

□論 文□

Datalog Information System 을 ^{이용} 利用한

道路線形設計 및 安全分析技法

도형선형설계 안전분석기법

최재성
崔在星

(韓國建設技術研究院 先任研究員)

目 次

- I. 序 論
- II. 本 論

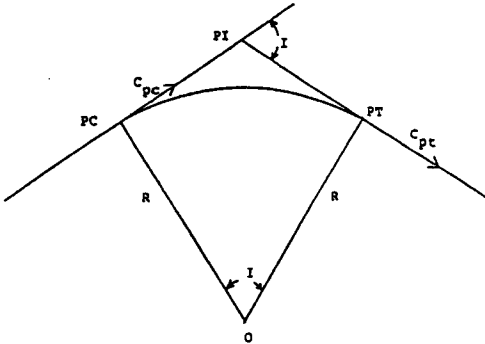
- III. 結 論

ABSTRACT

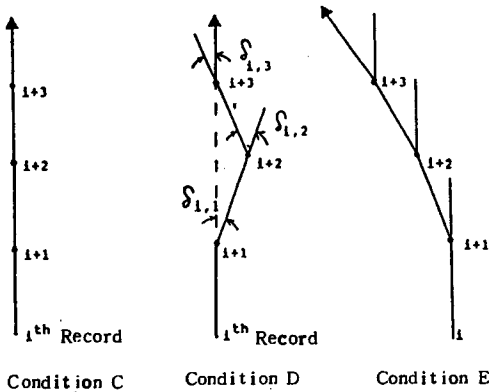
The Wisconsin Department of Transportation currently has a Datalog Information System which facilitates the collection of geometric characteristics at every 0.01 mile highway section. The objectives of this study are to develop the plan and profile drawing of a highway section utilizing the Datalog Information System and to develop a methodology of investigating the safety aspects associated with the highway section being considered. For this purpose, two of the highway design elements, the minimum stopping sight distance as well as passing sight distance based on the AASHTO requirements, were applied in this study. A computer program was also developed to facilitate the data processing activity.

The results from the computer program and from a manual analysis which adopted the identical methodology used in the computer program were in a good agreement. A few discrepancies between the two results were due to the data collection error and they were believed to be negligible.

Using the computerized methodology developed in this study one does not need the plan and profile drawing to investigate the safety of a highway section, which appears to be an essential progress to the Computer Aided Design and Draft in highway engineering field.



(그림 2) 수평곡선의 예



(그림 3) 수평곡선에서의 Compass Bearing 변화조건

$$\delta_{i,1} = C_i - C_{i+1}$$

$$\delta_{i,2} = C_{i+1} - C_{i+2}$$

$$\delta_{i,3} = C_{i+2} - C_{i+3}$$

단,

$$C_i, C_{i+1}, C_{i+2}, C_{i+3} = i, i+1, i+2, i+3$$

record에서의 Compass bearing (순서대로)

i = 運轉者의 位置

c) 만약 $\delta_{i+1} = \delta_{i+2} = 0$ 이면 record (i) 는 직선상에 있다. 이런 경우 다음 record 를 읽고 b) 단계로 되돌아간다. 그렇지 않으면 d) 단계로 이동한다.

d) 만약 $\delta_{i,1} * \delta_{i,2} < 0$ 이면 운전자의 과실이 발생한 것으로 생각한다. 이런 경우에는 다음 record 를 읽고 b) 단계로 돌아

간다. 그렇지 않으면 e) 단계로 이동한다.

e) 만약 c) 단계나 d) 단계가 만족되지 않을 경우 record (i) 는 곡선에 있는 것으로 생각한다. 다만 Computer program 은 곡선상의 맨 마지막 record 를 찾아낼 때까지는 e) 단계에 도달한回数 n 만을記憶한다. 맨 마지막 record 를 만난 경우 Computer program 은 그 곳의 Odometer reading 에서 e) 단계에 도달한回数 n 을減하여 곡선의始作點 위치를決定한다.

f) 만약 $\delta_{i,3} = 0$ 이면 g) 단계로 이동한다. 만약 $\delta_{i,3} \neq 0$ 이면 다음 record 를 읽고 b) 단계로 돌아간다.

g) record (i+3) 에 곡선의終點를決定한다. 일단 곡선의終點를決定하면 곡선의일련번호를 1 만큼 증가시킨다. 또한 道路의 명칭, 地方의 명칭, 곡선의 方向을記錄한다.

일단 한 곡선의始點 PC와 終點 PT를決定하고나면 그 곡선의工學的인 特性을計算하여記憶한다. 만약 두개의 인접한 곡선이 2 record (105.6ft) 간격으로 연결될 경우가 두 곡선은 합하여진다. 일반적으로 Data-logging Vehicle 은 道路의 右側車線 中央線을 走行한다는 사실을 감안하여 다음과 같은 式을 算出하였다.

$$L = (ODM_{pt} - ODM_{pc}) * 5280(ft)$$

$$R = \left\{ \frac{L}{C_{pt} - C_{pc}} \right\} * \left(\frac{180}{\pi} \right) + 6 ; \text{右曲線인 경우}$$

$$R = \left\{ \frac{L}{(C_{pt} - C_{pc})} \right\} * \left(\frac{180}{\pi} \right) - 6 ; \text{左曲線인 경우}$$

$$D = \frac{5730}{R} (^\circ)$$

단, $ODM_{pt}, ODM_{pc} = PT$ 와 PC 에서의 Odometer reading

$C_{pt}, C_{pc} = PT$ 와 PC 에서의 Compass bearing

D=Degree of Curvature (°)

R=曲線반경 (ft)

曲線반경이 정해지면 車輛의 遠心력과 운전자의 安全感에 근거하여 그 곡선상에서의 最大安全走行速度를 다음의 式을 통하여 얻게 된다.

$$V = \sqrt{15 * R * (e + f)}$$

단,

V=最大安全走行速度 (mph)

e=편구배

f=許容마찰계수

한편 편구배 e는 曲線안에 있는 record 들이 각각 나타내는 Side slope reading을 平均한 다음의 式을 통하여 算出한다.

$$e = \frac{TS}{(ODM_{pt} - ODM_{pc}) * 100}$$

단,

TS = 곡선內的 record 들에서 記錄된 side slope 들의 合計

2. 道路縱斷面圖의 作成

먼저 record 間 距離는 52.8ft 인것을 생 각하여 한 道路地點의 標高를 다음과 같이 구 한다.

$$ELE_i = ELE_{i-1} + 52.8 * \sin(G/100)$$

단,

ELE_i = record i에서의 標高(ft)

G = record i에서의 경사도(%)

각 record에서의 경사도는 비교적 많은 量의 誤差를 포함하고 있으며 이의 補整을 위해 회귀분석법을 適用하였다. 회귀분석법에 의한 경사도의 補整은 다음 두 式을 따른다.²⁾

$$\text{True Grade} = 0.0744 + 0.847 * (+) \text{Grade}$$

$$R^2 = 93.7 \%$$

$$\text{True Grade} = -0.151 + 0.980 * (-) \text{Grade}$$

$$R^2 = 92.6 \%$$

道路區間 각 지점의 標高가 決定되고나면 그 結果를 plotting 하게 되며 plotting을 보면서 道路區間的 縱斷面圖를 作成하게 된다. 平面圖에서와는 달리 縱斷面圖에 나타나는 曲線은 포물선이기 때문에 曲線의 始點과 終點을 일정한 Algorithm을 통하여 決定하기가 매우 곤란하다. 따라서 本 研究에서는 利用者가 이미 plotting한 道路縱斷面圖에서 육안으로 曲線의 始點 및 終點을 選定하여 Odometer reading을 Computer에 直接 入力하는 方法을 使用하였다. Odometer reading을 除外한 曲線特性은 Computer program에 의해 自動적으로 決定된다.

3. 道路安全度의 點檢

Computer program에 의해 決定된 한 道路區間的 平面圖 및 縱斷面圖를 利用하여 안전한 道路走行에 問題가 되는 지점을 發見할 수 있다. 일반적으로 道路위를 走行하는 運轉者의 安全을 左右하는 것은 적절한 視距의 확보이다. 視距에는 停止視距와 추월視距가 있고 이들에 對한 정의는 使用目的에 따라 다르다. 가장 널리 使用되는 정의는 AASHTO 設計指針書에서 규정한 것으로 이를 인용하면 다음과 같다.¹⁾

“停止視距란 運轉者가 장애물을 인식한 순간부터 브레이크를 作動하는 순간사이의 車輛走行距離와 브레이크가 걸린 車輛이 安全히 停止할 때 까지 走行한 距離의 合을 말한다.”

運轉者의 눈높이와 장애물의 높이는 각각 3.5ft와 0.5ft로 決定하였다.¹⁾ 또한 運轉者가 장애물을 인식한 순간부터 브레이크를 作動하는데 걸리는 時間을 Perception-Reaction 時間이라고 하며 AASHTO에서는 2.5秒로 정하였다.¹⁾

또 다른 형태의 視距에는 추월시거가 있다. AASHTO 設計指針書에서 규정한 추월視距의 정의는 다음과 같다.¹⁾

“추월시거는 추월하고자 하는 운전자가

반대방향에서 다가오는車輛과의 충돌을 피할 뿐만 아니라 추월당한車輛의走行에 지장을 주지 않으면서 추월하는데 소요되는走行距離를 말한다. 만약 반대편에서 오는車輛과의距離가 너무 가까워서 추월을 완전히 수행하기가 어려운 경우 운전자는 추월을 포기하고 원래의車線으로 복귀할 수 있어야 한다. 2車線道路의 경우 最小限의 추월視距는 다음 4가지 종류의距離를 합하여 算出한다.

d_1 = 추월을 결심하고 가속을 始作하여 반대편 車線으로 進入하기까지의車輛走行距離

d_2 = 앞차를 추월하기 위해 반대편車線에서 走行하는距離

d_3 = 앞차를 추월하고 원래의車線으로 복귀하였을 때 반대편車輛과의距離

d_4 = $2/3 * d_2$: 추월하는 동안에 반대편車線에서 다가오는車輛이 走行한距離

추월視距를 算出할 때 運轉者의 눈높이와 장애물높이는 각각 3.5ft와 4.25ft를 使用한다.¹⁾ 최소추월視距는 85% - tile 速度에 따라 變化하며 (그림 3)과 <표 1>에 나타난 바와 같다."

<표 1> 2차선 도로의 추월금지구간 설정을 위한 최소 추월시거

85% - tile Speed (MPH)	Sight Distance Requirement (ft)	
	MUTCD	Wisconsin MUTCD
30	500	528(ft)
40	600	686
50	800	845
60	1,000	1,108
70	1,200	-

本 研究에서는 道路의 安全性을 評價하기 위하여 Computer에 의해 決定된 平面圖와 縱斷面圖위에 停止視距 및 추월視距를 適用,

最小限의 視距를 만족시키지 못하는 地點을 發見하였다. 이 때 問題地點을 찾아내는 Algorithm은 停止視距와 추월視距에 대해 同一하며 단지 必要한 最小距離가 다를 뿐 이다.

1) 縱斷面圖의 視距

縱斷面圖에서 停止視距 및 추월視距를 點檢하는데 使用된 Algorithm은 다음과 같다.

a) 한 지점 (X+視距)에서의 標高를 구한다.

b) 지점(X)와 지점 (X+視距) 사이의 각 record에서 標高를 決定한다.

c) 지점(X)와 지점 (X+視距)사이의 각 record에서 運轉者의 눈높이와 장애물을 연결한 直線에 대한 標高를 決定한다.

d) 만약 지점(X)와 지점 (X+視距) 사이에 위치한 record들중 어느 한 record에서라도 눈높이 標高가 實際標高보다 낮으면 지점(X)에서 視距上의 問題가 있다고 判定한다. 만약 이러한 상황이 처음으로 發生하면 이 지점을 視距上 問題區間의 始點으로 選定한다.

e) Computer program은 d) 조건을 계속해서 適用, 주어진 視距가 最小限視距를 초과하는 지점을 發見하여 이 지점에 視距上 問題區間의 終點을 設定한다.

2) 平面圖의 視距

縱斷面圖에서의 視距는 前節에서 檢討된 바와 같다. 實務者의 立場에서 볼때 어느 道路地點에서의 視距는 縱斷面은 물론 平面圖에서의 視距도 함께 고려하여 立體的인 觀點에서 檢討를 수행하는 것이 필요하다. 平面曲線의 右側車線에 運轉者가 있다고 가정할 때 視距는 曲線을 따라 展 距離이며 運轉者의 눈높이와 장애물을 連結한 透視線은 直線距離이다. 따라서 computer program은 어떤 형태의 장애물이 이 透視線內에 들어오기를 檢討하게 된다. 일정 最小視距에 대해 必要한 中央點距離(Middle Ordinate)는 運轉者位置와 曲線의 伴徑에 따르게 되며 本 研究에서는 다음의 세가지 경우를 고려하여 計算하

$$\gamma = \cos^{-1} \left(1 - \frac{BD_2 \sin \eta}{R} \right)$$

f) 最小視距確保를 위해 必要한 中央點 距離를 구한다.

$$\delta = \theta + \alpha + \gamma$$

$$m = R \left(1 - \cos \frac{\delta}{2} \right)$$

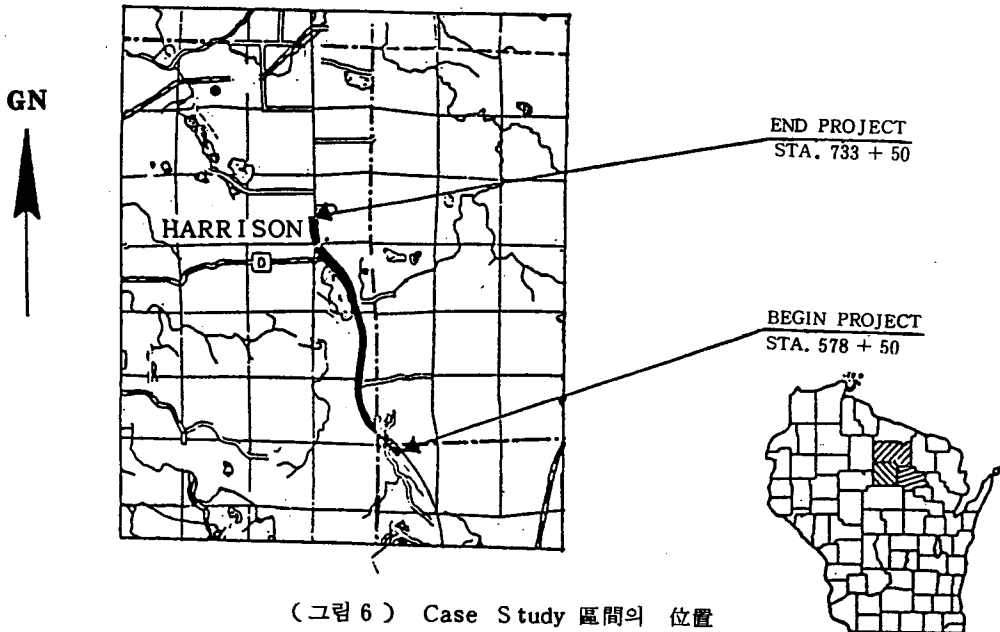
4. Computer Program의 검정

本 研究에서 開發된 Computer program의 의도한 바대로 作動하는가를 檢査하기 위해 Computer program에 의해 얻어진 結果를 손으로 직접 계산한 結果와 比較하였다. 이를 위해서 미국 위스컨신주 북부지방을 통과하는 2차선 지방도로인 STH 17에서 얻어진 도로제원이 사용되었다. 이 道路區間의 시작지점과 마지막지점에서의 위치는 각각 573 + 33 과 733 + 50 이었으며 시작지점의 Odometer reading 은 27.24 이었다. (그림 6) 은 Case Study 道路區間의 位置를 나타낸다. Computer program과 手作業에 의해 얻어진 道路安全問題地點들의 Odometer reading이 <표 2>와 <표 3>에 표시되어 있

다. 전체적으로 보아 Computer program에 의해 얻어진 結果는 實際의 道路諸元에 手作業을 適用하여 얻은 結果와 거의 一致함을 할 수 있다. 단지 조금씩 발생하는 誤差는 주로 道路의 기하학적 구성요소를 Datalog Vehicle을 利用하여 취득할 때 생긴 誤差에 기인하는 것으로 믿어진다. 그러나 道路의 適合性을 檢討하는 등의 比較적 상세한 道路特性을 要求하지 않는 경우에는 약간의 誤差를 무시할 수 있을 것이다.

III. 結 論

本 研究에서는 Datalog Information을 利用하여 道路의 安全度를 點檢하는 方法을 提示하였다. Datalog Information을 利用할 경우 굳이 道路의 平面圖나 縱斷面圖를 필요로 하지 않고도 Computer program을 利用하여 問題地點을 찾아낼 수 있는 것으로 判明되었다. 또한 Computer program에 의해 얻어진 道路의 設計圖面은 매우 정확하여 미소한 量의 기하학적 變化를 용이하게 安全性 分析에 반영시킬 수 있는 장점을 지니고 있



(그림 6) Case Study 區間의 位置

〈표 2〉 추월금지 구간의 비교

Zone #	Manual			Computer Program			Difference		
	From (odm)	To (odm)	L (ft)	From (odm)	To (odm)	L (ft)	From (odm)	To (odm)	L (ft)
1	27.57	27.75	950	27.56	27.74	950	- 0.01	- 0.01	0
2	27.95	28.06	581	27.99	28.06	370	+ 0.04	0	- 221
3	28.43	28.60	898	28.46	28.61	792	+ 0.03	+ 0.01	- 106
4	28.97	29.05	422	28.99	29.06	370	+ 0.02	+ 0.01	+ 52

〈표 3〉 정지시거 문제지점의 비교

Zone #	Manual			Computer Program			Difference		
	From (odm)	To (odm)	L (ft)	From (odm)	To (odm)	L (ft)	From (odm)	To (odm)	L (ft)
1	27.57	27.75	950	27.53	27.67	739	-0.04	- 0.08	- 211
2	28.48	28.62	739	28.41	28.57	845	-0.07	- 0.05	+ 106

다. 또한 최근 급속히 발달하는 Computer 技術의 影響으로 道路設計의 電算化 및 自動化가 대두되는 點을 감안할 때 Datalog Information 은 道路의 기하학적 特性을 迅速, 正確하게 提供하여 주기 때문에 그 活用價値가 매우 높다고 하겠다.

Case Study를 통해 分析한 結果, 本 研究에서 開發한 Computer program은 매우 精確한 數値를 算出하는 것으로 나타났다. 다만 道路의 기하학적 要素를 취득하는 단계에서 發生하는 機械誤差로 인하여 다소 實際値와 맞지 않는 경우가 發見되나 이는 本 研究의 目的이 道路에 추월금지구간이나 減속표지판등의 實際交通統制施設 位置를 決定하는 것이 아니고 道路安全性이 결여된 地點의 대략적 위치를 파악하여 道路의 改善에 대한 타

당성여부를 分析하고자 하는 것임을 감안할 때 本 研究에서 開發된 Computer program은 充分한 正確度를 提供하는 것으로 판단된다.

參 考 文 獻

1. AASHTO, A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS, 1984, pp136~157
2. Jaisung Choi, A COMPUTERIZED METHODOLOGY FOR HIGHWAY DEFICIENCY ANALYSIS AND PROJECT DEVELOPMENT, Ph.D. Dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Wisconsin-Madison, 1987