

道路 線形改善의 Performance 分析技法에 관한 研究

A Performance Analysis Methodology for Evaluating Highway Geometric Improvement

崔 在 星
Choi, Jai Sung

Abstract

The state-of-art knowledge of highway performance analysis model was developed in this research and a computerized process named GUCAM(Geometric-specific User Cost Analysis Model) was established to facilitate the computational procedure.

A comparison of GUCAM was made to HIAP program using a case study of widening two-lane rural highway into four-lane rural. The comparison indicated that GUCAM was more realistic and sensitive to the highway geometric features by virtue of the new methodology for the distribution of highway curves and grades. However, the model still remains insensitive to improvements at isolated locations such as specific grades or curves. Further research is required to straighten out this problem.

要 旨

本 研究에서는 道路幾何構造 改良이 發生하게 될 performance 分析 模型을 最近 技法을 통하여 開發하였고 그 節次上的 算定 過程을 電算化하여 GUCAM(Geometric-specific User Cost Analysis Model)을 開發하였다.

GUCAM과 HIAP 模型間의 比較를 위하여 地方部 2車線道路를 4車線道路로 확장하는 現場 資料를 入力하였다. 그 結果 GUCAM이 道路의 幾何構造改良에 보다 實際的이고 민감하게 反應하는 것으로 나타났으며 그 이유는 道路의 平面曲線과 구배를 반영하는 節次를 改善하였기 때문인 것으로 판단되었다. 향후의 課題로는 GUCAM이 아직도 한 平面曲線이나 구배의 改良을 충분히 고려하지 못하고 있는 점을 생각하여 이에 대한 보다 正確한 performance 分析에 관한 研究가 될 것이다.

1. 서 론

道路위를 走行하는 車輛들의 通行시간과 走行費用 및 안전도를 分析하여 항상 일정수준 이상의 道路狀態를 유지하는 것은 매우 중요한 일이다. 이

를 위해 道路의 計劃, 設計 및 運營을 담당하는 道路관련분야에서는 道路 安全과 효율성 측면에서 道路의 狀態를 점검하여 일정수준 이이상태로 된 道路에 대해서 道路改良事業을 수행하게 된다. 道路를 改良하게 되면 그 道路를 사용하는 車輛들의 走行時間이 감소하고 車輛走行費用이 감소하며 交

*正會員 · 韓國建設技術研究院

通事故率이 줄게되지만 道路改良費用에 비교하여 경제적 관점에서 얼마만한 효과를 갖는지를 결정하여 다른 投資事業과의 우선순위를 산출해야 한다.

일반적으로 道路의 改良事業은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 새로운 道路의 건설
- 기존 道路의 확장 혹은 재개발
- 曲線部의 제거
- 경사구간의 완화
- 교통통제시설의 설치
- 버스전용차선등의 설치

이러한 道路改良事業들의 영향을 分析하기 위하여 사용되는 技法들은 주로 미국 TRB (Transportation Research Board) 나 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 등의 도로관련기구에서 출판된 보고서에 근거하고 있으며 대개의 경우 이들 分析方法은 使用者費用을 走行速度나 交通量/容量比 (V/C ratio) 에 대한 함수로 표시하며 도표나 회귀함수식을 통하여 산술적 수치로 나타낸다.

본 연구에서는 기존에 개발되어 사용되고 있는 道路使用者費用 分析技法 중 미국의 FHWA (Federal Highway Administration)에서 개발되어 Wisconsin 州政府를 비롯한 많은 기관에서 사용되고 있는 HIAP (Highway Investment Analysis Package) 프로그램을 검토하여 이론상 모순점을 지적하고 이를 여하히 수정할 수 있을지 改善方法을 제시하고자 한다.

2. HIAP (Highway Investment Analysis Package) Program

HIAP program은 道路改良事業의 經濟性分析을 위하여 1976년 미국 聯邦道路局 (FHWA)에 의해 개발된 컴퓨터 프로그램이다. 이 컴퓨터 프로그램은 道路의 經濟性分析을 위해 車輛의 走行速度, 走行費用, 및 交通事故費用을 고려하고 있으며 각 설계대안에 대한 경제적 타당성을 multiple objective 및 multiple criteria의 입장에서 제시한다.

이 프로그램은 3개의 subprogram으로 구성되어 있으며 道路의 使用者費用을 첫번째 subprogram인 EVAL에서 算定하며 설계대안들에 대한 경제

적 수치를 두번째 subprogram인 POSTPRO에서 算定한다. 마지막으로 SELECT라고 불리는 subprogram이 주어진 예산내에서 설계대안별 투자우선순위를 결정한다. 그림 1은 HIAP 프로그램의 개략적인 구조이다.

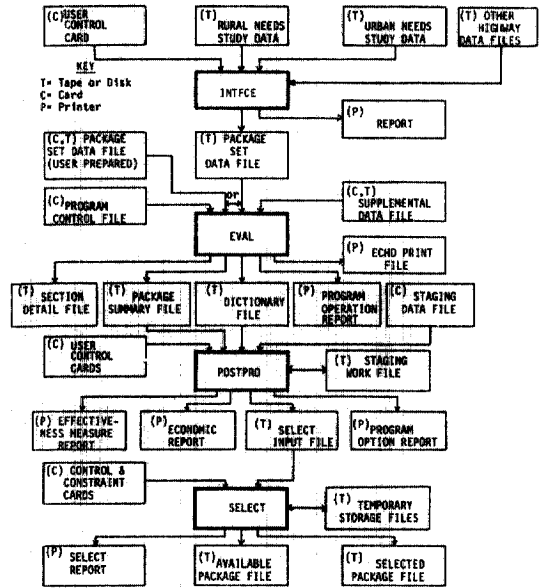


그림 1. HIAP program의 構造

이 프로그램이 배포된 이후 미국에서는 1985년에 道路容量便覽 (Highway Capacity Manual)을 개정하였고 이 프로그램에서 車輛走行費用을 산출할 때 사용한 走行費用表 및 이와 관련된 자료들이 대폭 수정된 바 있다. 또한 미국의 聯邦道路局에서는 HIAP 프로그램을 일부 수정, 보완하였으나 프로그램의 기본골격은 그대로 남아 있어 이 프로그램을 전면 개정할 필요성이 계속하여 요청되어 왔다.

다음은 HIAP 프로그램에서 사용하고 있는 道路使用者便益算定을 위한 기본 이론이다. 이들 이론은 道路工學的 측면에서 합리적으로 정립되기 보다는 경제학 및 交通經濟를 전공한 사람들이 交通流 및 道路幾何構造를 비교적 단순하게 分析하여 만든 것으로 상당히 많은 부분이 검토되어야 한다.

2.1 -日 交通量의 分布

HIAP 프로그램은 1971년 미국의 여러 州에서

표 1 地方部 道路의 交通量 分布¹⁾

ADT/C RATIO RANGE	FRACTION OF ADT / DURATION (IN HOURS)																	
	1-Lane Highway V/C Segment						Multi-Lane Highway Ex. Freeway V/C Segment						Freeway V/C Segment					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0-1	.16	.18	.18	.18	.16	.16	.16	.16	.18	.18	.16	.17	.17	.17	.17	.17	.17	.15
	5.3	5.3	4.0	4.0	2.7	2.7	5.3	5.3	4.0	4.0	2.7	2.7	5.3	5.3	4.0	4.0	2.7	
1-2	.01	.05	.09	.05	.20	.30	.16	.16	.18	.18	.16	.16	.06	.17	.25	.38	.09	
	1.8	2.8	3.3	3.3	8.9	8.8	7.1	7.1	4.0	3.5	3.2	2.2	4.7	5.3	8.8	8.8	1.1	
2-3	.01	.03	.08	.15	.18	.17	.08	.07	.08	.62	.07	.08	.06	.26	.32	.22	.08	
	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.4	6.8	2.5	2.9	11.0	0.9	0.9	4.9	8.0	6.0	3.4	1.0	
3-4	.01	.03	.06	.12	.24	.24	.05	.08	.19	.51	.09	.09	.06	.13	.37	.26	.11	
	3.3	3.3	2.8	3.3	8.9	8.7	5.7	3.7	4.3	8.8	1.2	0.9	5.1	4.4	7.9	4.4	1.4	
4-5	.01	.02	.06	.14	.29	.43	.04	.09	.09	.47	.20	.12	.04	.09	.13	.56	.09	
	2.3	1.8	3.7	4.0	8.9	4.3	4.7	3.4	2.5	8.8	3.2	1.4	4.3	3.9	3.5	16.7	1.1	
5-6	.01	.02	.06	.14	.29	.43	.04	.09	.09	.47	.20	.12	.04	.09	.13	.56	.09	
	2.3	2.1	2.3	4.0	7.4	4.7	4.8	2.9	3.0	10.6	1.4	1.3	5.5	3.1	2.7	6.7	1.3	
6-7	.01	.03	.05	.14	.29	.38	.05	.06	.19	.51	.10	.09	.05	.06	.45	.22	.09	
	3.1	2.7	2.7	3.7	8.9	8.8	4.8	2.7	4.7	9.4	1.4	1.0	4.8	2.9	9.7	4.4	1.0	
7-8	.01	.03	.06	.12	.24	.24	.04	.08	.14	.53	.10	.11	.06	.06	.14	.44	.15	
	3.3	3.0	2.8	3.3	7.9	3.8	4.3	3.4	3.4	10.8	1.5	1.3	6.2	2.3	4.9	8.0	1.3	
8-9	.01	.03	.06	.12	.24	.24	.05	.06	.16	.49	.14	.11	.05	.08	.14	.45	.16	
	2.8	2.8	2.7	3.4	7.9	4.4	4.8	2.8	3.9	9.3	2.1	1.3	5.7	3.1	3.4	8.2	2.2	
9-10	.01	.03	.05	.12	.24	.29	.04	.08	.13	.50	.13	.12	.05	.06	.12	.44	.19	
	3.0	3.0	2.7	3.3	7.2	8.8	3.9	3.8	3.5	9.7	2.0	1.4	6.4	2.5	3.1	7.8	2.3	
10-11	.01	.03	.06	.12	.24	.25	.05	.08	.17	.45	.14	.11	.04	.08	.14	.35	.22	
	3.3	3.3	2.8	3.0	8.9	3.1	4.8	3.3	4.2	8.3	2.0	1.2	6.1	4.1	3.1	5.9	3.0	
11-12	.01	.03	.07	.13	.25	.25	.06	.13	.48	.21	.05	.07	.05	.06	.14	.37	.19	
	3.3	2.9	3.0	2.9	8.7	3.0	5.2	4.2	9.8	3.4	0.6	0.8	6.0	2.5	3.5	6.9	2.6	
12-13	.02	.07	.07	.14	.28	.04	.06	.11	.25	.31	.05	.12	.08	.25	.38	.14	.04	
	5.8	3.3	2.7	4.3	4.3	0.4	4.8	4.0	7.7	5.4	0.7	1.4	6.7	6.3	7.2	1.9	0.5	
13-14	.02	.04	.06	.13	.26	.13	.06	.08	.25	.38	.05	.13	.07	.18	.33	.11	.02	
	4.9	2.7	2.2	3.0	6.9	1.3	3.5	3.0	5.8	6.8	0.9	2.3	7.1	4.8	7.9	1.8	0.3	
14-15	.02	.03	.06	.12	.24	.21	.05	.07	.16	.39	.07	.14	.06	.13	.25	.13	.03	
	5.2	2.4	2.3	3.2	8.2	2.6	5.3	2.4	4.5	7.3	1.1	3.3	5.9	4.2	7.2	2.2	0.5	
15-16	.02	.03	.05	.10	.20	.20	.04	.06	.13	.26	.10	.31	.05	.10	.20	.17	.08	
	5.3	2.4	2.0	2.2	8.1	3.8	4.7	2.9	3.4	6.9	1.8	4.4	5.3	3.9	6.1	3.1	0.5	
16-17	.02	.03	.04	.08	.16	.16	.04	.05	.10	.20	.14	.39	.05	.08	.16	.21	.03	
	5.7	2.4	1.8	1.9	7.1	5.3	4.7	2.4	2.9	5.8	2.4	6.0	5.3	2.9	4.4	4.0	0.5	
17-18	.02	.03	.04	.08	.16	.16	.02	.06	.12	.24	.17	.50	.04	.07	.14	.16	.06	
	5.9	1.9	1.7	1.8	5.0	7.5	4.0	3.1	1.8	3.8	3.1	8.2	4.5	2.8	3.5	3.5	1.1	

제공한 交通量조사료를 이용하여 一日交通量을 6개의 구간으로 나누어 각 구간마다 일정한 양의 交通量을 배분하였다. 이때 交通量의 배분을 위해서 道路의 형태, 一日平均交通量/容量比, 및 지역형태를 사용하였으며 각 구간에 대한 지속시간(Duration)도 동시에 결정하였다.

표 1은 一日交通量의 분포표 예이다.

표 1에서 좌측 column은 ADT를 도로용량으로 나눈 값이며 오른쪽에 6개의 時間帶에 대한 V/C비를 나타낸다.

각 구간에서 V/C비를 결정하기 위해 HIAP 프로그램은 다음의 식을 사용한다.

$$V/C = (ADT/C) \cdot (FRADT) / DUR$$

여기서,

ADT/C = 一日 平均交通量 / 道路容量

FRADT = 각 구간에서의 交通量 / ADT

DUR = 지속 시간수(시간)

이 방법을 사용하면 매우 간단한 방법으로 하루 중 어느 시간대에 대한 V/C를 算定할 수 있으나

V/C를 얻기 위해 日平均交通量과 道路容量만이 포함 되므로 다음과 같은 형태의 道路改良事業에 대한 投資效果 分析을 제대로 수행할 수 없게 된다.

- 어느 특정한 수평 및 종단곡선에 대한 道路改良이 이루어진 경우
- 交叉路의 道路改良事業
- 道路의 幾何構造를 改善하였으나 平均速度는 변하지 않는 경우

또한 표 1에서 살펴보면 2차선지방부도로에서 ADT/C비가 3.5일때 最大交通을 갖는 구간에서 시간당 交通量은 ADT의 73%에 불과하며 하루를 통해 볼 때 이런 상태는 6.1시간동안 계속된다. 이를 한해에 대해 고려하면 2227시간이다. 그럼 2는 미국의 Wisconsin州에 실제로 조사한 交通量資料와 HIAP 프로그램에서 사용하고 있는 一日 交通量 분포를 비교한 것으로 HIAP 프로그램은 V/C비와 평균 走行速度를 서로 聯關 시키므로써 交通量이 많은 구간에서 道路使用者費用을 실제보다 낮게 산출함을 도시하고 있다. 道路使用者費用은

V/C와 직접적으로 관계가 있으며 V/C는 다시 交通量の 예측과 直結된다는 점에서 이러한 비합리성은 반드시 해결되어야 한다.

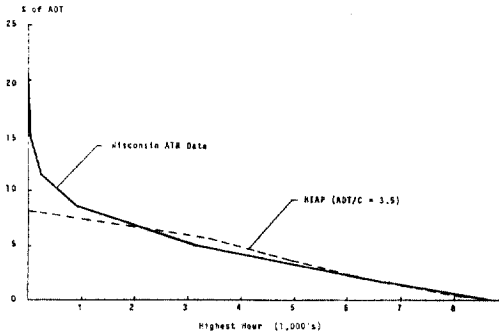


그림 2. 一日 交通量 分布의 比較^②

2.2 통행시간의 算定

HIAP 프로그램에서는 한 도로구간에서 소요되는 통행시간을 결정하기 위하여 交通量/道路容量比(V/C)에 따라 平均速度를 결정하고 도로구간의 길이를 平均속도로 나눈 값을 통행시간으로 한다. 이 때 道路容量을 算定하는데 필요한 변수는 크게 보아 道路의 幾何構造, 交通流의 특성, 및 車輛특성인데 道路改良事業이 담당하는 道路의 幾何構造 改善중 平面曲線에 대한 고려가 道路容量 算定節次에 명확히 규정되어 있지 않다는 점이 주목할 만하다. 예를 들어 한 도로 改良事業에서 매우 급한 平面曲線(이를 테면 R=300m)을 비교적 완만한 平面曲線(R=600m)으로 改良한다고 할 때 현행 도로용량 算定節次에서 平面曲線의 영향에 의한 보정계수가 사용되지 않고 있으므로 道路의 改良에 의한 使用者費用은 전혀 변하지 않게 된다. 이는 많은 경우에 있어 道路의 改良事業은 平面曲線의 완화에 주력한다는 점에서 HIAP 프로그램이 갖는 큰 문제점이라고 볼 수 있다.

또 한가지 지적할 수 있는 것은 道路의 幾何構造에 관한 HIAP 프로그램의 假定이다. HIAP 프로그램의 빈도를 道路의 형태에 따라 平均的으로 결정한다. 예를 들면 한 도로구간이 2차선道路라고 할 때 HIAP 프로그램은 그 道路구간내에서 平面曲線의 경우 R=600m 이상이 몇개, R=300-600m 인 曲線이 몇개, R=300m 이하인 曲線이 몇개 있

는가를 미국의 여러 州에서 수집한 자료에 근거하여 平均的으로 假定한다. 道路의 계획을 수행하는 부서에서는 광범위한 지역을 정책적인 면에 따라 分析한다는 점에서 이와 같은 方法을 사용해도 큰 무리가 발생치 않을 수도 있으나 道路改良事業의 각 대안을 分析하여 道路의 能率(efficiency)과 安全(safety)面을 고려해야 하는 경우 이와 같은 方法을 적용할 수 없는 것은 분명하다.

이미 언급한 바대로 HIAP 프로그램은 통행시간을 算定하기 위해 V/C비를 사용한다. V/C비를 速度의 개념에 연관시키기 위해 HIAP 프로그램은 미국에서 개발된 highway capacity manual에서 사용하는 速度對 V/C비 圖를 사용하고 있다. 1965년에 출판된 미국의 highway capacity manual에서는 V/C비를 車輛의 走行速度(operating speed)와 연관시켰으나 1985년에 새로 개정된 highway capacity manual은 平均速度(average travel speed)에 기초한다. 走行速度와 平均速度의 차이를 보면 널리 이해되고 있는 대로 走行速度는 車輛이 走行하는 상태에서 관찰한 대다수 車輛의 速度이며 平均速度는 道路의 주변조건, 예를 들면 曲線반경, 경사등의 영향을 받아 결정된 速度이다. HIAP 프로그램은 1965년판 highway capacity manual에 근거하여 이루어진 것임을 생각할 1985년 개정된 highway capacity manual을 현행 HIAP에 도입하기 위해서는 走行速度를 平均速度로 대체하고 HIAP 프로그램 내부에서 수행하는 曲線반경과 경사구배등의 영향을 반영하는 보정작업을 제거해야만 한다. 현행 HIAP 프로그램에서는 V/C비에 의해 走行速度를 산출하고 여기에 道路의 평면 및 종단線形을 고려한 速度變化回數(speed change cycles) 및 평면교차에 의한 停止回數(sotp cycles)를 산출한다. 한편 엔진의 空廻轉量(idling)과 철도건널목에 의해 발생하는 철도건널목 橫斷回數(railroad crossings)의 영향이 고려되어 道路의 使用者費用이 최종 결정된다. 따라서 현행 HIAP 프로그램의 일부 速度算定 節次에 대한 수정이 필요하다.

다음은 HIAP 프로그램에서 사용되는 통행시간 算定 항목들이다.

(1) 走行速度(Operating Speed)

HIAP에서 사용되는 走行速度는 車輛의 停止나

速度變化횟수등의 速度저해요소에 영향을 받지 않고 산출되는 速度이다. 이렇게 정의되는 走行速度는 道路의 線形에 의한 영향을 고려하지 않으므로 平面曲線, 경사, 停止 신호, 速度變化횟수등 道路의 線形 및 주변조건에 의한 영향을 따로 算定하여 走行速度에 반영 平均速度를 얻게 된다. 이 分析方法이 갖고 있는 문제는 速度曲線의 變化率에 관한 것으로 그림 3에서 도시하는 대로 현행 HIAP 프로그램에서 사용하는 速度曲線의 變化는 V/C 비의 증가에 따라 너무 급격히 감소한다는 점이다.

또한 도시부 道路의 경우 車輛의 速度는 交叉路의 지체시간이나 道路의 제한속도에 지배를 받게 되며 동시에 交通流과 幾何構造의 영향을 고려할 필요가 있다. 이는 매우 복잡하여 결정기 어려운 과제로서 현행 HIAP 프로그램은 이들 速度와 관련된 요소들을 독립적으로 分析하여 그 중 가장 낮은 速度를 산출케 하는 요소가 그 道路의 速度를 지배한다고 생각한다.

또 한가지 생각해야 할 점은 車輛의 형태에 따른 速度의 구분이다. 현행 HIAP 프로그램은 走行速度를 구하여 이를 승용차의 速度라고 생각한다. 그 후 single unit truck 과 multiple unit truck 에 대한 速度는 승용차 走行速度와 함수로 표시하는데 이를 위해 FHWA에서 개발된 다음의 회귀함수식을 사용한다.

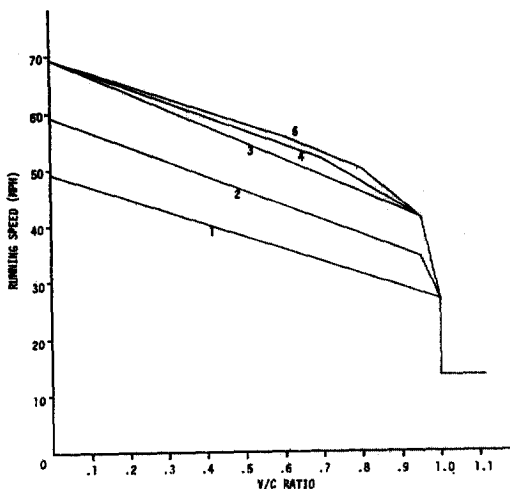


그림 3. 평균 走行速度와 V/C 비의 關係⁽¹⁾

$$ARS_{su} = 0.961 \times ARS_{auto} - 0.00115 \times (ARS_{auto})^2$$

$$ARS_{mu} = 0.943 \times ARS_{auto} - 0.00059 \times (ARS_{auto})^2$$

이 分析技法은 1875년판 highway capacity manual 에서 平均速度를 구할 때 交通量 전체에 대한 速度를 구할 뿐 車輛형태에 따른 세부화된 分析을 시도하지 않는다는 점을 감안할 때 수정되어야 한다. 만약 이를 그대로 지속 사용한다고 할 경우 적어도 한국의 道路上에서 수집된 자료에 의해 승용차 走行速度와 single unit 및 multiple unit 트럭 速度간의 상호관계를 규명해야 할 것이다.

(2) 平面曲線과 구배에 의한 速度變化

현행 HIAP 프로그램은 V/C와 走行速度와의 관계에 의해 車輛의 走行速度를 산출한 후 平面曲線과 구배를 道路의 형태에 따라 임의적으로 결정하여 走行速度에 그들의 영향을 반영시킨다. 표 2는 平面曲線과 구배의 영향을 고려하기 위한 보정계수이다. 즉, 한 道路支點에서와 평면곡선 및 구배 특성에 따라 1~20까지의 指數가 決定되며 각 指數別로 속도와 走行費用에 대한 影響을 고려한다. 개정된 道路용량편람에서는 이미 平面曲線과 경사부에 의한 영향을 고려하여 平均速度를 算定하므로 이 절차는 의미가 없게 되었다.

(3) 速度變化回數 (Number of Speed Chages)

速度變化回數란 道路의 일정구간에서 발생하는 速度의 變化회數로서 운전자들이 平面曲線이나 급한 경사부에서 走行하기 위해 速度를 조절할 때 발생하게 된다. 현행 HIAP 프로그램에서는 速度變化回數를 算定하기 위해 그림 4에서 보는 바와 같이 승용차, single unit truck, 및 multiple unit truck 의 1 마일 (mile) 당 速度變化回數를 走行速度와 연결시켜 결정하였다. <그림 4>에서 보는 바대로 走行速度와 차종별 速度變化회수를 연관시키기 위해 매우 적은 수의 자료가 사용되어 결과의 신빙성이 매우 적다. 速度變化回數를 算定하기 위해 사용한 식은 다음과 같다.

$$SCH_{auto} = a \log_{10}(ARS_{auto}) + b$$

交通流 전체를 보아 생각한 車輛의 停止回數는 다음과 같다.

$$STP = 10^d \times (SCH_{auto})^c$$

$$SCH_{su} = e(SCH_{auto} + 0.00191) \times (SCH_{auto} + STP)$$

$$SCH_{mu} = e(SCH_{auto} + 0.00954) \times (SCH_{auto} + STP)$$

표 3은 매개 변수 a, b, c, d, e에 대한 道路 형태

표 2 평면곡선 및 구배에 대한 보정계수⁽¹⁾

Average Stopping Speed, mph	수평곡선 및 경사에 따른 계수																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000
35	1.000	1.000	0.994	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.998	0.998	1.000	0.999	0.996	1.000	1.000
40	1.000	1.000	0.990	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	0.996	1.000	0.999	0.994	1.000	1.000
45	1.000	1.000	0.983	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.993	0.993	0.998	0.998	0.991	1.000	1.000
50	1.000	0.999	0.974	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	0.993	0.989	0.995	0.998	0.988	1.000	1.000	1.000
55	0.999	0.997	0.963	1.000	0.997	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	0.999	0.982	0.984	0.993	0.995	0.984	0.999	1.000	1.000
60	0.997	0.994	0.950	0.998	0.996	0.996	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000	0.998	0.972	0.977	0.989	0.995	0.978	0.998	0.999	0.999
65	0.995	0.991	0.935	0.995	0.993	0.992	1.000	0.999	0.993	1.000	1.000	0.996	0.960	0.970	0.985	0.993	0.969	0.995	0.998	0.998
70	0.991	0.985	0.918	0.993	0.990	0.984	1.000	0.996	0.985	1.000	0.999	0.994	0.943	0.951	0.961	0.980	0.961	0.993	0.995	0.995

별 수치이다. 이들 매개변수는 위에서 提示한 速度變化回數의 算定式의 매개변수들이다.

한편 速度變化의 정도(magnitude of speed change)를 算定하기 위해 走行速度와 速度變化정도의 관계는 FHWA에 의해 개발된 다음 식을 사용한다.

$$ARS = \text{Min}(ARS_{\text{auto}} - f \times ARS_{\text{auto}} + g)$$

따라서 變化後의 速度는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$FS = ARS_{\text{auto}} - ARS$$

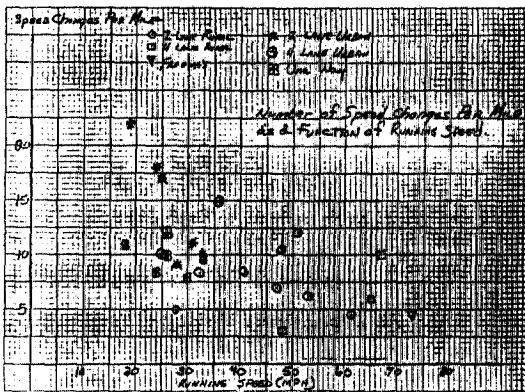


그림 4. HIAP 프로그램의 速度變化回數 資料⁽⁴⁾

한편 100번의 速度變化주기당 소요되는 초과시간은 표 4에 나타나 있다.

몇몇 學者에 의해 표 4에 나타난 바를 회귀함수 식으로 표시하려는 努力이 있었으나 역시 正確한

分析을 위해 表를 사용한 것이 바람직하다는 생각이 지배적이다.

速度變化에 의해 발생하는 초과주행시간은 走行速度에 의해 산출된 통행시간에 더하여져서 이론적으로 운전자들이 실제 道路上에서 경험하는 상황을 고려코자 하였다. 이 分析 技法은 다른 경우와 마찬가지로 1985년 개정된 highway capacity manual이 走行速度를 사용하는 대신 平均速度를 사용하게 되므로 이미 交通流내에서 발생하는 道路조건에 따른 速度變化효과를 포함한다는 점에서 더이상 타당한 方法이 될 수 없게 되었다. 또한 미국의 몇군데 지점에서 조사한 제한된 자료에 근거하여 走行速度와 速度變化회수를 정립한 FHWA의 식을 한국의 道路조건에 그대로 사용하기 어렵다는 점에서도 현행 HIAP 프로그램이 사용하고 있는 分析 方法은 전면 수정되어야만 한다.

(4) 停止回數(Number of Stops)

현행 HIAP 프로그램은 車輛의 停止回數를 구하기 위해 vehicle-mile당 停止 횟수를 승용차의 vehicle-mile당 速度變化回數에 연관시켰다. 이때 회귀곡선식은 道路의 형태에 따라 결정되는 비교적 단순한 식이어서 車輛이 停止해야 하는 道路조건의 영향이 보다 더 세밀히 分析되어야 한다. 한편 100번의 車輛停止에 의한 초과 통행시간은 표 4의 맨 좌측 column에 나타나 있다.

이론적으로 불매 車輛의 停止는 停止신호가 설치된 交叉路와 신호등交叉路에서 발생하게 된다.

표 3. 速度變化回數와 停止回數 算定式的 매개 변수^{①)}

Facility Type	a	b	c	d	e			f	g
					Auto	S. U. Truck	M. U. Truck		
1	-7.4	18.7	.61	-1.41	1.00	1.00	1.00	0.092	14.5
2	-7.4	19.5	.61	-1.41	1.00	0.70	0.91	0.036	12.2
3	-7.4	18.3	.61	-2.79	1.00	0.38	0.75	0.036	12.2
4	-20.5	41.5	1.58	-0.85	1.00	1.00	1.00	0.078	9.9
5	-20.5	40.0	1.58	-0.85	1.00	0.70	0.91	0.014	10.8
6	-7.4	18.3	.61	-2.79	1.00	0.38	0.75	0.036	12.2
7	-20.5	39.5	1.58	-0.85	1.00	1.00	1.00	0.069	9.7

표 4. 승용차에 대한 速度變化回數 100회당 초과 시간^{①)}

Initial Running Speed, mph	Speed Reduced to and Returned from, mph													
	STOP	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
5	1.02													
10	1.51	0.62												
15	2.00	1.12	0.46											
20	2.49	1.62	0.93	0.35										
25	2.98	2.11	1.40	0.80	0.28									
30	3.46	2.60	1.87	1.24	0.70	0.23								
35	3.94	3.09	2.34	1.69	1.11	0.60	0.19							
40	4.42	3.58	2.81	2.13	1.52	0.97	0.51	0.16						
45	4.90	4.06	3.28	2.57	1.93	1.34	0.83	0.42	0.13					
50	5.37	4.54	3.75	3.01	2.34	1.71	1.15	0.68	0.35	0.11				
55	5.84	5.02	4.21	3.45	2.74	2.08	1.47	0.94	0.57	0.28	0.09			
60	6.31	5.50	4.67	3.88	3.14	2.44	1.78	1.20	0.78	0.45	0.21	0.07		
65	6.78	5.97	5.13	4.31	3.54	2.80	2.09	1.45	0.99	0.62	0.36	0.18	0.05	
70	7.25	6.44	5.58	4.74	3.94	3.16	2.40	1.70	1.19	0.78	0.50	0.30	0.16	0.04

그러나 이러한 상황이 현행 HIAP 프로그램에 전혀 고려되고 있지 않으므로 개정될 여지가 있다고 하겠다. 도시부 道路의 경우 車輛의 停止에 의한 지체시간이나 車輛走行費用의 증가는 막대한 양을 나타내므로 車輛 停止에 통행시간 증가효과를 보다 정확히 分析하는 것은 매우 중요하다.

(5) 空回轉 시간(Idle Time)

현행 HAIP 프로그램은 車輛이 停止하고 있는 동안의 지체시간을 算定하기 위해 道路형태에 따라 <표 5>를 사용한다. 이 표는 전체 통행시간 중 空回轉시간이 차지하는 비율을 道路 形態별로 결정한 것인 바 실제 道路상에서 발생하는 상황과는 매우 다른 결과를 산출할 수 있기 때문에 보다 합리적인 技法이 개발되어야 한다.

(6) 철도건널목 통과 지체시간

철도건널목을 통과할 때 발생하는 지체시간을 계산하기 위해 현행 HIAP 프로그램은 다음의 3가지 지체시간 요소를 고려한다.

- 列車통과시 발생하는 지체시간

표 5. 道路 形態別 空回轉 時間 比率^{①)}

· 地方部 2車線 및 3車線 道路가 아닌 境遇

도로 형태	V/C < .9	V/C > .9
비분리 다차선도로(지방부)	.014	.014
고속도로(지방부)	.004	.004
2차선 및 3차선도로(도시부)	.056	.188
비분리 다차선도로(도시부)	.075	.239
고속도로(도시부)	.019	.061
일반통행로(도시부)	.121	.214

Fraction of Length with Passing Sight Distance > 1500	Average Highway Speed(mph)	
	50-65	65+
.0-.1	.12	.24
.1-.3	.40	.45
.3-.5	.35	.42
.5-.7	.30	.38
.7-.9	.24	.34
.9-1.0	.18	.30

-철도건널목을 통과하기 전 모든 車輛은 반드시 停止하여야 하는 법령에 의해 발생하는 지체 시간

-철도건널목과 道路가 교차하는 철도 건널목내의 요철에 의해 발생하는 지체시간

列車에 의한 지체시간을 算定하기 위해 現行 HIAP 프로그램은 단순한 형태의 待期모형을 사용한다. 이 待期 모형에서 통과 車輛은 철도건널목에 정해진 간격을 두고 도착한다고 假定하며 그 간격을 다음 식에 의해 결정한다.

$$H = (3600 \times HRS \times N) / PADT$$

여기서,

$$H = \text{車輛도착간격(초)}$$

HRS = 一日交通分布에 의해 결정된 지속시간(시간)

N = 차선수(양방향)

PADT = 一日交通量分布에 의해 결정된 특정 V/

표 6. 철도 건널목에서 통과차량이 출발하는데 필요한 시간¹⁾

QUEUE POSITION	HEADWAY IN SECONDS*
1	3.8
2	3.1
3	2.7
4	2.4
5	2.2
6 번째 이상	2.1

C에 대한 交通量(車輛臺數)

列車가 통과하는 도중에 車輛이 도착하여 列車가 완전히 통과하기까지 待期해야 하는 상황을 감

안하기 위해 맨 처음 도착하는 車輛은 H/2 동안만 고려하고 그 후 계속하여 도착하는 車輛은 H간격을 두고 도착하는 것으로 假定한다.

따라서 한 차선을 기준으로 할 때 n번째 도착하는 車輛이 도착할 시점은 다음식에 의해 계산된다.
 $TAn = (n - 0.5) \times H$

列車가 철도건널목을 통과하는데 80초가 소요되는 것으로 假定한다. 따라서 TA_n 이 80초를 넘으면 列車에 의한 待期행렬이 생기지 않고 결국 車輛지체시간은 발생치 않는 것으로 생각한다. 일단 列車가 통과하고 나면 車輛들이 출발하는데 이 때 소요되는 시간을 표 6에 의해 결정한다. 따라서 列車가 통과하는 도중에 도착한 n번째 車輛이 철도건널목이 폐쇄된 후부터 지체된 총지체시간은 다음 식에 의해 결정된다.

$$TDn = 80 + F \times \sum_{i=1}^N TRi$$

여기서,

$TRi = i$ 번째 車輛의 출발시간

$F =$ 트럭의 지체시간계수 $= 1 + 0.5 \times Qt$

$Qt =$ 트럭이 차지하는 비율

TAn 와 TDn 을 비교해 보면 TAn 이 TDn 보다 클 때만 n번째 車輛은 停止함을 알 수 있다. 따라서 과연 몇 번째 車輛까지 停止할 것인가를 알기 위해서는 TAn 과 TDn 을 놓고 풀면 된다. N을 5 이상이라고 할 때

$$N = (TD_5 + 0.5 \times H + 5 \times F \times TD_5) / (H - F \times TR_5)$$

식에 의해 결정한다. 列車가 통과한 후에도 車輛이 계속 도착하게 되면 待期列은 점점 증가한다. 그러나 철도건널목을 통과하는 車輛들이 일정한 속도로 진행해 나가고 도착車輛들의 차두간격이 출발 車輛들의 차두간격보다 짧으면 車輛待期列의 크기는 감소하지 않는다. 待期列이 점점 증가하는 경우 停止하게 되는 車輛의 댓수 N은 다음 식으로 얻는다.

$$N = PADT / L$$

한편 列車가 철도건널목을 통과함에 따라 발생하는 車輛들이 空回轉시간은 다음 식에 의해 算定한다.

$$Tidle = \sum_{i=1}^N (TDi - TAi)$$

$$= N * TT + \sum_{i=1}^N [(1+N-i) * F * TR_i - (i-1/2) * H]$$

이 값에 철도건널목의 차선수와 평균열차통과대수를 곱하면 전체 차량지체시간이 산출된다. 또한車輛 한대당 平均 지체시간을 구하기 위해서는 이 결과치를 全體交通量으로 나누면 된다.

列車가 한대 통과할 때마다 한번씩의 停止상태가 되므로 철도건널목에 의한 차량停止回數는 다음 식으로 얻어진다.

$$STR_t = N * L * \text{FREQ} / \text{PADT}$$

여기서, FREQ = 열차통과횟수

L = 차선수

특기할 것은 미국의 경우 위험한 화물을 운반하는 대형 트럭은 철도건널목에서 반드시 일단 停止해야 하는 규정이 있는 바 이를 고려하기 위해 다음 식이 정립되었다.

$$STR_h = \sum_{c=1}^3 (Q_c * HC_c * R)$$

여기서,

Q_c = 차종 'c'의 비율

HC_c = 차종 'c'중 위험한 화물을 운반하는 차종의 비율

(HC₁ = 0, HC_{2,3} = 0.068)

R = 법에 의한 규정(만약 車輛이 停止하지 않아도 되면 R=0, 만약 停止해야 하면 R=1)

따라서 철도건널목에서의 平均車輛停止回數는 다음 식으로 구한다.

$$STR = STR_t + STR_h$$

이상으로 철도건널목에서의 車輛停止回數의 算定技法을 살펴보았다. 다음으로 철도건널목에서의 速度變化回數를 알아보면 먼저 현행 HIAP 프로그램은 철도건널목에서 停止하지 않은 車輛들은 건널목을 통과하기 위해 10%의 速度를 감소시킨다고 假定한다. 또한 위에서 계산한 STR 값이 해당 도로구간이 포함하고 있는 철도 건널목의 수를 초과하면 STR 값을 철도건널목의 수로 정한다. 다시 말하면 철도 건널목에 의한 停止回數는 전체 철도건널목 개수를 넘지 못한다는 것이다. 따라서 차종 'c'에 대한 平均 速度變化回數는 다음 식으로 결정된다.

$$SCR_c = \text{TXING} - \text{STR}_t - (\text{HC}_c * R)$$

여기서,

TXING = 해당 道路구간에서의 전체 철도건널목 개수

2.3 車輛走行費用의 算定

HIAP 프로그램에서는 車輛의 走行費用을 算定하기 위하여 다음의 5가지 요소를 고려한다.

- 平面曲線과 경사를 고려하여 산출한 走行費用
- 速度變化에 의한 超過費用
- 停止에 의한 超過費用
- 空廻轉에 의한 費用
- 철도건널목을 통과하는데 소요되는 超過費用

현행 HIAP 프로그램은 차종을 승용차, single unit 트럭, multiple unit 트럭으로 구분하여 각 차종에 대해 위의 5가지 사항을 算定한다.

3. GUCAM (Geometry-Specific User Cost Analysis Model)

道路使用者 費用을 算定하기 위해서는 道路위를 走行하는 車輛들이 道路의 幾何條件에 어떠한 영향을 받게 되는가를 分析하여야 한다. 현재 사용되는 道路使用者費用의 分析技法은 대부분 道路조건에 따른 車輛速度變化를 精確히 고려하고 있지 않거나 극도로 단순화시킨 모형을 사용하고 있다.

道路의 幾何條件을 세밀히 分析할 수 있는 상황에서도 단순화된 모형을 사용한다는 것은 적절치 않으며 특히 速度를 算定하는 단계에서 흔히 사용하는 V/C에 의한 용량개념의 速度產出技法은 道路의 線形에 의한 영향을 거의 반영하지 못한다는 점에서 그 적용에 한계를 드러내고 있다. 본 연구에서는 보다 실제적이고 합리적인 道路의 使用者費用分析을 위하여 道路의 幾何條件이 車輛의 走行速度에 미치는 영향을 分析할 수 있도록 다음과 같은 기법을 제시한다.

3.1 통행시간

(1) 平面曲線에서의 走行速度

平面曲線상에서 운전자는 曲線반경이 작으면 직선부에서의 速度를 줄여 平面曲線走行에 무리가 없도록 조절하며 曲線의 반경이 매우 큰 경우 曲

線을 마치 직선부로 생각하여 가능한 한 감속하지 않고 走行하게 된다. 平面曲線에서 운전자가 안전하게 走行할 수 있는 速度, V_g 는 다음 식에 의해 결정된다.

$$V_g = \sqrt{127R(e+f)}$$

단,

R = 曲線반경(m)

e = 편구배

f = 마찰계수

V_g = 安全走行速度(km/時)

이 식에서 알 수 있는 바와 같이 安全走行速度는 曲線반경, 편구배, 및 마찰계수에 영향을 받는다.

이 速度는 道路상에 한대의 車輛만이 走行하고 있다고 假定했을 때의 速度이다. 交通量이 늘어남에 따라 走行速度는 道路의 幾何構造에 영향을 받을 뿐 아니라 함께 走行하는 車輛들에 의한 견제도 받게 되므로 이 관계식을 사용하여 速度를 算定하게 될 경우 V/C 가 높아지게 되면 합리적인 결과를 산출할 수 없게 된다. 한편 交通量에 의해 결정되는 速度 V_t 는 다음과 같다.

$$V_t = a + b(V/C)$$

여기서,

a, b = parameters

V/C = volume/capacity ratio

이는 용량개념에 근거한 速度算定技法으로써 使用者 費用을 算定하기 위해 비교적 많이 사용되어 왔다. highway capacity manual 에서는 각 道路 형태에 따라 V/C 와 速度의 관계를 정립하여 도표로 나타내고 있으므로 이는 오직 대략적인 速度分析에만 적당하다고 볼 수 있다.

실제로는 이 두 종류의 速度들, 즉 V_g 와 V_t 중 작은 쪽 速度가 車輛의 走行速度를 지배한다. 따라서 한 道路支點에서의 실제 走行速度 V_a 는 다음 식에 의한다.

$$V_a = \text{Min. } \{V_g, V_t\}$$

일반적으로 지방부道路에서 道路의 容量分析節次는 道路의 길이가 길 때만 사용할 수 있으며 容量分析節次 內에서 道路의 幾何構造가 미치는 영향은 일부분에만 국한되어 있다. 즉, 한 도로구간에서 V/C 값은 일정하다고 생각할 수 있고 직선부에서는 車輛들이 交通量이 많지 않은 한 최대 走行

速度를 유지하고자 하므로 직선부에서는 交通量에 의해 정해지는 V_t 가 중요하고 曲線부에서는 幾何構造에 의해 정해지는 V_g 가 중요하다. 이는 실제 상황을 매우 적절히 묘사하는 것으로 단순히 道路容量에 근거한 速度算定技法보다 정확한 결과를 산출케 할 것이다. 본 연구에서는 이러한 사항을 고려하면서 실제 車輛走行速度 V_a 를 결정하였다.

(2) 速度전이구간에서의 走行速度

위에서 제시한 方法에 의해 道路上에서의 速度를 결정하게 되면 그림 5 에서 보는 바와 같이 한 도로구간에서의 速度는 불연속선으로 나타내게 된다. 이는 幾何構造가 동일하다면 그 구간의 길이에 상관없이 速度는 일정하며 기하구조만 변하지 않는다면 그 速度가 계속 사용되기 때문이다.

그러나 실제로 운전자들은 交通事故가 발생할 경우처럼 急停止를 하지 않는한 감속/가속도 變化율을 일정한 한도내에서 유지하려고 노력하기 때문에 구간과 구간 사이에서 연속선으로 나타나는 매끄러운 速度 曲線을 그리게 된다. 따라서 실제로는 速度전이구간이 필요하게 된다. 速度전이구간이란 구간별 走行速度차이를 제거하기 위해 감속이나 가속하는 상태의 道路구간으로서 이때의 速度變化率은 車輛의 특성, 두 구간의 速度差, 및 道路

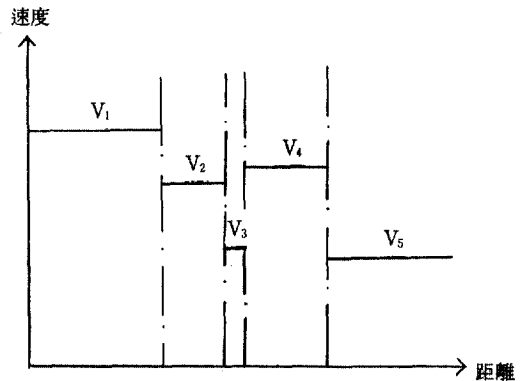


그림 5. 한 道路區間에서의 速度變化例

조건에 영향을 받는다. AASHTO 설계지침에서는 速度전이구간에서의 速度變化를 나타내기 위해 경사부 道路에서 車輛중량/마력비 300 lb/HP 에 근거한 그림 6 과 그림 7 을 사용하고 있고 high-way capacity manual 에서는 차량중량/마력비를 100, 200, 300lb/HP 로 구분하여 나타낸다. 본 연구에서는 경

Deceleration (on Percent Upgrades Indicated)

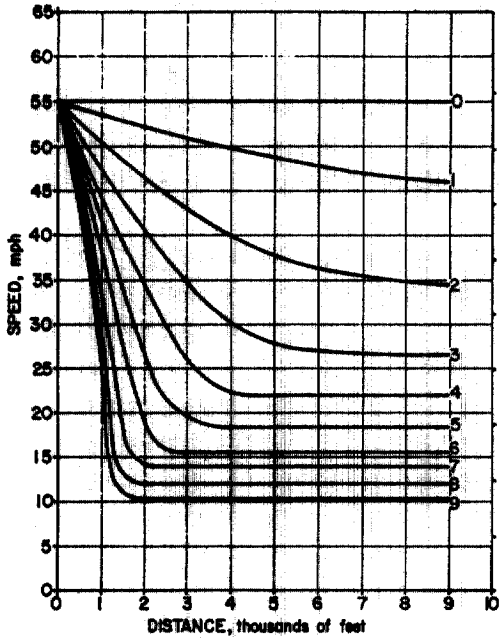


그림 6. 상향 경사 구간에서의 속도변화⁶⁾

Acceleration (on Percent Grades Up and Down Indicated)

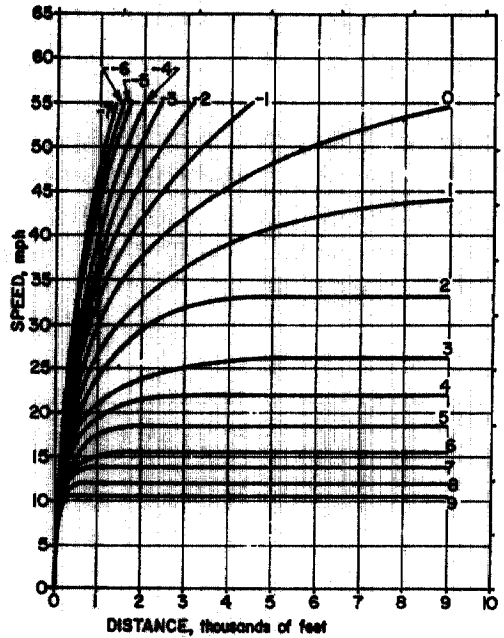


그림 7. 하향 경사 구간에서의 속도변화⁶⁾

사부道路에서의 速度變化를 分析하기 위해 200 Ib/HP를 사용한 AASHTO 설계지침 절차를 사용한다.

한편 平面曲線部로의 진입시 요구되는 감속정도와 曲線部에서 직선으로 진행할 때의 가속정도를 고려하기 위해 종래에는 다음과 같은 方法을 사용하였다.

a. 車輛의 종류에 따라 速度變化率 a m/sec^2 를 다음과 같이 정한다.

승용차 : $0.6m/sec^2$ 트럭 : $0.4m/sec^2$

b. 速度變化를 시작하는 지점의 위치 L 을 다음식에 의해 구한다.

$$L = \frac{V_2 - V_1}{2a}$$

c. 速度전이구간에서 速度變化는 일정하게 발생한다고 생각하여 각 지점에서의 速度 V_x 를 구한다.

$$V_x = V_1 + \frac{(V_2 - V_1)}{L} \times X$$

여기서 X = 速度전이구간 시점으로부터의 거리 (m)

그림 8은 위에서 제시한 速度전이구간에서의 速

度產出 例이다.

3.2 車輛走行費用

현행 HIAP 프로그램에서는 車輛走行費用을 算定하기 위해 미국의 FHWA에서 提示한 車輛의 速度變化回數當 超過費用, 停止費用, 및 空回轉費用을 사용한다. 이 方法은 道路의 幾何構造에 따라 變化하지 않는 結果를 산출하고 있어 실제 道路를 改善하는 경우 效果 分析을 精確히 수행하기 곤란한 문제점을 지니고 있다. 본 연구를 통하여 개발된

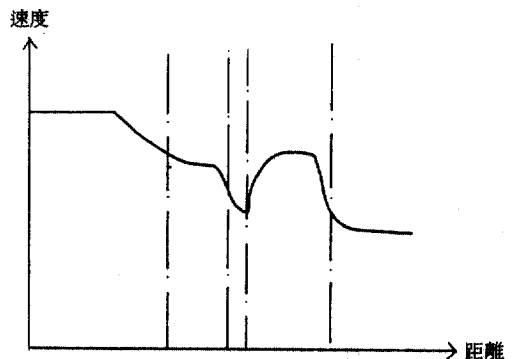


그림 8. 速度전이구간을 고려한 速度變化例

GUCAM 프로그램은 이를 해결코자 다음과 같은 技法을 도입하였다.

a. 본 프로그램의 使用者는 대상 道路구간의 線形에 따라 平面曲線 및 종단曲線 자료를 입력한다. 이 때 제시되는 자료는 표 7의 구분에 따른다.

b. 車輛走行費用을 구하기 위해 최근 Zaniewski에 의해 算定된 미시적 車輛走行費用을 사용하였다. 한편 道路의 포장상태를 고려하기 위해 PSI (Present Serviceability Index) 3.0에 대해 제시된 走行費用을 기준으로 하였다.

표 7

구 분 \ 선 형	수평곡선(반경 : m)	종단곡선(경사 : %)
1	1750-700	0%
2	700-300	±1 - 2
3	300-175	±3 - 4
4	175 이하	±4 이상

4. 검 증

현행 HIAP 프로그램은 4개의 주 프로그램과 26개의 subroutine 및 여러개의 DATA BLOCK으로 구성되어 있다. 또한 컴퓨터 그로그래프는 FORTRAN IV로 씌여졌다. 본 연구에서 개발된 道路의 performance 分析技法에 따라 GUCAM이 의도한 대로 작동하는지 검토하기 위해 手作業에 의해 산출된 결과를 GUCAM의 결과와 비교하였다. 그 결과 GUCAM은 手作業에서 產出된 결과와 一致하였다.

한편 현행 HIAP 프로그램과 GUCAM의 결과를 비교하기 위하여 道路의 改善時 고려할 수 있는 代案을 제시한 후, 각 代案이 갖는 道路조건을 두 컴퓨터 프로그램에 입력하여 그 결과를 分析하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 2차선道路를 4차선道路로 확장하는 경우를 선택하였다. 대상 道路의 현재 道路조건과 확장 후의 道路條件이 표 8에 나타나 있다. 표 8에 나타난 대로 대상道路는 A-E의 5개 구간으로 나누어져 있고 지방부 골목지형인 B구간의 현재 道路조건에 대한 HIAP 프로그램과 GUCAM 프로그램 결과가 표 9에 표시되어 있

다. 표 9에서 보면 GUCAM의 결과가 HIAP 프로그램에서 보다 높은 V/C비를 보이고 있고 높은 V/C비를 갖는 time segment에서는 그 지속시간이 짧고 낮은 V/C비를 갖는 time segment에서 지속시간이 긴 것을 알 수 있다. 즉, 보편적으로 잘 알려져 있는 交通流의 Peaking 특성을 반영하는데는 현행 HIAP 프로그램보다는 본 연구를 통하여 개발한 GUCAM 프로그램이 보다 실제적이라고 할 수 있다.

道路改善의 효과를 分析하기 위해 두 프로그램이 산출한 통행 시간 및 車輛走行費用 便益을 표 10에 비교하였다. 그 결과를 보면 통행시간편익은 HIAP 프로그램에 비해 GUCAM 프로그램이 상당히 적게 산출하고 있으며 車輛走行費用便益은 GUCAM 프로그램에서 더 많이 산출하고 있다. 이는 GUCAM 프로그램에서 높은 V/C비를 갖는 시간대의 지속시간이 짧기 때문이며 道路의 線形을 매우 正確히 分析할 수 있는 GUCAM 프로그램에서 車輛走行費用 產出이 보다 實驗的으로 變化했기 때문이다.

한편 GUCAM 프로그램이나 HIAP 프로그램은 모두 便益算定後에 經濟性 分析을 수행한다. 經濟性 分析을 위해서는 限定된 豫算을 점진적으로 投資하여 最大의 投資效果를 기할수 있는 境遇에 많이 使用하는 incremental B/C 分析技法을 適用한다. 물론 未來의 便益을 現在價値로 환산하는 作業이 必要하며 道路의 확장 또는 신설에 따른 所要工事費의 推定이 포함된다.

本 研究에서는 GUCAM 프로그램의 검증을 위해 한개 道路支點에서 모든 分析過程을 수행하였다. 地形 및 환경이 판이하게 다른 몇개의 支點에 대한 檢討가 바람직하나 本 研究에서는 理論의 定立에 注重하였고 이미 手作業에 의한 검증작업을 거쳤기 때문에 한개 地點에만 適用하였다.

向後 多樣한 道路條件에서의 프로그램 검증이 수행될 것이다.

5. 결 론

GUCAM 프로그램은 道路投資分析을 위해 개발된 모형이다. 종래에는 HIAP 프로그램을 사용하여 왔으나 GUCAM 프로그램을 개발함으로써 보다 합리적으로 道路改善의 效果分析을 수행할 수 있게 되었다. 이 모형은 현재 널리 사용되고 있는 交

표 8. Case Study 對象 道路의 現在 및 改良後 條件

SECTION	A	B	C	D	E
Area	Urban	Rural	Rural	Rural	Rural
Terrain	Level	Rolling	Rolling	Rolling	Rolling
Intersections	1	0	0	0	0
Length(mi)	0.7	1.7	5.2	8.8	0.7
EXISTING DESIGN					
Hwy Type	2-Lane				
Design Speed	35	50	50	50	50
RSD>1500ft(%)	100	78	78	78	67
Pavement Width	11	12	12	12	12
Shoulder Width	6	6	6	6	6
ADT(1986)	12,333	10,400	6,773	7,766	8,493
ADT(2016)	20,225	18,225	11,552	13,135	14,540
% SU Trucks	4	4	4	4	4
% MU Trucks	4	4	4	4	4
PROPOSED DESIGN					
Hwy Type	4-Lane Undivided				
Design Speed	35	60	60	60	60
Pavement Width	11	12	12	12	12
Shoulder Width	6	6	6	6	6

표 9. HIAP 과 GUCAM 의 比較

	Time Segment					
	1	2	3	4	5	6
HIAP						
V/C Ratio	0.48	0.38	0.25	0.14	0.07	0.02
Duration(HRS)	5.3	6.8	3.7	2.4	2.7	3.1
Travel Time(HRS)						
Auto	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
SU Truck	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
MU Truck	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Operating Cost(\$)						
Auto	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
SU Truck	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.26
MU Truck	0.80	0.80	0.80	0.78	0.77	0.74
GUCAM						
V/C Ratio	0.95	0.78	0.61	0.43	0.26	0.08
Duration	0.1	0.1	0.6	3.4	9.0	10.8
Travel Time(HRS)						
Auto	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
SU Truck	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
MU Truck	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
Operating Cost(\$)						
Auto	0.27	0.33	0.35	0.38	0.41	0.45
SU Truck	0.74	1.13	1.27	1.32	1.04	1.34
MU Truck	1.14	2.50	2.93	3.06	2.04	3.05

표 10. 통행시간 및 차량 주행비용의 비교

	HAIP	GUCAM
Present Worth of Benefits(\$ 1000's)		
Travel Time : Auto	55,662	14,931
SU Truck	3,884	957
MU Truck	6,705	1,622
Operating Cost : Auto	(45,176)	6,260
SU Truck	2,048	4,591
MU Truck	4,526	3,384
Net Present Worth(\$ 100's)	121	4,218
B/C Ratio	1.0	1.2

통류 分析技法을 포함하고 있으며 최근에 출판된 車輛走行費用 자료를 활용하므로써 道路使用者費用 分析 技法을 改善코자 하였다.

또한 GUCAM 프로그램은 道路의 幾何構造에 매우 예민하게 반응하므로써 실제적인 改善效果分析을 가능케 하였으나 아직도 어느 한 曲線의 改善이 아주 미소한 幾何構造의 變化만을 포함하는 경우 그 영향을 충분히 반영시키고 있지 못하다. 차후 이 방면에 집중적인 연구 노력이 기울여 질 것이며 아직까지도 使用者의 직접 입력에 의해 해결되고 있는 道路의 횡단면 및 포장상태에 관한 전산화 技法을 개발할 것이다.

參 考 文 獻

1. "Highway Investment Analysis package", Report No. DOT-FH-11-8252, FHWA, Washington, D.C., March 1976.
2. "Highway Capacity Manual", Special Report 87, Highway Research Board, Washington, D.C., 1965

3. "Highway Capacity Manual", Special Report 207, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1985
4. "Highway Investment Analysis Package", Report FHWA-PL-79-014, FHWA, Washington, D.C., June 1979.
5. Aunet, B, and D. Schaul, "Peak and Design Hourly Traffic Volume Factors for Wisconsin Department of Transportation," May 1981.
6. "A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus-Transit Improvements," American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1977
7. Zaniewski, et al, "Vehicle Operating Cost, Fuel Consumption, and Pavement Type and Condition Factors", Texas Research and Development Foundation, June 1982.
8. "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", AASHTO, 1984

(接受 : 1989. 3. 7)