

국도 24호선과 35호선 도로선형에 관한 연구

김성득
토목환경공학부

<요약>

본 논문은 도로의 평면 및 종단선형에 관한 연구를 선형설계 이론과 교통공학적 측면 이론에 대하여 살펴본 후 기존 시공된 국도 24호선과 국도 35호선 일부구간 도로를 비교 분석하였다. 도로 시설기준에 미달된 곳으로 국도 24호선은 평면선형 16개소, 종단선형 6개소이고, 35호선은 평면선형 7개소, 종단선형 4개소로 조사되었으며, 도로시설 기준에 미달된 지점에 대해 교통공학 이론에서 다루는 시거에 대해 조사한 바 마찬가지로 확보되지 못했음을 알 수 있었다. 도로 시설 기준에 미달되고 시거를 확보하지 못한 지점에 대해서는 노선의 주변 사정에 따라 곡률조정, 노면 또는 중앙 분리대 확폭, 미끄럼 방지 포장, 운전자 주의 환기 표지, 오르막 차선 설치등의 조치를 하거나 경우에 따라서는 새로운 노선의 건설이 필요하다.

A Study about Road Profile and Alignment on No. 24 and No. 35 National Road

Sung-Deuk Kim
School of Civil & Environmental Engineering

<Abstract>

In this paper, the research about the plane of road and the vertical section of road were made in aspects to the sector design theory and the traffic engineering-concerned theory. Then some section road of already established No. 24 and No. 35 national road were examined and analyzed. The sites which do not fit to the road facility standard

are examined as 16 plane sections and 6 vertical sections in No. 24 national road and 7 plane sections and 4 vertical sections in No. 35 national road, and above places are also turn out to be improper to the sight distance that traffic engineering theory deals with. The place where is under road facility standard and dose not have proper sight distance should be taken step according to enviromental condition of road such as a curvature fitness, a road shoulder or a median strip width, a slip prevention paving, a driver notice signpost, a climbing lane installation. In particular case new road building is necessary.

1. 서언

도로는 평면적인 요소와 입체적인 형상이 조화를 이루어야만 도로 이용자에게 신속성과 안전성을 충족시키면서 원활한 교통운명을 기할 수 있다. 입체적인 형상은 도로의 기하구조로서 차량이 연속적으로 주행할 수 있도록 조화가 이루어져야 한다. 즉, 평면선형의 조화, 종단구배의 적정성, 연도시설의 조형등은 이용자에게 직접, 간접으로 영향을 미친다. 교통의 이동이란 속도의 연속성을 의미하므로 도로와, 자동차, 그리고 인간, 이 삼자간의 원만한 관계가 이루어 졌을 때 안전성이 보장된다. 도로와 차량은 물리적인 조건으로 한계성이 있으나 자동차를 운전하는 인간에게는 많은 심리적인 변수가 작용하기 때문에 인간의 요구에 따라 이를 모두 만족케 한다는 것은 사실상 불가능하다. 하지만, 이 삼자의 관계를 지금까지의 이론이나 경험 또는 모형실험에 의하여 정립된 교통공학적인 이론체계를 가능한 도로기술에 반영하므로써 원활한 교통운명을 수행할 수 있다. 특히 설계속도는 선형설계를 하는데 있어서 기본이 되는 속도이다. 이 속도에 따라서 구체적인 선형요소 즉, 곡선반경, 곡선부의 확폭, 시거, 종단곡선, 오르막 차선등이 결정된다.

본 논문에서는 도로의 평면 및 종단선형에 관한 연구를 선형설계 이론과 교통공학적 측면 이론에 대해서 살펴본 후 기존 시공된 국도 24호선과 국도 35호선의 일부 구간 도로에 대해 현장도로와 이론치를 비교 고찰하고자 한다.

2. 노선계획과 도로의 선형설계

2.1 노선계획 일반

노선선정은 도로망 계획과 같은 관련 계획을 토대로 한 정책적인 결정단계와 세부평가 과정을 거쳐 해당 노선이 어떤 지점을 어떤 상황으로 통과할 것인가를 결정하는 타당성 조사 및 기본 설계 단계로 구분된다. 노선을 결정하고 그에 대한 평가를 할 때 사회적, 경제적, 기술적 요인의 세가지 측면을 평가하고, 평가 결과에 따라 노선을 선정한다.

새로운 노선을 계획할 때 노선의 위치와 이에 관련되는 여러 가지 설계요소는 조건에

따라 영향을 받으므로 충분히 검토한 후 종합적인 판단을 내려야 한다. 노선 선정에 종사하는 사람은 계획, 설계, 시공, 경제성 등 전반에 걸쳐 경험이 많은 숙련자가 아니면 안된다.

노선 위치에 영향을 주는 것은 지형, 지물, 토질, 토지의 개발 상황 등이다. 도로의 선형, 구배, 시거, 횡단형상, 기타 설계요소는 계획, 급경사, 언덕, 하천 등 지형에 따라 좌우된다. 평탄지에서는 지형의 선형에 지형의 선형에 직접 영향을 주지 않지만 배수계획이나 입체교차계획등에 있어서는 지형이 노선위치에 결정적으로 지배된다.

일반적으로 도로의 선형이란 도로의 평면적, 종단적으로 그리는 형상 또는 양자를 합한 입체적인 선의 형상인데 운전자의 눈에 비치는 입체적 또는 3차원적 공간선형인 것으로 이들을 각각 평면선형, 종단선형, 입체선형이라고 한다. 도로의 선형은 도로의 골격을 형성하는 것이므로 도로의 계획, 설계, 시공의 전반을 지배하는 기본이 된다. 따라서 선형이 확정된 후 실시하는 도로 설계나 토공, 포장, 구조물 등의 시공의 난이 및 공사에 소요되는 비용 등을 충분히 고려해서 종합적인 판단을 바탕으로 하여 선형을 설계한다. 도로를 완성한 후에도 도로 선형을 바꾼다는 것은 거의 불가능하므로 반영구적으로 자동차 주행을 규제한다. 따라서 선형설계의 양부는 그대로 도로의 생명이라고 할 수 있는 자동차 주행의 안전성, 쾌적성 및 경제성 외에 도로의 교통용량에 지배적인 영향을 미치게 된다.

선형 설계시에 있어서 고려해야 할 기본적인 사항으로서 자동차의 주행역학적인 측면에서 안전하고 쾌적하며 또 운전경면 등에서 경제성을 보충할 것, 운전자의 시각과 심리적인 측면에서 보아 양호할 것, 도로 환경 및 주위의 경관과 조화 융합이 취해져 있을 것, 지형지물 토지 이용계획등의 자연조건 사회조건에 적합하고 공사비와 편익비의 균형이 잡히고 경제적인 타당성을 갖는 것일 것 등을 들 수 있다.

2.2 평면 선형 설계와 종단 선형 설계

평면 선형의 설계시에는 일반적인 방침에 따라 연속적으로 원활한 선형이 얻어질 수 있도록 힘 쓸 것이며, 동시에 경관과의 조화에 대해서도 검토하여야 한다. 평면 선형 설계시 일반적으로 선형은 지형에 적합하고, 연속적이어야 하며, 충분한 곡선길이를 확보하여야 한다. 그리고 높은 흠쌓기가 연속되는 구간에는 곡선반경을 뒀 수 있는 대로 크게 하여야 한다. 배향 곡선 사이에 짧은 직선을 넣은 선형은 피하여야 하며 입체 선형이 양호하여야 한다.

종단 선형의 설계시에는 건설비와의 관계를 고려하면서 자동차 주행이 안전하고 쾌적하며 경제적이 되도록 힘쓰고, 평면선형과의 관련에 있어서 시각적으로 연속적이면서 원활한 선형으로 설계하여야 한다.

종래의 종단선형 설계의 순서는 평면선형의 설계의 경우와 마찬가지로 먼저 지형의 변화에 따른 요철에 맞추어서 컨트롤 포인트나 절성도의 균형 등의 조건을 고려하여 직선형으로서 종단구배를 설정하고 이들을 연결하는 직선형에 따라 종단형상의 기본형이 정해지며 그 다음에 종단구배의 변화점에 종단곡선을 필요에 따라 적절한 길이로 삼입시킨다고 하는 형태로 진행되었다. 그렇게 해서 이들 일련의 작업을 시행착오적으로 반복하여 자동차의 주행조건과 건설비의 관계를 조정해서 종단선형이 최종적으로 정해진다.

통상, 평면선형의 경우는 아무리 해도 지형의 제약이나 장애물 때문에 어느 크기의 곡선

을 설정할 수 없는 경우가 때때로 생기지만, 종단선형의 경우는 약간의 토공량 증가나 구조물비의 추가에 의해서 이 종단곡선을 크게 확보할 수 있는 경우가 많다. 이와 같이 종단곡선을 될 수 있는 대로 길게 잡는다는 것은 설계, 시공의 양면에서 어려운 일이긴 하지만 완성된 도로는 지형에 잘 어울리고 연속적으로 흐르는 듯한 인상을 주어 쾌적한 주행을 보장하게 된다.

도로의 선형설계는 노선계획으로 시작해서 평면선형 설계, 종단선형 설계로 이어지고 도로 환경과 조화를 이룬 평면선형과 종단선형의 결합으로 완료된다. 따라서 평면선형과 종단선형의 조합은 실제로 도로를 주행하는 운전자의 시각으로 고찰하지 않으면 안되므로 투시도의 이용이 필요하며 시간을 포함한 4차원으로 생각할 필요가 있다. 선형조합의 일반적인 설계 방침으로 선형이 시각적 연속성과 심리적 균형을 확보해야하며, 노면의 배수 및 자동차의 역학적 요구에서 적절히 조화된 구배가 취해질 수 있는 조합을 택하고 도로환경과의 조화를 늘 고려해야 한다.

3. 시거를 고려한 설계 이론

3.1 평면상의 시거

3.1.1 정지 시거

정지시거는 차선(차선의 구별이 없는 때는 차도)의 중심선상 1.0m의 높이에서 같은 차선의 중심선상에 있는 높이 0.15m 물체의 정점을 내다볼 수 있는 거리를 차선의 중심선을 따라 측정한 길이를 말한다.

도로에는 당해도로의 설계속도에 따라 필요한 정지시거가 확보되도록 하여야 하며 2차선도로(대향차선을 설치하지 아니한 도로를 제외한다)에는 필요하다고 인정하는 경우에는 자동차의 앞지르기에 필요한 정지시거가 확보되는 구간을 두어야 한다.

정지시거는 전방의 동일차선에 고장차등의 장애물을 인지한 경우에 제동을 걸어서 정지하기 위해 필요한 길이이며, 그 길이 이상의 시거를 모든 종류의 도로상에서 확보하지 않으면 안된다. 정지시거는 초로 표시되는 3가지 시간간격 즉, 운전자가 ① 위험요소를 판단하는 시간(초) ② 반응시간(reaction time) ③ 제동장치를 작동시킨 후 자동차가 정지하는데 걸리는 시간(초)동안에 주행한 전체거리로 계산하며 다음 식 3.1로 나타낼 수 있다.

$$D = l_1 + l_2 = \frac{V_t}{3.6} + \frac{V^2}{2g \cdot f \cdot (3.6)^2} = 0.694 V + \frac{V^2}{254 f} \dots \dots <식3.1>$$

여기서, D : 정지시거(m)

t_1 : 판단시간 + 반응시간

t_2 : 제동속도

V : 속도(km/hr)

t : 반응시간(2.5sec)

g : 중력가속도(9.8m/sec²)

f : 타이어와 노면의 종방향미끄럼 마찰계수

비가 오거나 눈이 녹아서 도로 노면이 젖어 있을 때(습윤 상태)를 가정해서 식 3.1을 이용하여 제동 정지 거리를 구하여 <표3.1>에 나타내었다. 속도는 설계속도를 취하고 있고, 판단 반응 시간은 2.5초를 취하고 있다.

설계 속도 (km/hr)	120	100	80	70	60	50	40	30	20	
종방향미끄럼마찰계수(f)	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.34	0.37	0.44	0.44	
정지시거(m)	계산값	285.8	205.2	139.5	110.8	85.9	63.6	44.8	28.9	17.5
	규정값	280	200	140	110	85	65	45	30	20

표 3.1 시거의 계산(습윤 상태)

한편, 제동 정지 거리는 종단구배에 따라 변한다. 상향구배 구간에서는 제동정지 거리가 줄어들고, 하향구배 구간에서는 늘어난다. 식 3.1을 변형하여 종단구배의 영향을 반영한 제동 정지 시거는 식 3.2와 같다.

$$D = \frac{V_t}{3.6} + \frac{1}{2g(f \pm i/100)} \times \frac{V^2}{3.6^2} = 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm i/100)} \dots \text{<식3.2>}$$

여기서

D : 정지시거(m)

V : 속도(km/h)

g : 중력가속도(9.8m/sec²)

i : 종단구배(%)

t : 판단 시간 + 반응 시간(2.5초)

f : 타이어와 노면의 종방향 미끄럼 마찰 계수

3.1.2 평면 곡선상의 시거

<그림 3.2>에서 보는 것과 같이 시선과 대상물이 모두 동일한 원곡선 내에 있고, 평지부에 있는 경우

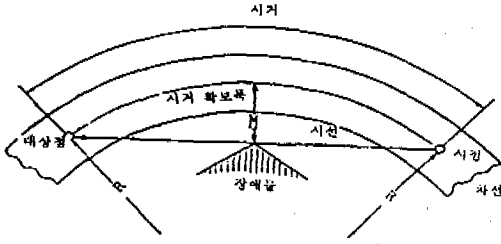


그림 3.2 시거 확보 폭

차선의 중심선에서 연직인 장애물까지의 필요한 시거 확보 폭(m)은 식 3.3에 의하여 구해진다.

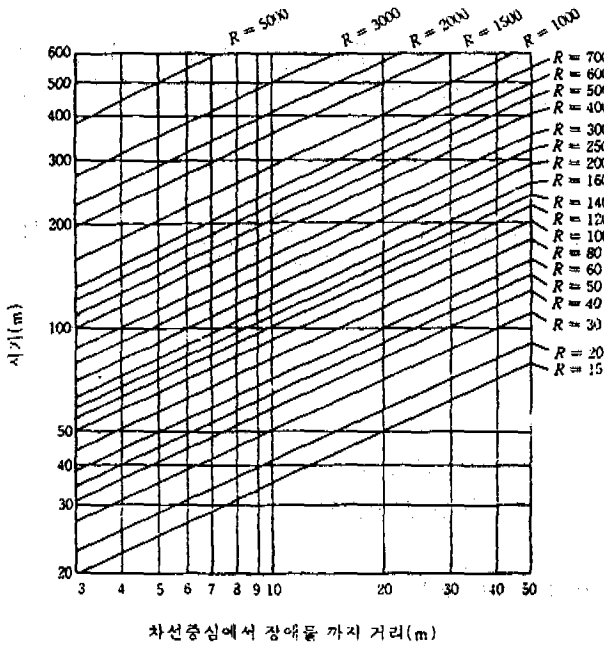
$$M = R(1 - \cos(\frac{D}{2R})) = \frac{D^2}{8R} (1 - \frac{D^2}{78R^2} + \dots) \approx \frac{D^2}{8R} \dots <식 3.3>$$

여기서,

M : 시거 확보 폭 (m)

D : 시거 (m)

R : 원곡선 반경 (m)



식 3.3에 의하여 확보해야 할 시거와 평면곡선 반경이 정해지면 시거 확보를 위하여 필요로 하는 시거 확보 폭이 구해지며, 이를 그래프로 나타낸 것이 <그림 3.3>이다.

그림 3.3 원곡선 반경과 시거 확보 폭의 관계

시선이 평면적으로는 원곡선 내, 종단적으로는 직선 구배 내에 있는 경우에는 필요한 시거 확보 폭(m)은 식 3.3을 수정한 식 3.4로 구해진다.

$$M = \frac{D^2}{8R} + \frac{N^2(he - ho)^2}{20,000D^2} \cdot R - \frac{N(he + ho)}{200} \dots \dots \text{<식 3.4>}$$

여기서,

- D : 시거(m) R : 평면곡선 반경(m)
- N : 종단구배(%)
- he : 눈 높이(1.0m)
- ho : 장애물의 높이
- 정지시거 : 0.15m, 앞지르기시거 : 1.20m

3.2 종단면상의 시거

3.2.1 불록형 종단곡선의 길이

<그림 3.4>와 같은 정지시거(S)보다 종단 곡선 길이 (L)를 길게 설치할 경우 종단곡선 길이 L은 식 3.5과 같다.

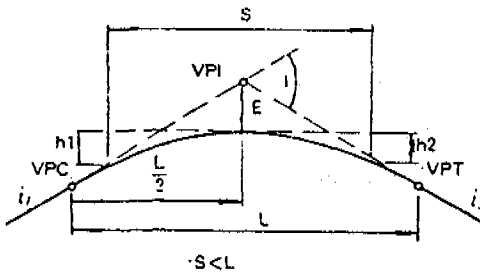


그림 3.4 불록곡선 (S < L)

$$L = \frac{IS^2}{100(\sqrt{2h_e} + \sqrt{2h_o})^2} = \frac{IS^2}{100(\sqrt{2 \times 1.0} + \sqrt{2 \times 0.15})^2} = \frac{IS^2}{386} \dots \dots \text{<식 3.5>}$$

여기서,

- L : 종단곡선길이(m)
- I : 종단구배차이(%)
- S : 정지거리(m)
- K : 종단곡선변화비율(%/m)
- he : 운전자의 눈높이반응시간(1.0m)
- ho : 장애물의 높이(0.15m)

<그림 3.5>와 같은 정지시거(S)보다 종단곡선 길이 (L)를 짧게 설치할 경우 종단곡선 길이 L은 식 3.6과 같다.

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_e} + \sqrt{2h_o})^2}{I} = 2S - \frac{385}{I} \dots \text{<식 3.6>}$$

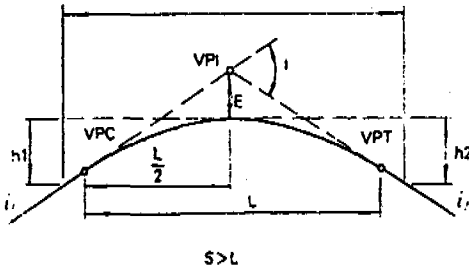


그림 3.5 블록곡선 (S>L)

위 식을 설계에 간편하게 적용하기 위하여 종단곡선 변화 비율에 의한 식으로 표시하면 식 3.7과 같다.

$$K = \frac{S^2}{385} \dots \text{<식 3.7>}$$

3.2.2. 오목형 종단곡선의 길이

<그림 3.6>와 같은 정지시거(S)보다 종단 곡선 길이 (L)를 길게 설치할 경우(S<L) 종단곡선 길이 L은 식 3.8과 같다.

$$L = \frac{IS^2}{100(2h + Stan a)} = \frac{IS^2}{120 + 3.5S} \dots \text{<식 3.8>}$$

여기서, L : 종단곡선길이(m) S : 정지시거(m)
 I : 종단구배차이(%) h : 전조등의 높이(0.6m)
 tan a : 상향각(1°)

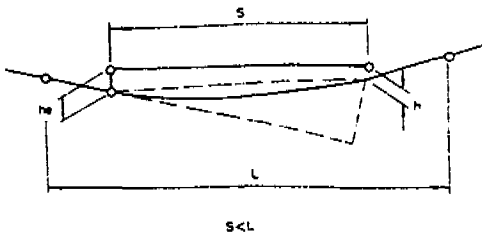


그림 3.6 오목곡선(S<L)

<그림 3.9>와 같은 정지시거(S)보다 종단곡선 길이 (L)를 짧게 설치할 경우(S>L) 종단 곡선 길이 L은 식 3.9과 같다.

$$L = \frac{2S - 100(2h - Stan a)}{I} = 2S - \frac{120 - 3.5S}{I} \dots \text{<식 3.9>}$$

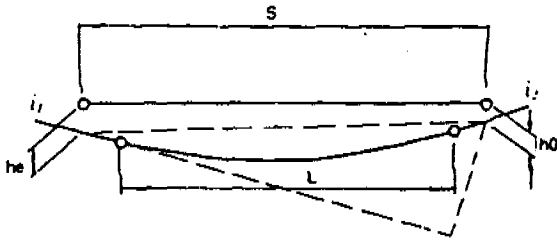


그림 3.7 오목곡선 (S>L)

식 3. 9를 종단곡선 변화 비율에 의한 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$K = \frac{S^2}{120 + 3.5S} \dots \dots \dots <식 3. 10>$$

4. 현장 조사 및 도면 연구

4.1 개요

선형설계 이론과 시거를 고려한 교통 공학적 요소를 기 개통된 도로에 대해 비교 고찰 해보기 위해 밀양-울산을 연결하는 국도 24호선 중 일부구간인 L=14.99km거리의 언양-울산간과 부산-강릉을 연결하는 국도 35호선 중 일부구간인 L=19.62km 거리의 언양-봉계간에 대해 현장 조사를 하고 기존의 자료를 참고하여 현장 조사 및 실지 측량하여 자료를 만들었다.

이 2개 노선 중 현장을 답사하여 선형이 변하는 지점을 선택하여 국도 24호선은 평면선형 48개소와 종단선형 79개소를, 국도 35호선은 평면선형 50개소와 종단선형 75개소를 각각 조사하였다.

그 조사지점 중 선형이 도로 시설기준이 미달된 지점을 선정하여 <그림 4.1>과 같이 평면선형 지점에 대해서는 1,2,3...으로, 종단선형의 조사지점은 가,나,다...로 번호를 부여하여 세부조사 및 정밀 측량하였다.

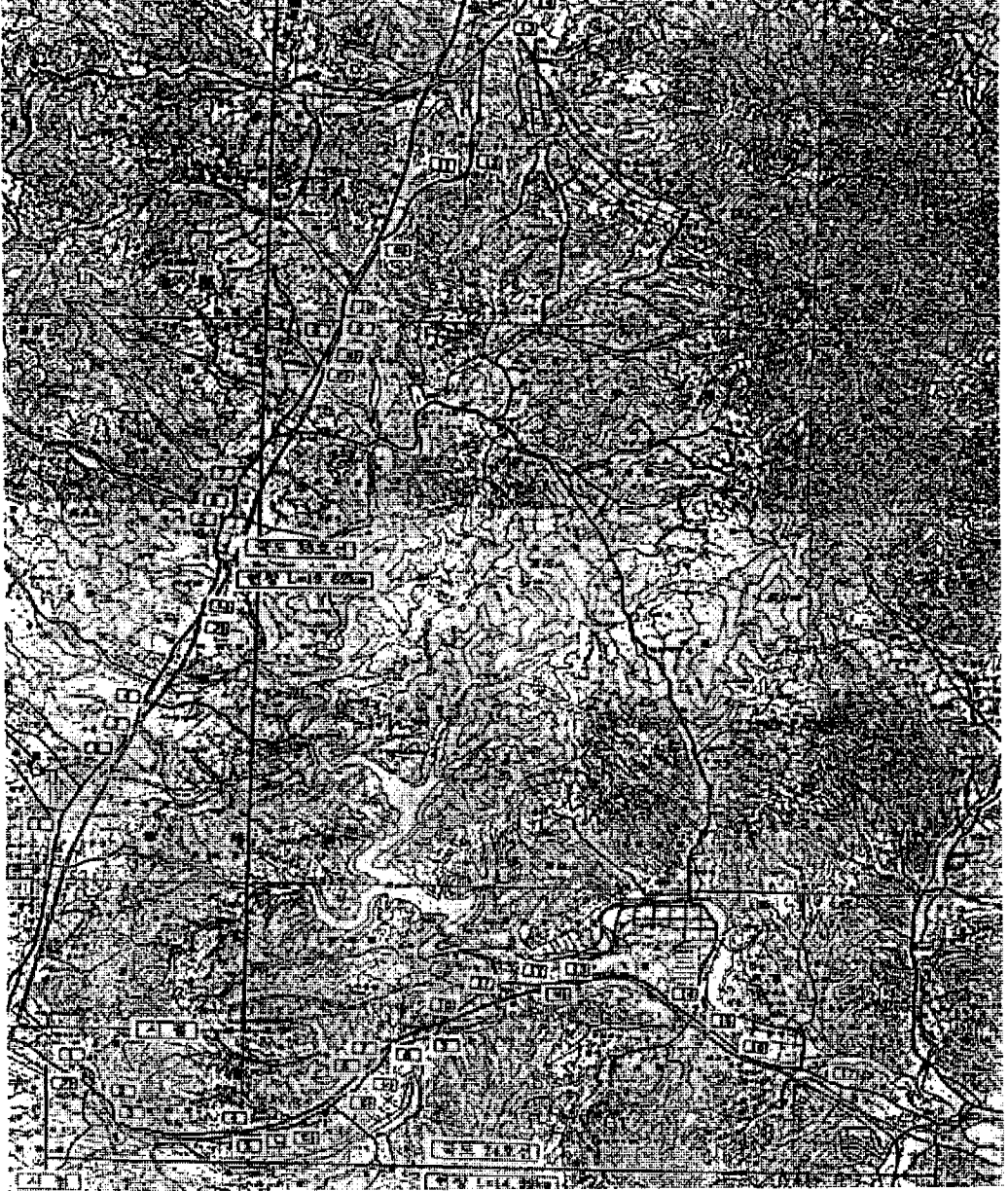


그림 4.1 선형조사 위치 상세도

4.2 국도 24호선

언양-울산을 연결하는 도로 중 <그림 4.1>에서 보는 것과 같이 언양읍 동부리를 시점으로 하고 울산 남구 무거동을 종점으로 (연장 L=14.99km)하여 <표4.1>의 평면선형 17개 지점과 <표 4.2>의 종단선형 6개 지점을 조사하였다. 각 조사지점의 세부도면 중 대표적인 것은 <그림 4.2>, <그림 4.3>와 같다.

번호	위 치	측 점	번호	위 치	측 점
24 - 1	울주군언양읍동부리	0+801.12	24- 10	울주군범서면사연리	7+180.56
2	울주군언양읍어음리	1+182.47	11	울주군범서면사연리	8+128.74
3	울주군언양읍어음리	1+581.21	12	울주군범서면입석리	9+583.29
4	울주군언양읍반송리	3+330.16	13	울주군범서면입석리	10+367.66
5	울주군언양읍반송리	3+482.24	14	울주군범서면구영리	12+043.81
6	울주군언양읍반천리	5+290.32	15	울주군범서면구영리	12+384.46
7	울주군언양읍반천리	5+746.39	16	울주군범서면구영리	12+746.14
8	울주군언양읍반천리	6+080.76	17	남구 무거동	13+851.86
9	울주군언양읍반천리	6+750.12			

표 4.1 평면 선형 지점

번호	위 치	측 점	번호	위 치	측 점
24- 가	울주군언양읍동부리	0+219	24- 라	울주군언양읍반천리	4+811
나	울주군언양읍반송리	3+831	마	울주군언양읍반천리	5+269
다	울주군언양읍반천리	4+198	바	울주군범서면입석리	10+069

표 4.2 종단 선형 지점

4.3 국도 35호선

언양-경주를 연결하는 도로 중 <그림 4.1>에서 보는 것과 같이 언양읍 동부리를 시점으로 하고 두동면 봉계리를 종점으로 (연장 L=19.62km)하여 <표 4.3>의 평면 선형 14개 지점과 <표 4.4>의 종단선형 5개 지점을 조사하였다. 각 조사지점의 세부도면 중 대표적인 것은 <그림 4.4> <그림 4.5> 같다.

번호	위 치	측 점	번호	위 치	측 점
35 - 1	울주군언양읍직동리	4+147.25	35- 8	울주군두서면전읍리	13+259.5
2	울주군언양읍반곡리	5+611.38	9	울주군두서면전읍리	13+551.56
3	울주군언양읍반곡리	5+974.08	10	울주군두서면미호리	13+888.56
4	울주군언양읍천전리	6+429.45	11	울주군두서면활천리	15+772.52
5	울주군두서면인보리	9+652.41	12	울주군두서면활천리	16+507.52
6	울주군두서면인보리	9+924.52	13	울주군두서면봉계리	19+263.40
7	울주군두서면인보리	10+407.46	14	울주군두서면봉계리	19+682.70

표 4.3 평면 선형 지점

번호	위 치	측 점	번호	위 치	측 점
35- 가	울주군언양읍천전리	7+851	35- 라	울주군두서면전읍리	12+478
나	울주군언양읍천전리	8+509	마	울주군두서면활천리	14+831
다	울주군두서면전읍리	12+219			

표 4.4 종단 선형 지점

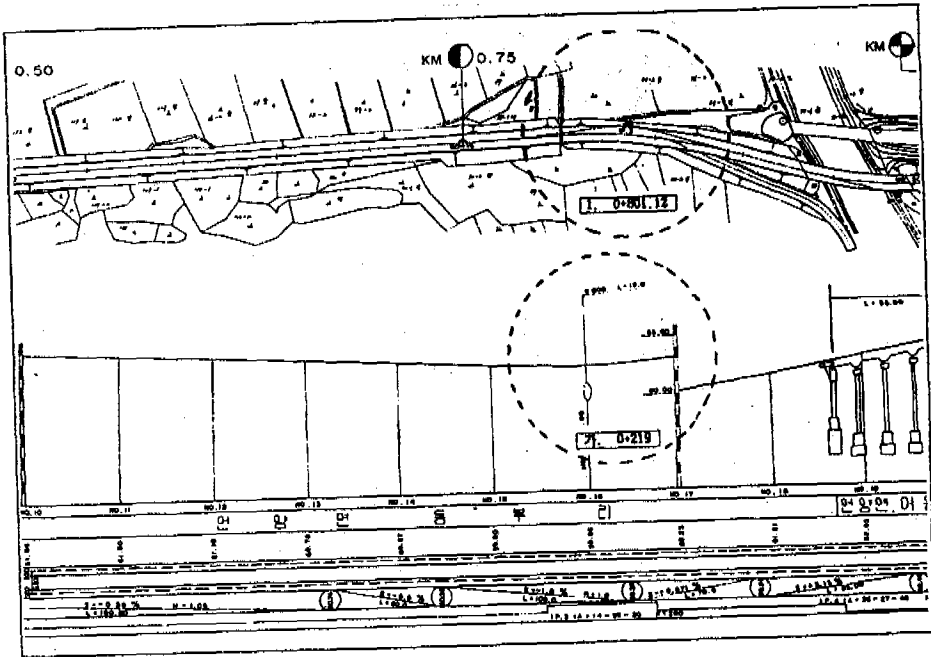


그림 4.2 지점 번호 24-1 평면도 및 종단도

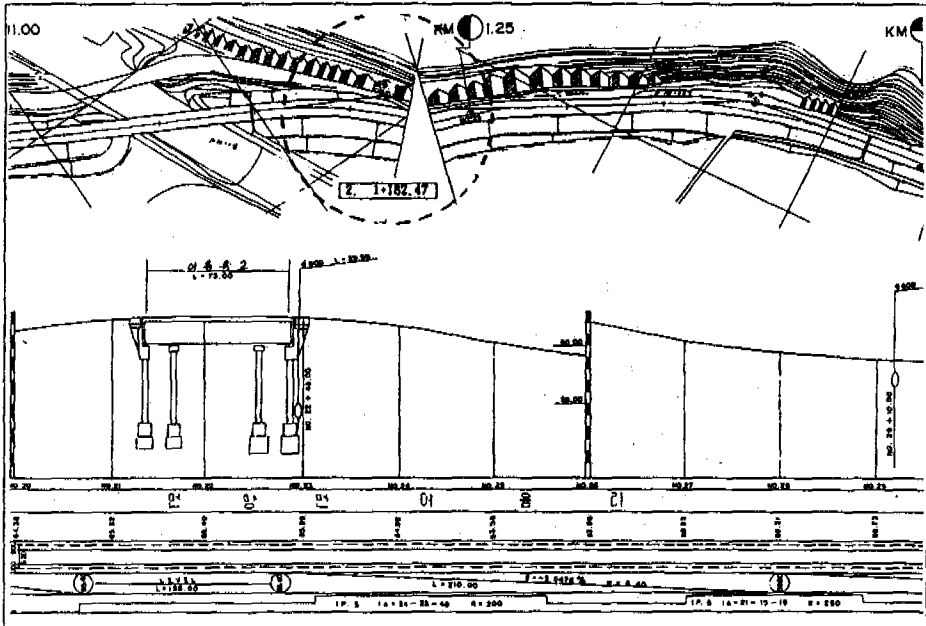


그림 4.3 지점 번호 24-1 평면도 및 종단도

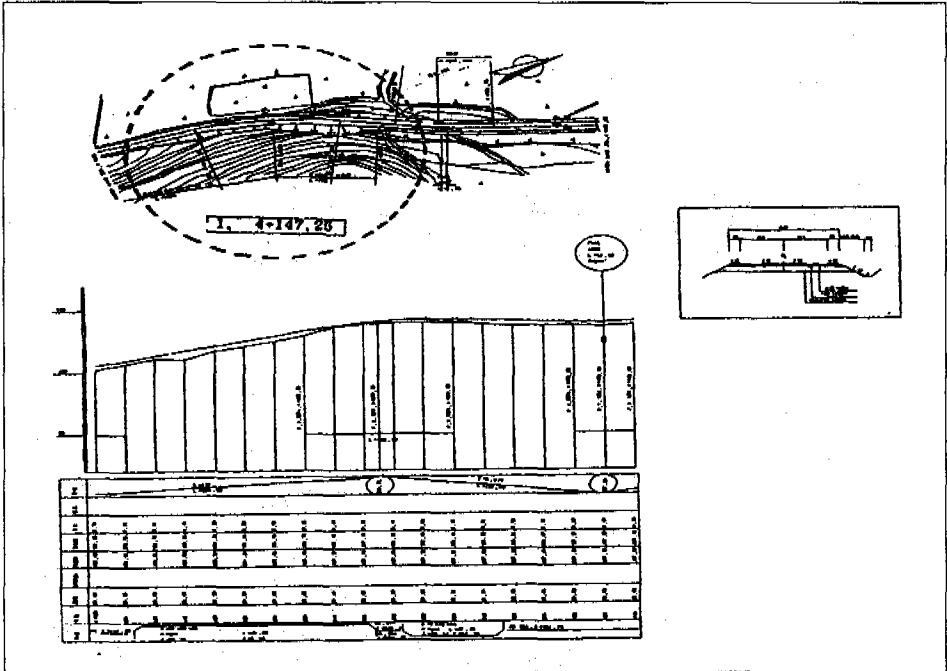


그림 4.4 지점 번호 35-1 평면도 및 종단도

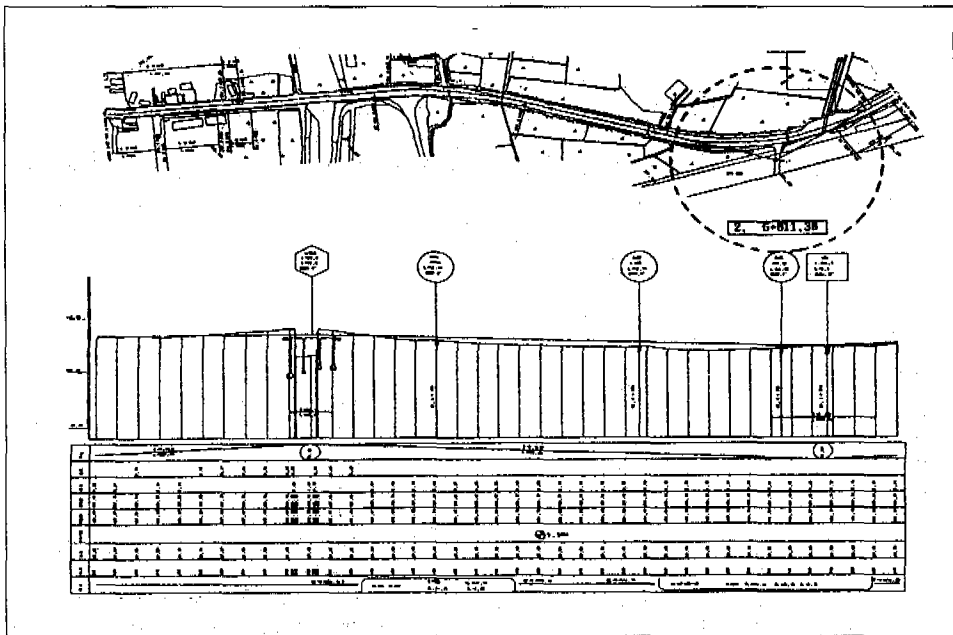


그림 4.5 지점 번호 35-1 평면도 및 종단도

5. 이론과 현장도로의 비교 분석 및 고찰

5.1 국도 24호선

국도 24호선의 평면선형을 현장조사한 결과 조사지점에 대한 설계속도 60km/h(국도2차선 주간선도로 적용)를 적용한 곡선반경의 규정값과 현장도로의 곡선반경, 시거 확보폭의 규정값과 현장도로의 시거 확보폭이 <표 5.1>에 나타나 있다.

번호	곡선 반경 (R)m			시거 확보 폭 (m)		비 고
	규 정(m)	바람직한도로(m)	현장도로(m)	규 정	현장도로	
24 - 1	140	250	200	4.51	5.16	
2	"	"	200	4.51	4.31	
3	"	"	200	4.51	3.29	
4	"	"	80	11.28	3.97	
5	"	"	100	9.03	3.83	
6	"	"	200	4.51	3.14	
7	"	"	200	4.51	3.27	
8	"	"	150	6.02	4.68	
9	"	"	170	5.31	3.62	
10	"	"	150	6.02	4.16	
11	"	"	150	6.02	5.86	
12	"	"	140	6.45	3.96	
13	"	"	150	6.02	3.84	
14	"	"	150	6.02	3.27	
15	"	"	150	6.02	3.62	
16	"	"	150	6.02	4.23	
17	"	"	200	4.51	4.06	

표 5.1 평면 선형 지점

종단선형에 대해 현장 조사 결과 조사지점에 대한 설계속도 60km/h(국도 2차선 주 건선 도로 적용)를 적용한 종단구배의 규정값과 현장도로의 종단구배, 종단곡선 변화비율의 규정값과 현장도로의 변화비율, 종단곡선 반경의 규정값과 현장도로의 곡선반경이 <표 5.2>에 나타나 있다.

번호	중단구배 (%)		중단곡선변화비율 (m/%) (시거 확보)		중단곡선반경(m)		비고
	규정	현장도로	규정	현장도로	규정	현장도로	
24 - 가	5	(+) 0.871 (-) 1.00	17.3	16.04	1,730	1,604	
나	"	(+) 4.66 (-) 1.50	18.8	13.63	1,880	1,363	
다	"	(+) 5.20 (-) 6.56	17.3	11.76	1,730	1,176	
라	"	(+) 2.17 (-) 5.60	18.8	16.21	1,880	1,621	
마	"	(+) 1.98 (-) 6.99	18.8	12.19	1,880	1,219	
바	"	(+) 4.10 (-) 4.40	18.8	16.58	1,880	1,658	

표 5.2 중단 선형 지점

<표 5.1> 및 <표 5.2>를 통해서 국도 24호선의 조사지점에 대해서 설계 이론과 현장도로를 비교 분석한 결과, 평면 선형에 대해서는 평면 곡선 총 48개소 중 <표 5.1>과 같이 도로시설 기준에 미달된 곳이 16개소로(기준 미달율 33%)로 조사 되었고, 중단 선형에 대해서는 중단 곡선 총 79개소 중<표5.2>와 같이 도로시설 기준에 미달된 곳이 6개소로(기준 미달율 7%)로 조사되었다.

5.2 국도 35호선

국도 35호선의 평면선형을 현장조사 결과 조사지점에 대한 설계속도 60km/h(국도2차선 주간선도로 적용)를 적용한 곡선반경의 규정값과 현장도로의 곡선반경, 시거 확보폭의 규정값과 현장도로의 시거 확보폭이 <표 5.3>에 나타나 있다.

번호	곡선 반경 (R)m			시거 확보 폭 (m)		비고
	규정(m)	바람직한도로 (m)	현장도로(m)	규정	현장도로	
35 - 1	140	250	250	3.61	2.58	
2	"	"	250	3.61	6.77	
3	"	"	240	3.76	2.94	
4	"	"	180	5.01	4.16	
5	"	"	220	4.10	5.78	
6	"	"	150	6.02	5.21	
7	"	"	180	5.01	5.91	
8	"	"	150	6.02	4.85	
9	"	"	150	6.02	6.87	
10	"	"	150	6.02	7.13	
11	"	"	240	3.76	4.14	
12	"	"	200	4.51	3.28	
13	"	"	200	4.51	5.06	
14	"	"	200	4.51	3.36	

표 5.3 평면 선형 지점

중단선형에 대해 현장 조사 결과 조사지점에 대한 설계속도 60km/h(국도 2차선 주 건선 도로 적용)를 적용한 중단구배의 규정값과 현장도로의 중단구배, 중단곡선 변화비율의 규정값과 현장도로의 변화비율, 중단곡선 반경의 규정값과 현장도로의 곡선반경이 <표 5.4>에 나타나 있다.

번호	중단구배 (%)		중단곡선변화비율 (m/%) (시거 확보)		중단곡선반경(m)		비 고
	규 정	현장도로	규 정	현장도로	규 정	현장도로	
24 - 가	5	(+) 2.66 (-) 4.16	18.8	11.73	1,880	1,173	
나	"	(+) 5.69 (-) 5.06	18.8	18.60	1,880	1,860	
다	"	(+) 1.09 (-) 5.23	18.8	18.98	1,880	1,898	
라	"	(+) 0.76 (-) 5.23	17.3	6.67	1,730	667	
마	"	(+) 5.12 (-) 5.41	18.8	15.61	1,880	1,561	

표 5.4 중단 선형 지점

<표 5.3> 및 <표 5.4>를 통해서 국도 35호선의 조사지점에 대해서 설계 이론과 현장도로를 비교 분석한 결과, 평면 선형에 대해서는 평면 곡선 총 50개소 중 <표 5.3>과 같이 도로시설 기준에 미달된 곳이 7개소(기준 미달율 14%)로 조사되었고, 중단 선형에 대해서는 중단 곡선 총 75개소 중<표5.4>와 같이 도로시설 기준에 미달된 곳이 4개소(기준 미달율 5%)로 조사되었다.

5.3 노선 선형에 관한 고찰

5.3.1 도로시설과 개선 대책

국도 24호선 및 국도 35호선의 조사지점에 대해서 고찰한 결과 평면선형중 곡선반경이 작은 지점과 시거가 충분히 확보되지 못한 지점이 있었고, 중단선형 중 중단구배가 심해 시거가 확보되지 못한 지점과 중단곡선반경이 작은 지점이 있었다. 도로시설 기준에 미달된 지점에 대해 개선 대책으로 <표5.5>에서 보는 바와 같이 원곡선 반경 조정 및 중단구배 완화 방법(A), 노경 또는 중앙분리대 확폭으로 시거 확보의 방법(B), 미끄럼 방지 시설 포장을 실시하는 방법(C), 운전자의 주의를 환기시키는 방법(D), 오르막 차선을 설치하여 차량소통을 원활하게 하는방법(E), 기존 노선을 버리고 새로운 노선을 채택하는 방법(F)등의 개선 대책을 세워야 할 것이다.

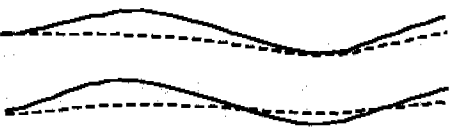

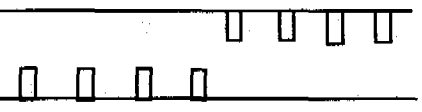
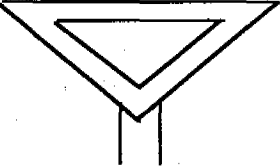
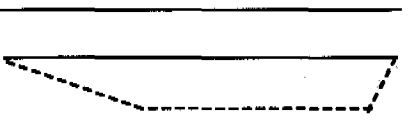
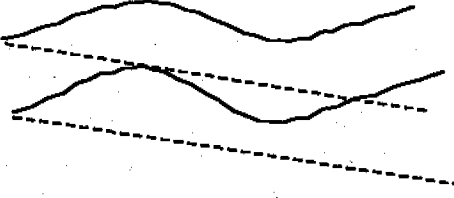
구분	개선대책	도면	비고
(A) 곡률 조정	원곡선반경의 조정과 중단구배 완화		실선 : 기존도로 점선 : 개선도로
(B) 확폭	길어깨(노면)또는 중앙분리대 확폭		"
(C) 미끄럼 방지 포장	미끄럼 방지시설 포장실시		미끄럼 방지 포장
(D) 주의 환기	운전자의 주의를 환기 (운전속도 감속)		표지판
(E) 동판 차선	오르막 차선 설치		실선 : 기존도로 점선 : 개선도로
(F) 새 노선	새로운 노선의 채택		"

표 5.5 개선대책

5.3.1 국도 24호선

국도 24호선의 개선 대책은 <표 5.6>과 같이 곡률조정 10개소, 확폭 6개소, 미끄럼 방지 시설 포장 7개소, 운전자 주의환기 8개소, 오르막차선 설치 1개소, 새로운 노선 채택 1개소 등으로 강구되어야 할 것이다.

구분	번호	개 선 대 책					
		(A) 곡률조정	(B) 확 폭	(C) 미끄럼방지포 장	(D) 주의환기	(E) 등판차선	(F) 새 노선
평면 선형	24 -1				○		
	2		○				
	3			○	○		
	4			○	○		
	5			○	○		
	6		○				
	7		○				
	8	○					
	9		○				
	10			○	○		
	11	○					○
	12			○	○		
	13	○	○				
	14			○	○		
	15	○					
	16			○	○		
	17			○			
중단 선형	24 -가	○					
	나	○					
	다	○					
	라	○					
	마	○				○	
	바	○					

표 5.6 국도 24호선 개선 대책

5.3.2 국도 35호선

국도 35호선의 개선 대책은 <표 5.7>과 같이 폭률조정 7개소, 확폭 4개소, 미끄럼 방지 시설 포장 3개소, 운전자 주의환기 3개소, 오르막차선 설치 1개소 등으로 강구되어야 할 것이다.

구 분	번 호	개 선 대 책					
		(A) 폭률조정	(B) 확 폭	(C) 미끄럼방지포 장	(D) 주의환기	(E) 등판차선	(F) 새 노선
평면 선형	35 -1	○	○				
	2						
	3	○	○				
	4	○	○				
	5						
	6			○	○		
	7						
	8			○	○		
	9						
	10						
	11						
	12		○				
	13						
	14				○	○	
중단 선형	35 -가	○					
	나	○					
	다						
	라	○					
	마	○				○	

표 5.7 국도 37호선 개선 대책

6. 결 론

울산-합천을 연결하는 국도 24호선과 부산-강릉을 연결하는 국도 35호선 중 울산광역시 울주군 언양읍을 중심으로 언양-무거 구간과 언양-봉계 구간에 대해 도로의 평면선형과 종단선형의 변화가 큰 지점을 조사하여 도로 설계 기준과 시거를 고려한 이론을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 국도 24호선 중 조사지점의 평면선형에 대해서 도로 시설기준에 미달된 곳이 16개 소로 기준 미달율이 33%로 조사되었으며, 종단선형에 대해서는 도로 시설기준에 미달된 곳이 6개소로 기준 미달율이 7%로 조사되었다.
- (2) 국도 35호선중 조사지점의 평면선형에 대해서 도로 시설기준에 미달된 곳이 7개소로 기준 미달율이 14%로 조사되었으며, 종단선형에 대해서는 도로 시설기준에 미달된 곳이 4개소로 기준 미달율이 5%로 조사되었다.
- (3) 도로 시설 기준에 미달된 지점에 대해 교통공학 이론에서 다루는 시거에 대해 조사한 바 마찬가지로 확보되지 못했음을 알 수 있었다.
- (4) 도로 시설 기준에 미달되고 시거를 확보하지 못한 지점에 대해서는 노선의 주변 사정에 따라 곡률조정, 노건 또는 중앙 분리대 확폭, 미끄럼 방지 포장, 운전자 주의 환기 표지, 오르막 차선 설치 등의 조치를 하거나 경우에 따라서는 새로운 노선의 건설이 필요하다.
- (5) 차후 도로를 건설하는 경우 도로 선형에 대해서 선형이론에 따른 도로 시설 기준을 만족시킴은 물론 교통공학 이론에 근거한 충분한 시거를 확보할 수 있는 선형을 채택하여 차량의 원활한 소통과 안전 운행을 도모해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김성득, 도시교통공학, 울산대학교 출판부, PP 217-332, 1995
2. 한국도로공사, 도로설계요령 제1권, 한국도로공사, PP 144-158, 1992
3. 이용재, 교통 및 도로공학, 선진엔지니어링, PP 179-200, 1995
4. 건설부, 도로의 구조시설기준에 고나한 규정 및 지침서, 대한 토목학회, PP 199-226, 1991
5. 국도 24호선(언양-울산)도로포장공사실시설계서, 건설부 부산지방국토관리청, 1985
6. 국도 35호선(통도사-내남)도로포장공사실시설계서, 건설부 부산지방국토관리청, 1984
7. N.J.Garber & L.A.Hoel, Traffic and Highway Engineering, WEST, PP 495-593, 1988
8. E.C Carter, Introduction to Transportation Engineering, Reston P.C, PP 91-98 1978
9. W.R.McShane & R.P.Roess, Traffic Engineering, Prentice Hall, PP 28-47, 1990