에 주행하는 운전자의 심리적, 생리적인 요소를 좌우하는 시각적인 측면에서 검토하는 것도 매우 중요한 일이다.

시각적인 문제는 도로의 선형 설계에 있어서 가장 뒤 떨어진 분야이며, 최근 외국에서는 도로 환경과 운전자의 심리적, 생리적 관계에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 P.C를 이용한 도로 투시도의 작성과 해석 방법에 관하여 연구하여 도로의 이상적인 선형 설계에 기여하고자한다.

2. 투시도의 작화이론

2.1 투시도의 구성

그림 1과 같이 시점(Eye point)을 좌표원점에 취하고,

* 대판공업대학교 토목공학과 교수

** 동아대학교 토목공학과 교수

*** 부경대학교 토목공학과 부교수

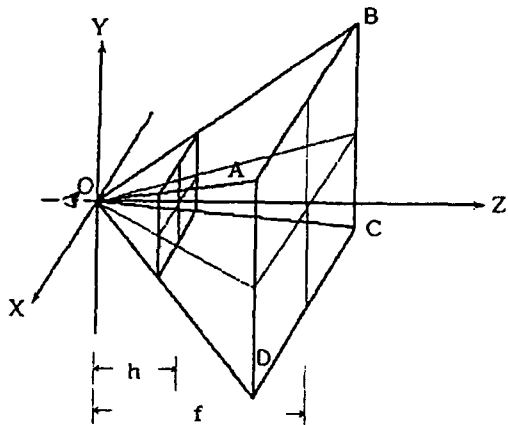


그림 1. Eye Point Pyramid

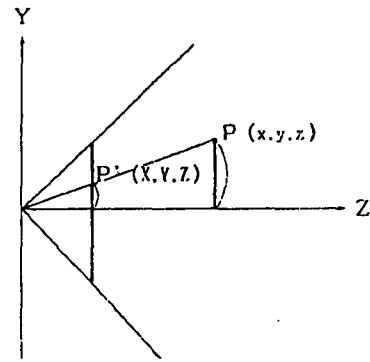


그림 4. Projective Transformation of Y-Coordinates

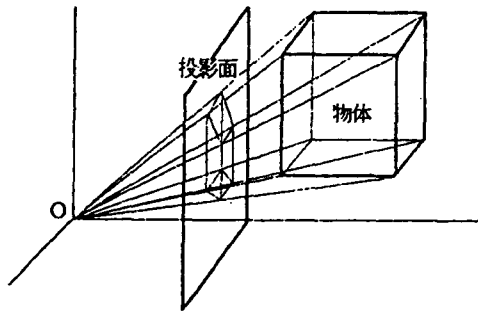


그림 2. Drawing Method of Projection Drawing

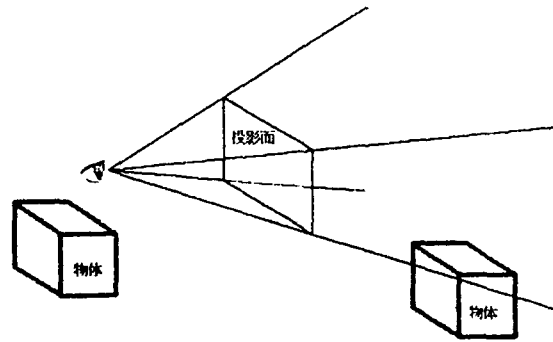


그림 5. Position of Substance for Graphics

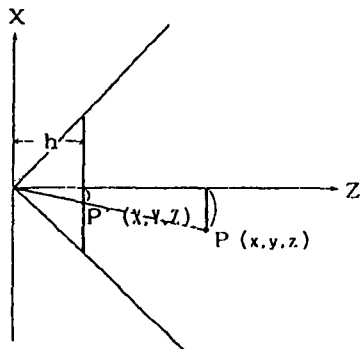


그림 3. Projective Transformation of X-Coordinates

Z축을 정(正)의 방향으로 보고 있다고 한다. 이때, 실제 공간으로 인식할수 있는 범위는, 원점O와 정방형 A,B, C,D의 정점을 연결하는 방향과 같으며, OA, OB, OC, OD 시선 방향의 공간 범위를 시점 Pyramid로 칭하고, Pyramid의 정각(頂角)을 시각(視角)이라한다.

그리고, 투영한 도형의 좌표치를 구하는 계산방법을 생각하면, 시점 좌표계와 투영면을 생각하고, 좌표계내

의 3차원 입체는 시점(원점)과 입체를 결합하는 선분(시선)이 투영면과의 교점이된다.

실제의 계산식은 투영면과 시점(원점)과의 거리를 h, 점 P의 좌표를(X,Y,Z)라고 하면, 투영면에 대한 좌표 X,Y는 다음과 같이 표현된다.

$$X = h \times \frac{X}{Z} \quad (2-1)$$

$$Y = h \times \frac{Y}{Z} \quad (2-2)$$

그리고, 축적은 $K = h/f$ 가 된다.

Program 내용에는, 표시의 보정을 고려해서 다음식을 이용한다.

$$X = h \times \frac{X}{Z} \times \frac{2k}{Bx} \quad (2-3)$$

$$Y = h \times \frac{Y}{Z} \times \frac{2k}{Bx} \quad (2-4)$$

2k : Screen의 횡 Dot수

Bx : Screen의 눈금의 수

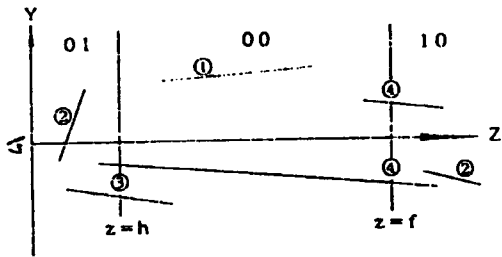


그림 6. Graphic Order by 2Bit Code

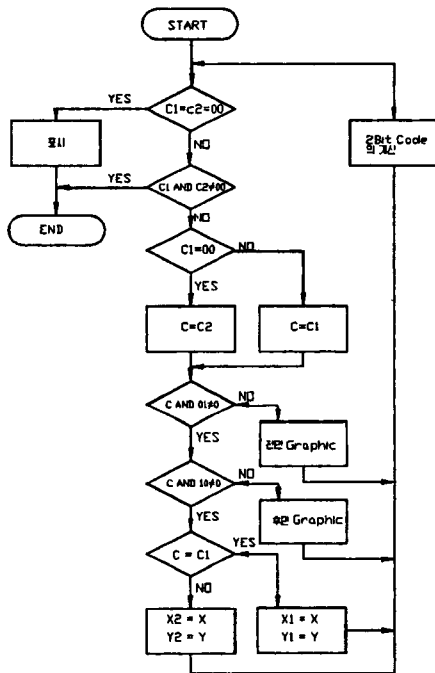


그림 7. Flow Chart of Before and Behind Graphics

2.2 3차원 Graphic 처리

3차원 Graphic은 3차원공간에 시야 Pyramid를 정하고, 거기서부터 나오는 부분을 처리하는 방법이다. Graphic 하는 영역은 시야의 외, 결국 사각추대의 외측이 된다.

그를 위해 Graphic은 시야의 전후 Graphic과 시야의 상하좌우 Graphic의 2단계로 향할 필요가 있다.

2.2.1 2Bit Code에 의한 전후 Graphic

시계와 직선의 관계는 그림 6에 표시되어 있다. Graphic 필요성의 판단을 2Bit Code로써 생각해 볼 때, 아래와 같이 2Bit Code를 결정한다.

① 제 1 Bit : $z < h$ 일 때 「1」

② 제 2 Bit : $z > f$ 일 때 「1」

능선 P_1, P_2 를 주었을 때, 각각 점의 2Bit Code를 $C_1,$

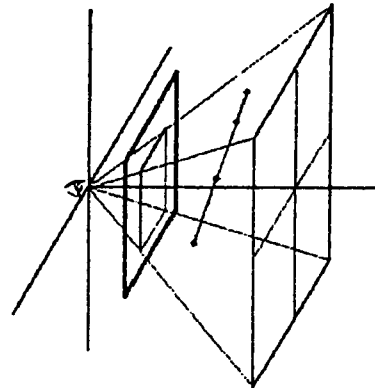


그림 8. Necessary Example of Graphics

	$-S_a * Z$	$S_a * Z$	
$S_a * y$	1001	1000	1010
		表示領域	
	0001	0000	0010
$-S_a * y$	0101	0100	0110

그림 9. 4Bit Code Graphics

C_2 로써 다음의 순서에서 Graphic을 행한다.

① $C_1 = C_2 = 0$: 그 상태대로 투영

② $C_1 = C_2 (\neq 0)$: 시계의

③ $C_1(C_2)=1,3$: 전방의 면과 교점을 구한다.

④ $C_1(C_2)=1$: 후방의 면과 교점을 구한다.

⑤ 교점을 능선의 새로운 P_1, P_2 로써, 2Bit Code를 구하며 ①에 돌아간다.

Flow Chart는 그림 7과 같이 표시된다.

2.2.2 4Bit Code에 의한 전후 Graphic

Graphic 필요성의 판단을 4Bit Code로써 생각하므로써, 아래와 같은 4Bit Code를 정한다.

① 제 1 Bit : $x < -s_a \times z$ 일 때 「1」

② 제 2 Bit : $x > s_a \times z$ 일 때 「1」

③ 제 3 Bit : $y < -s_a \times z$ 일 때 「1」

④ 제 4 Bit : $y > s_a \times z$ 일 때 「1」

$$S_a = \tan \frac{\theta}{2} \quad (\theta \text{는 시각})$$

Flow Chart는 그림 10과 같이 표시된다.

이상을 조합시켜, 투시도를 그리는 Program을 작성한다.

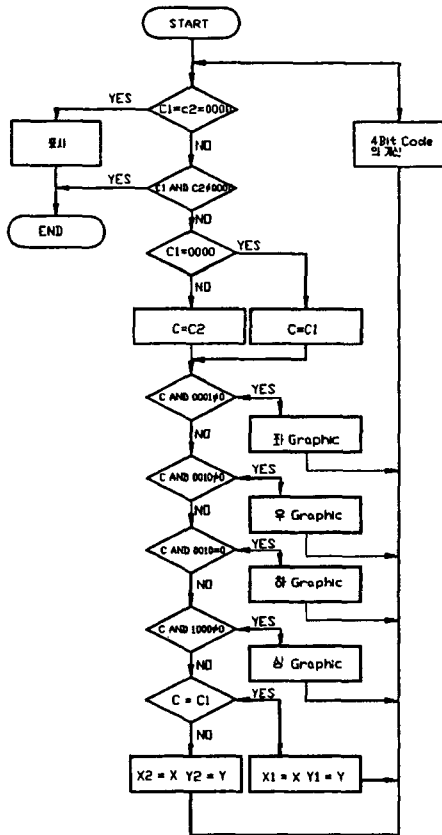


그림 10. Flow Chart of up · down Graphics and Right · Left Graphics

이것으로부터 Format을 통일한다면, 노선투시도 뿐만아닌 모든 3차원물체를 표시 가능하다. 이 Program 중에 사용되어있는 좌표계는 아래와 같이 표시된다.

2.3 Tablet에 의한 도면의 입력

Tablet를 사용하면 신속하고 정확한 Data가 입력된다. 그러나 Tablet를 사용해도 원도를 여러매 이어 붙일 때와 읽을 때 등에 많은 인위적 오차를 발생시킨다. 특히 오차는 사람이 입력하는 일에서 주의하므로써 최소한으로 줄일 수밖에 없으나, 원도를 여러매 이어 붙일 때의 기울어진 오차는 수정을 하는 일보다 제거하는 것이 가능하다. 더욱더, 큰 도면을 분할하고 집어 넣을 때에 오차를 제거하는 일을 할 수 있다.

또, 그 알고리즘을 이용하면, 시선방향을 독립할 필요가 있는 경우, 높이와 거리의 축척이 다른 종단에서도 독립축척을 채용하는 일로써 입력이 가능하게 된다.

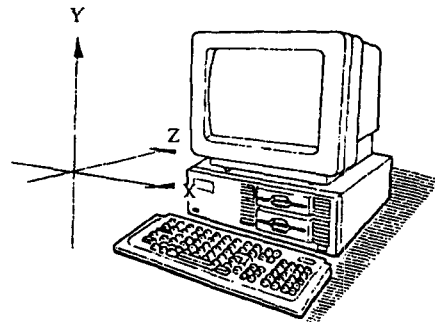


그림 11. Coordinate Definition of X, Y, Z

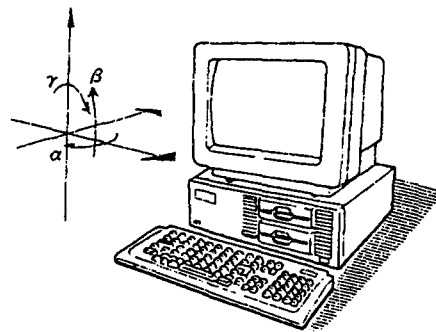


그림 12. Angle Definition of α , β , γ

2.3.1 원도를 여러매 이어붙일 때 기울어진 오차의 수정

장방형의 도면을 Tablet에 고정할 때에는 도면하단의 기울어짐과 좌단의 기울어짐을 독립하여 오차를 최소화해야한다. 그 보정식을 표시하면 아래와 같다.

$$X=(x-x_0) \times \cos \theta-(y-y_0) \times \sin \theta \quad (2-6)$$

$$Y=(x-x_0) \times \sin \theta+(y-y_0) \times \cos \theta \quad (2-7)$$

θ : 도면의 경사각도

(x_0, y_0) : 기준점 좌표

2.3.2 Data Format

3차원의 Data를 입력하는 방법으로서는 3면도에서 X,Y,Z를 독립하는 방법과 기준점에 대한 Vector를 독립하는 방법등이 있다. 이 Program에서는 Tablet로 얻어서 정점(頂点)의 값을 그 상태로 사용, X,Y,Z에 의한 Data Format를 사용한다. 이것에 같은 정점들을 연결하는 결선Data와 시점 · 시선 Data를 합하게 해서 투시도 표시 Program에 읽어 넣어서 Tablet에서 입력한 Data의 투시도에 대한 표시를 할 수 있다.

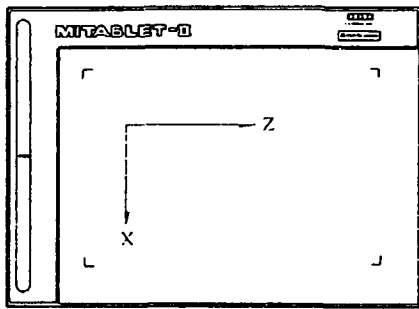


그림 13. Coordinates of Plan

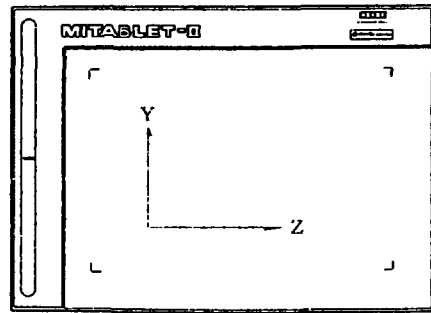


그림 14. Coordinates of Profile

여러 가지의 Data Format를 나타내면 아래와 같다.

① 물체의 정점 Data Format

176	정점의 총수
25, 10, 127	정점1의 X,Y,Z Data
..., ..., ...	정점2의 X,Y,Z Data

86, 33, 46	정점176의 X,Y,Z Data
------------	-------------------

② 시점 · 시선 Data Format

105	시점의 총수
14,13,62,17,-10,5	시점1의 X,Y,Z, α , β , γ
..., ..., ..., ..., ...	시점2의 X,Y,Z, α , β , γ

25,-4,37,174,13,0	시점105의 X,Y,Z, α , β , γ
-------------------	---

여기에서, α : 시선의 수평회전각도
 β : 시선의 수직회전각도
 γ : 시선의 Back 각도 이다.

③ 결선 Data Format

152	결선의 총수
1,2	결선1의 정점의 시점 · 종점
2,3	결선2의 정점의 시점 · 종점

62,153	결선152의 정점의 시점 · 종점
--------	--------------------

Tablet의 투시도 Program에 대응하는 좌표계는 그림 13 및 그림 14 과 같다.

2.4 사용 Program

본 연구에 사용된 Program은 결선 Data작성 Program, 투시도 변환에 의한 물체표시 Program, 투시도의 연속 표시 Program으로 구성되어 있다.

3. 실 험

3.1 실험에 사용된 기기

① Personal Computer System의 개요

P.C 본체 "P.C -98× L& PC-9801F2(NEC)
 Colour monitor : N 5924 & PC 8853N(NEC)
 Hard disk : PC-98H51N(NEC)
 Printer : PC-PR201V(NEC)
 Digitizer : KD4030A(GRAPHTEC)

② 사용언어 : BASIC(N88DOS-BASIC & COMPILER)

3.2 실험 Data

본 연구에 사용한 실험Data는 평면곡선이 R=60~107 m 까지 설치되어 있고, 종단곡선도 있는 도로를 선정하였으며, 평면도는 그림 15와 같고, 종단도는 그림 16과 같다.

3.3 실험결과

본 연구에서 개발된 Program으로, 그림 15에 나타난 평면도와 그림 16에 나타난 종단도로부터 출력된 투시도의 대표적 모양은 그림 17~그림 20과 같다.

4. 결 론

도로설계의 기본이되는 평면선형과 종단선형의 조합 시, 자동차의 물리적 요구를 만족하고, 동시에 운전자

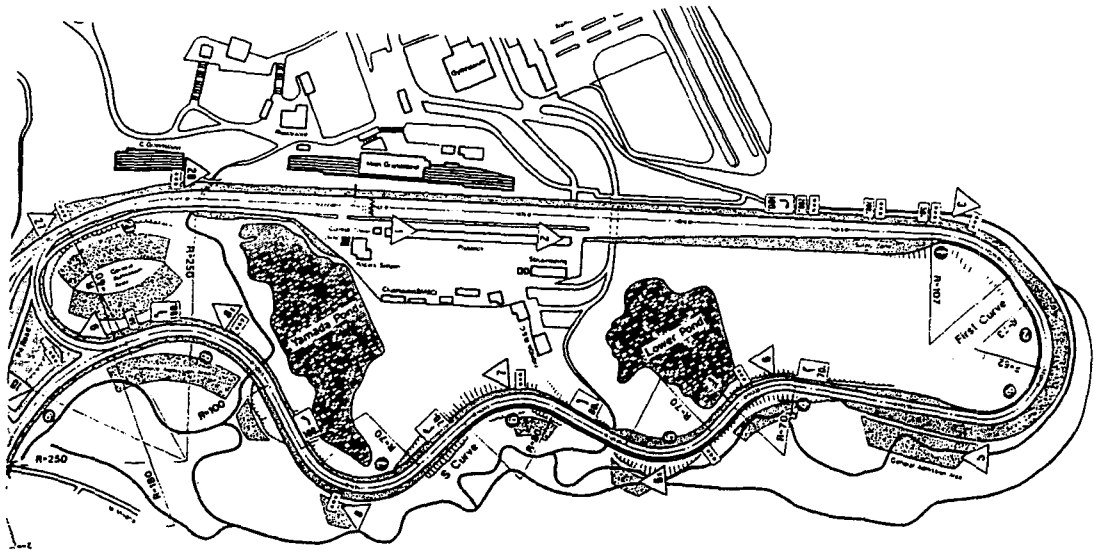


그림 15. Plan of Test Field

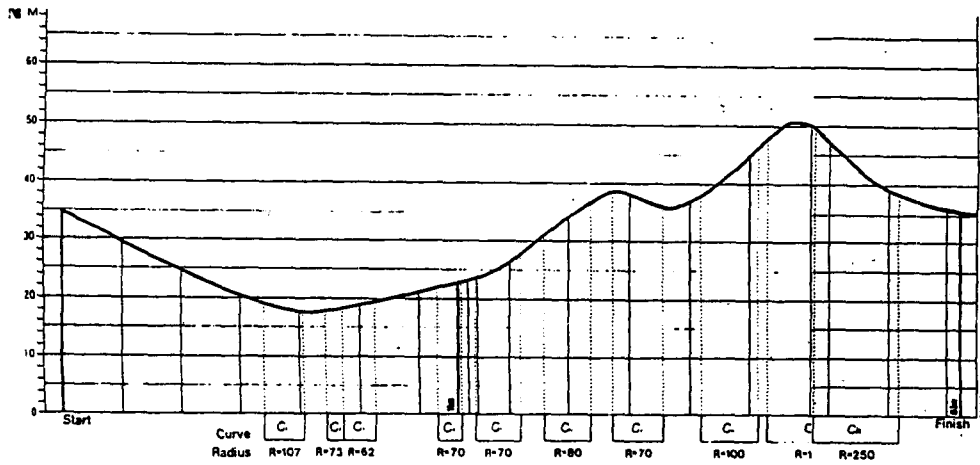


그림 16. Profile of Test Field



그림 17. Start Point



그림 18. Exit Point of First Curve



그림 19. Front Point of S-Curve

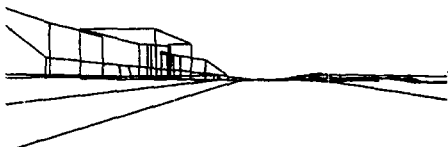


그림 20. Exit Point of Final Curve

의 심리적·생리적 안전감을 가지는 선형이 되도록 설계하기 위해 컴퓨터에 의한 루시도작성에 관하여 연구

한 결과 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

1. 도로의 양호한 선형설계를 위하여 퍼스널컴퓨터에 의한 투시도 작성 Program을 개발하였으며, 이를 도로설계 시 또는 설계된 도로에 있어서 선형의 양부를 판단하는데 적용하면, 현재까지 중·평면도에서 선형을 검토하는 방법에 비해서 안전이 충분히 고려되고, 운전자의 심리적 생리적 요소를 만족하는 선형설계를 할 수 있다.

2. 연속화면을 반복 관찰한 결과,凸형 종단곡선에서 종단곡선이 짧음으로 인한 시거부족현상과 평면곡선에서 곡선반경이 작음으로 인한 시거부족현상이 입체적으로 명확히 나타났다.

3. 투시도 작성시 Curve부분의 간격을 좀더 작게, 시축의 간격을 가깝게하면 보다 부드러운 연속화면이 형성되었다.

4. 색칠한 경우 얼룩색이 나타났고, 각 화면이 통일된 색상이 채색되었으나, 실제 Video를 보니 색상이 다르게 나타난곳도 있었다.

우리나라는 지형여건상 도로선형설계시 현장의 제약 때문에 이상적인 선형을 설계하지 못하는 경우가 많으므로, 이 경우에는 투시도작성에 의한 선형의 양부를 판단하면 안전한 도로설계에 크게 도움이 될것이며, 앞으

로 이 분야에 좀더 많은 연구가 필요하다고 생각한다.

감사의 글

이 논문은 1995년도 동아대학교 학술연구조성비(교비지원 해외파견)에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and streets, AASHTO,1990, pp.295-305
2. 松井啓之補, 測量學 II, 1996, 共立出版社, pp. 99-107,
3. 河島 恒外, 高速道路の計劃と設計, 山海堂, 1984, pp. 164-171
4. 測量専用 Computer JEC-GX2000 取扱説明書(全), (株) JEC著, 1991
5. 武部健一他共著, 高速道路の計劃と設計, 山海堂, 1971
6. (社) 日本道路協會編, 道路構造令の解説과 運用, 1990
7. (社) 日本道路協會編, Clothoid Pocket Book, 1990
8. 日本圖學會編, 圖形科學 Hand Book, 1981
9. 吉川弘之編, Computer Graphic論, 日科技連, 1987
10. 大江修造, Perscom, Graphic 入門, 日刊工業新聞社, 1983