

舗装工事におけるプロジェクトレベルの LCC算定法に関する研究

谷口 聡¹・吉田 武²

¹正会員 独立行政法人土木研究所（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

E-mail: taniguti@pwri.go.jp

²非会員 同 上 （ 同 上 ）

ライフサイクルコスト分析は維持修繕予算を効果的に分配するのに必要不可欠である。ライフサイクルコストを適切に把握するためには、道路管理者費用のみならず、道路利用者費用、沿道及び地域社会の費用についても考慮しなければならない。本研究では、LCCの算定項目の検討、米国連邦道路庁の“Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design”を日本で収集されているデータや文献を用いて計算する方法の検討、並びに現道におけるライフサイクルコストの試算を行った。その結果、「交通量累加曲線」は工事区間の影響にされる交通量及び渋滞時間を容易に算出することができた。また、工事区間の渋滞の影響が大きな比重を占めることがわかった。

Key Words : life-cycle cost, road user cost, work zone, queue

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

高齢化社会の到来や維持管理費用等の投資能力の減少を背景として、供用性の高い安全で快適な道路の提供に加え、道路資産の効率的活用が求められている。このため、舗装のライフサイクルコスト(以下、LCC)を最小にし、合理的な整備・管理・維持・補修ができるマネジメントシステムの開発が不可欠である。また、LCC分析にあたっては、道路管理者の視点のみならず、道路利用者、沿道及び地域社会の視点を考慮したうえで、LCCの算定方法やLCCを考慮した維持管理手法を提案する必要がある。

本研究は、道路管理者のみならず道路利用者、沿道および地域社会の立場から舗装を評価する手法を開発する一環として、LCCの算定項目の提案及び道路利用者費用の算定方法を確立することを目的を行う。

(2) 研究の方法

ライフサイクルコストの費用項目については、米国連邦道路庁(以下、FHWA)の“Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design”(以下、FHWA-LCCA)¹⁾、世界銀行で開発したHDM-IIIをPIARC(世界道路協会)が中心となって改良したHDM-4²⁾、日本においてはLCCAの先進事例である東京都の長期供用舗装導入に関する調査(以下、東京都LCCA)³⁾といった、国内外の研究成果を整理統合

する形で費用項目のとりまとめを行った。

また、道路利用者費用の算定法を検討するため、FHWA-LCCAに示されている工事区間の道路利用者費用算定法をレビューし、日本で収集されているデータや文献をもとに算定するためのアルゴリズムの検討を行うとともに、道路利用者費用について試算を行った。

さらに、実際の道路の条件をもとにLCCの試算を行った。

2. LCCの算定項目

「舗装の構造に関する技術基準・同解説」⁴⁾では、主な費用項目として、道路管理者費用、道路利用者費用、沿道および地域社会の費用を取り上げている。以下、これらの項目について国内外の文献をもとにブレイクダウンを行った。

(1) 道路管理者費用

道路管理者費用の算定項目は、一般的には調査設計費用、建設費用、維持修繕費用、更新費用、廃棄処分費用が挙げられる⁵⁾。また、また、FHWA-LCCAや東京都LCCAにおいては関連行政費用が算定項目として列挙されている。

(2) 道路利用者費用

道路利用者費用については、費用が発生する要因を路面劣化、工事規制区間、迂回に整理した。工事規制区間についてはFHWA-LCCA、HDM-4、東京

都LCCAにおいて車両走行費用，時間損失費用の算定方法が示されている．また，HDM-4においては路面劣化による車両走行費用の算定方法が示されている．迂回については，走行距離が長くなることにより発生する車両走行費用及び事故費用並びに走行時間が長くなることによる時間損失費用について考慮する必要がある．FHWA-LCCAやHDM-4においても，時間損失費用と事故費用の算定方法が示されている．一方，渋滞や路面の劣化等，車両走行中の不快感等，道路利用者の心理的負担費用については，検討すべき項目ではあるものの，現段階では明確な根拠を持った貨幣価値原単位は不詳である．

(3) 沿道および地域社会の費用

沿道および地域社会の費用については，HDM-4および東京都LCCAにおいて，大気汚染，騒音，地球温暖化といった環境費用が算定項目として示されている．また，「道路投資の評価に関する指針（案）」⁶⁾においても，大気汚染，騒音，地球温暖化の貨幣価値原単位が示されている．一方，振動や水はね並びに工事に伴う沿道住民の心理的負担や営業損失等の項目については，検討すべき項目ではあるものの，現段階では明確な根拠を持った貨幣価値原単位は示されていない．

(4) 算定項目

以上を算定法や貨幣価値原単位を有するという観点で整理すると，現段階でのLCCの算定項目は，表-1が考えられる．

表-1 LCC算定項目（案）

道路管理者費用	調査設計費用，建設費用，維持修繕費用，改築費用，廃棄処分費用，関連行政費用	
道路利用者費用	工事規制区間通過	車両走行費用，時間損失費用
	迂回	車両走行費用，時間損失費用，事故費用
	路面劣化	車両走行費用
沿道及び地域社会の費用	大気汚染，騒音，地球温暖化	

3．工事規制区間の道路利用者費用

(1) FHWA-LCCAにおける算定方法¹⁾

FHWA-LCCAにおける算定手順の概略を以下のとおり示す．

a) 年平均日交通量(AADT)の設定

FHWA-LCCAにおける車種区分は，FHWA Traffic Monitoring Guide⁷⁾の区分からPassenger Vehicles（道路構造令第4条の「小型自動車」に相当⁸⁾，以下「乗用車」），Single-Unit Trucks（同「普通自動車」に相当，以下「トラック」），Combination Trucks（同「セミトレーラ連結車」に相当，以下「トレーラー」）としている．また，定率法による年平均日交通量（以下，AADT）交通需要の将来推計法が示されている．

b) 方向別時間別交通需要の設定

方向別の割合及び時間分布から，方向別・時間別の交通需要を設定する方法が示されている．その一例として，テキサス州で開発された費用便益分析ソフトであるMicroBENCOSTにおけるデフォルト値が示されている．

c) 交通容量の設定

1994年版Highway Capacity Manual⁹⁾（以下，HCM 1994）に基づき，通常時，規制時，規制解除による渋滞解消中の交通容量が示されている．FHWA-LCCAに示される信頼性に基づく規制時の交通容量の設定例を図-1に示す．

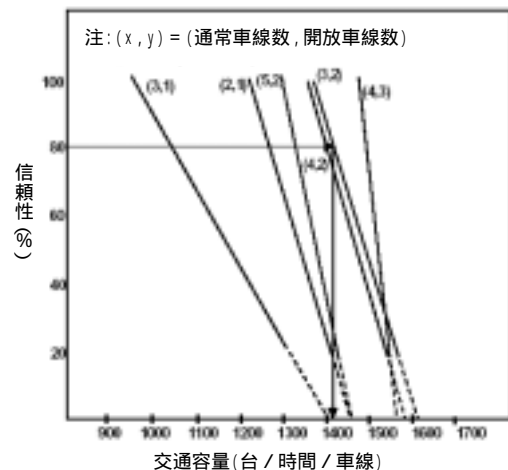


図-1 信頼性に基づく規制時の交通容量

d) 費用算定項目の設定

交通流や車両の状態に応じて費用算定項目を設定している．交通流の特性及び車両の状態を整理したものを表-2に，表-2のケース毎の費用算定項目を表-3に示す．

表-2 交通流の特性及び車両の状態

CASE	交通流の特性		車両の状態		
	規制	渋滞	減速	停止及び渋滞待ち	規制区間の通過
A	あり	なし (D < C)	○	×	○
B	あり	あり (D > C)	×	○	○
C	あり (D減)	解消中 (D < C)	×	○	○
D	解除 (C増)	解消中 (D < C)	×	○	×

凡例 D: 交通需要, C: 交通容量

表-3 ケース毎の費用算定項目

費用算定項目	CASE A	CASE B	CASE C	CASE D
減速による車両走行費用，時間損失費用	○			
停止による車両走行費用，時間損失費用		○	○	○
渋滞待ちによるアイドリング費用，時間損失費用		○	○	○
規制区間の通過による時間損失費用		○	○	

e) 影響交通量の算定

工事規制区間において影響を受ける減速台数，渋滞停止台数，渋滞抜け台数，規制区間通過台数を算出する。

f) 遅れ時間の算出

車種区分毎の停止による遅れ時間を表-4に示す。減速については，初速における停止遅れ時間と工事規制区間通過速度における停止遅れ時間の差から算出される。また，渋滞長を L_Q ，渋滞区間の平均速度を V_Q ，初速度を V_0 とすると，渋滞による平均遅れ時間 ΔT_Q は式(1)で表される。さらに工事規制区間長を L_{WZ} ，渋滞区間の平均速度を V_{WZ} とすると，渋滞による平均遅れ時間 ΔT_{WZ} は式(2)で表される。

表-4 停止による遅れ時間

初速 (km/h)	乗用車 (時間/千台)	トラック (時間/千台)	トレーラー (時間/千台)
16.1	1.51	1.47	2.27
32.2	2.49	2.93	4.76
48.3	3.46	4.40	7.56
64.4	4.42	5.87	11.09
80.5	5.37	7.33	16.37
96.6	6.31	8.80	27.94

$$\Delta T_Q = \frac{L_Q}{V_Q} - \frac{L_Q}{V_0} \quad (1)$$

$$\Delta T_{WZ} = \frac{L_{WZ}}{V_{WZ}} - \frac{L_{WZ}}{V_0} \quad (2)$$

g) 車両走行費用原単位の設定

車種区分毎の停止による車両走行費用（初速をkm/h単位に変換）を表-5に示す。また，渋滞待ちによるアイドリング費用の原単位を表-6に示す。

表-5 停止による車両走行費用

初速 (km/h)	乗用車 (\$/千台)	トラック (\$/千台)	トレーラー (\$/千台)
16.1	8.83	20.72	77.49
32.2	21.74	48.40	190.06
48.3	36.10	80.23	328.21
64.4	52.70	113.97	482.21
80.5	72.31	145.96	642.41
96.6	95.70	178.98	798.99

表-6 アイドリング費用原単位（\$/台）

乗用車	トラック	トレーラー
0.6927	0.7681	0.8248

h) 時間価値原単位の設定

車両区分毎の時間価値原単位の推奨値を表-7に示す。

表-7 時間価値原単位推奨値（\$/台・時間）

乗用車	トラック	トレーラー
10-13	17-20	21-24

i) 車種別の影響交通量の算定

e)で算出した影響交通量に，車種別のAADTの割合を乗じて，車種別影響交通量を算定する方法が示

されている。

j) 各項目の費用の算出

各項目の影響交通量に原単位を乗じ，さらに時間損失費用，アイドリング費用については遅れ時間を乗じて，各項目の費用を算出する。

k) 費用の合計

j)で算出した費用を合計する。

l) 迂回費用，事故費用の考慮

必要に応じ迂回や事故の影響を考慮する。

(2) FHWA-LCCAの適用法の検討

FHWA-LCCAの算定法を，日本の文献やデータを用いることができるよう，以下のとおり適用方法の検討を行った。

a) 年平均日交通量(AADT)の設定

車種区分については，時間損失費用の計算等では「道路交通センサス」や「道路投資の評価に関する指針（案）」で用いられている，乗用車，バス，小型貨物車，普通貨物車とし，交通容量の計算等では乗用車，小型貨物車を「小型車」，バス，普通貨物車を「大型車」と区分する。

AADTについては常時観測調査や道路交通センサスの24時間交通量を用いる。

b) 時間別交通需要の設定

常時観測調査の結果等から分布を設定する。

c) 交通容量の設定

通常時の交通容量はHCMをもとに作成された「道路の交通容量」¹⁰⁾を用いる。規制時の交通容量は日本においては検討されていないことから，図-1を暫定的に用いる。

d) 費用算定項目の設定

表-1,2を用いて費用算定項目を設定する。

e) 影響交通量の算定

後述の交通量累加曲線¹¹⁾（図-2）利用する。

f) 遅れ時間の算出

停止及び減速による遅れ時間は表-4，工事規制区間通過による遅れ時間は式(2)を用いる。一方，渋滞待ちによる遅れ時間は，渋滞長及び渋滞区間の平均速度の算出は時間による変動が大きく算出が困難であることから，後述の交通量累加曲線を利用する。

g) 車両走行費用原単位の設定

アイドリング費用原単位については自動車交通局の資料¹²⁾及び「物価資料2月号」の燃料費単価（全国平均）¹³⁾から計算し，アイドリング費用原単位を表-8のとおり設定した。

また，停止による車両走行費用原単位は表-6と表-8のアイドリング費用の比を考慮して，表-9のとおり設定した。

h) 時間価値原単位の設定

「道路投資の評価に関する指針（案）」⁶⁾に示される時間価値原単位を表-10に示す。

表-8 アイドリング費用原単位（円/台）

小型車	大型車
85.97	145.42

表-9 停止による車両走行費用

初速 (km/h)	小型車 (円/台)	大型車 (円/千台)
10	0.52	2.28
20	1.48	5.13
30	2.48	8.42
40	3.53	12.03
50	4.69	15.86
60	5.96	19.82
70	7.35	23.71
80	8.90	27.46
90	10.64	31.09

表-10 時間価値原単位 (円 / 台・分)

	乗用車	バス	小型貨物	普通貨物
平日	56	496	90	101
休日	84	744	90	101

i) 車種別の影響交通量の算定

FHWA-LCCAと同様、e)で算出した影響交通量に、車種別（乗用車、バス、小型貨物、普通貨物）のAADTの割合を乗じて、車種別影響交通量を算定する方法が示されている。

j) 各項目の費用の算出

以下のとおり、各項目の費用を算出する。なお、渋滞による総遅れ時間とは、全ての車の渋滞時間を合計したものであり、図-2に示される交通需要累加曲線と交通容量累加曲線で囲まれる面積である。

減速による車両走行費用

= 減速台数 × 車両走行費用原単位 (表-9)

減速による時間損失費用

= 減速台数 × 遅れ時間 (表-4) × 時間価値原単位 (表-10) × 60

停止による車両走行費用

= 停止台数 × 車両走行費用原単位 (表-9)

停止による時間損失費用

= 停止台数 × 遅れ時間 (表-4) × 時間価値原単位 (表-10) × 60

渋滞待ちによるアイドリング費用

= 渋滞による総遅れ時間 (図-2) × 車種別構成比 × アイドリング費用原単位 (表-8)

渋滞待ちによる時間損失費用

= 渋滞による総遅れ時間 (図-2) × 車種別構成比 × 時間価値原単位 (表-10) × 60

規制区間通過による時間損失費用

= 規制区間通過台数 × 遅れ時間 (式(2)) × 時間価値原単位 (表-10) × 60

k) 費用の合計

FHWA-LCCAと同様、j)で算出した ~ の費用を合計する。

l) 迂回費用、事故費用の考慮

後述の交通量累加曲線を利用して渋滞時間を計算する場合、単路で計算を行うと渋滞時間がかかなり大きくなる場合がある。その場合には、近隣の迂回路を設定して計算する必要がある。

迂回を考慮する場合には、走行距離や走行時間が延長されることから、その分車両走行費用、時間損失費用、事故費用が付加的に発生するためこれらを

考慮する。

(3) 交通量累加曲線の利用

a) 交通量累加曲線の概要

影響交通量の算定や総渋滞時間の算定に当たっては、赤羽¹¹⁾により開発された交通量累加曲線を用いるのが便利である。

図-2において、曲線OPQは交通需要の累加値、すなわち渋滞地点の到着台数を示したものであり、時間 t_0 から t_i 及び t_i から t_j の時間あたりの交通需要はそれぞれ直線PQ、QRの傾きで示される。また、直線OQは交通容量の累加値を示したものであり、これは渋滞地点の出発台数を示している。

直線TRは時間 t_i における渋滞抜け台数、直線RPは時間 t_i における渋滞待ち台数を示し、直線PSは N_i 台目の渋滞待ち時間を示す。したがって総渋滞時間はOPQの面積（網掛け部分）で表される。

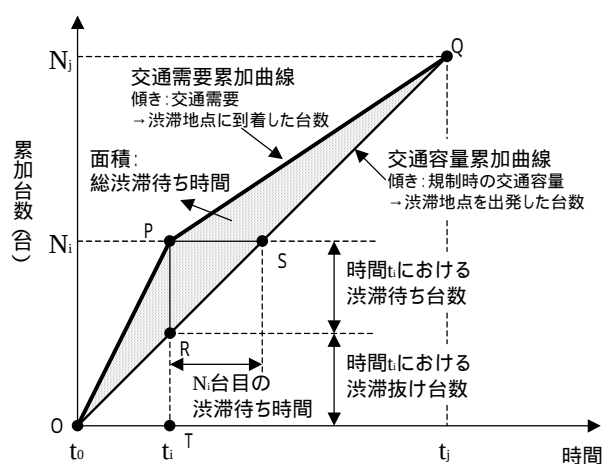
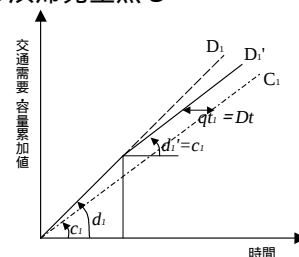


図-2 交通量累加曲線⁸⁾

(1) 迂回路の渋滞発生無し



(2) 迂回路の渋滞発生有り

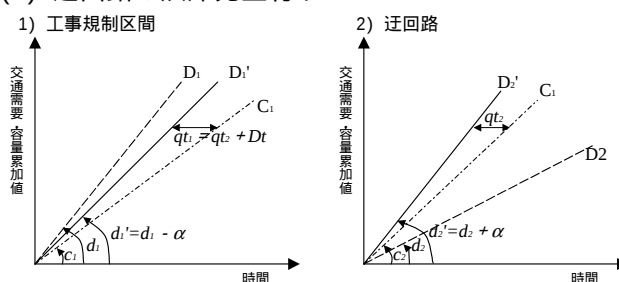


図-3 迂回を考慮した場合の交通量累加曲線

b) 迂回を考慮する場合の交通量累加曲線

迂回路に渋滞が発生しない場合

渋滞待ち時間 D_i が迂回による遅れ時間を越えると迂回が発生するものとする．これを交通量累加曲線を用いて表すと図-3(1) のとおりとなる．すなわち，渋滞待ち時間 qt_i が迂回による遅れ時間 D_i に等しくなる時間 t までの交通需要は d_i であり，時間 t 以降の交通需要は交通容量(C_i)に等しい d_i' となる．

迂回路に渋滞が発生する場合

工事規制区間の渋滞待ち時間 qt_i = 迂回路の渋滞待ち時間 qt_2 + 迂回による遅れ時間 D_i となるように規制区間の交通需要が減少し，迂回路の交通需要が増加するものとする．これを交通量累加曲線を用いて表すと図-3(2)のとおりとなる

4 . LCCの試算

実際の現場を用いて道路管理者費用及び道路利用者費用についてLCCの試算を行った．

(1) 試算条件

対象区間(図-4)

国道1号 9.17KP ~ 9.645KP

(下り，高輪台 - 東五反田1丁目，L=475m)

沿道状況 DID

道路条件

幅員： 3.25m / 車線

側方余裕： 左側 広幅員の路肩あり

右側 0.75m

勾配，勾配長： $i = 5\%$ ， $L = 500m$

駐車の影響： 考慮しない

規制延長・幅員 (図-5)

規制延長： 160m

規制幅員： 6.5m (1.5車線分)

規制時側方余裕： 左側 0m

施工延長・幅員・面積 (図-5)

施工延長： 95m (1ロット)

施工幅員： 4.875m (1.5車線分)

施工面積： $463.125m^2$ (1ロット)

有効車線数

通常時 3車線，規制時 1車線

希望速度

55km/h (現地走行速度調査による)

試算用舗装構成

図-6のとおり現況断面 ($T_A=52.15cm$ ，設計年数10年相当) 及び長寿命化断面 ($T_A=58.25cm$ ，設計年数20年相当) を設定した．今回の試算の対象は，粒度調整碎石層以上を打ち換えるものとし，遮断層及び路床はそのまま用いるものとする．なお，この打ち換え工事を行った場合の規制時間はいずれも1日目17時から4日目9時までの約64時間となる．

解析期間と割引率

「道路投資の評価に関する指針(案)」⁶⁾をもとに解析期間は40年，割引率は長期約定金利の考え方をもとに4%と設定した．

修繕計画とパフォーマンスカーブ

解析期間中の試算用修繕計画を表-11，パフォーマンスカーブを舗装管理支援システムに搭載されている予測式をもとに図-7のとおり設定した．



図-4 対象区間

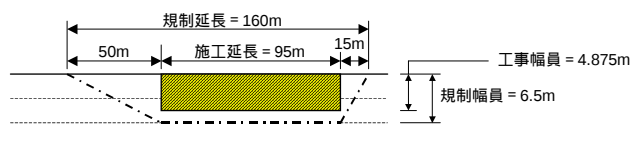


図-5 規制延長，施工延長，幅員

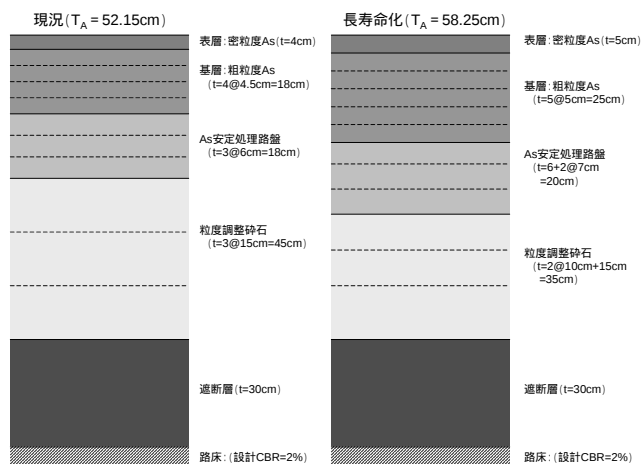


図-6 試算用断面

表-11 試算用修繕計画

	断 面	修繕，改築計画
計画 1	現 況	打換え - (10 年) - 打換え - (10 年) - 打換え
計画 2	現 況	打換え - (6 年) - オーバーレイ(6 年) - オーバーレイ - (8 年) - 打換え
計画 3	長寿命化	打換え - (20 年) - 打換え

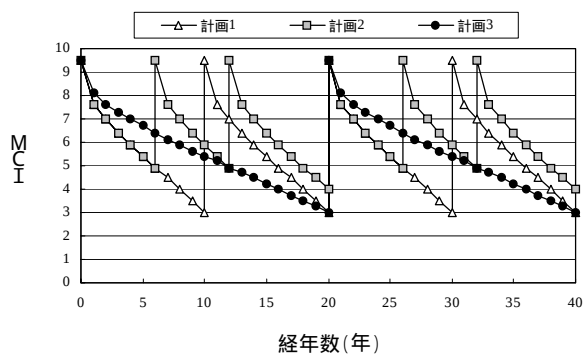


図-7 試算用パフォーマンスカーブ

(2) 道路管理者費用

今回の試算においては現道の打換えを想定しているため、維持費用、修繕費用（オーバーレイ）、改築費用（打換え）とした。

a) 維持費用

1m²あたりの維持費用(Y)は舗装管理支援システムに搭載されている維持費用モデル（式(3)）¹⁴⁾を用いて計算した。

$$Y = 274.0 - 27.2MCI \quad (3)$$

b) 修繕・改築費用

「建設物価」¹⁵⁾を参考に、1ロット(施工延長95m × 幅員4.875m = 面積463.125m²)あたりの修繕費用（オーバーレイ）、改築費用（打換え）を表-12のとおり設定した。

表-12 修繕・改築費用

断面	断面	修繕・改築費用(千円)
現況	オーバーレイ	2,374
	打換え	13,038
長寿命化	現況断面を打換え	13,793
	長寿命化断面を打換え	13,978

c) LCC算定結果

式(3)および表-12を用いて道路管理者費用のLCCを計算した結果、表-13のとおりとなった。

表-13 LCC試算結果

	断面	道路管理者費用(百万円)
計画1	現況	330
計画2	現況	249
計画3	長寿命化	209

(3) 工事規制区間の道路利用者費用

3.(2)の方法に従い、工事規制区間の通過による車両走行費用、時間損失費用を算出する。

a) 時間別交通量の設定

時間別交通量は常時観測調査の結果から表-14のとおり設定する。

b) 交通容量

通常時は「道路の交通容量」と4.(1)の条件より、5,610pcu/時と算出される。また、規制時は図-1より、1,170台/時と算出される。

表-14 時間別交通分布

時間帯	乗用	バス	小型貨物	普通貨物
0-1	670	1	67	16
1-2	522	0	42	12
2-3	475	6	20	27
3-4	306	2	6	15
4-5	172	1	23	28
5-6	155	2	38	50
6-7	360	2	99	194
7-8	531	15	103	67
8-9	710	14	124	75
9-10	829	16	432	121
10-11	771	14	397	202
11-12	476	7	244	90
12-13	626	4	195	62
13-14	1,045	5	419	116
14-15	1,168	11	559	161
15-16	1,325	20	580	97
16-17	876	14	463	87
17-18	454	12	161	52
18-19	677	6	138	19
19-20	640	3	168	21
20-21	1,157	6	153	41
21-22	1,157	21	162	34
22-23	755	8	96	17
23-24	358	3	12	3

(単位：台)

c) 費用算定項目の設定

費用算定項目を設定するにあたり、渋滞の影響が少なくなるように工事規制時間を設定する必要がある。4.(1)の条件より、工事規制時間を1日目の17時から4日目の9時とする。

規制時について交通量累加曲線を作成すると図-8のとおりである。したがって費用算定項目と時間帯を整理すると表-15のとおりとなる。

d) 影響交通量の算定

算定結果を表-16に示す。

e) 遅れ時間

減速、停止、工事規制区間通過による遅れ時間を算定した結果および図-8の交通需要累加曲線から渋滞による遅れ時間を算出した結果を表-17に示す。

f) 車両走行原単位の設定

減速、停止、アイドリングについて、表-5～6をもとに、車両走行費用原単位を表-18のとおり設定する。

g) 時間価値原単位

表-10のとおりとする。

h) 車種別影響交通量の設定

車種別影響交通量の算定結果を表-19に示す。

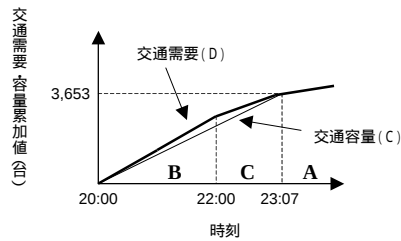
i) 各項目の費用の算出および合計

各項目の費用算出結果を表-20に示す。

表-15 費用算定項目と時間帯

CASE	算定項目	日	時間帯
A	減速、規制区間通過による車両走行費用、時間損失費用	1日目	17:00～20:00
			23:07～翌9:00
		2,3日目	12:19～13:00
		3,4日目	0:59～9:00
B, C	停止、渋滞待ち、規制区間通過による車両走行費用、時間損失費用	1日目	20:00～23:07
		2,3日目	9:00～12:19
			13:00～翌0:59

1) 1日目20時～24時



2) 2,3日目9時～25時

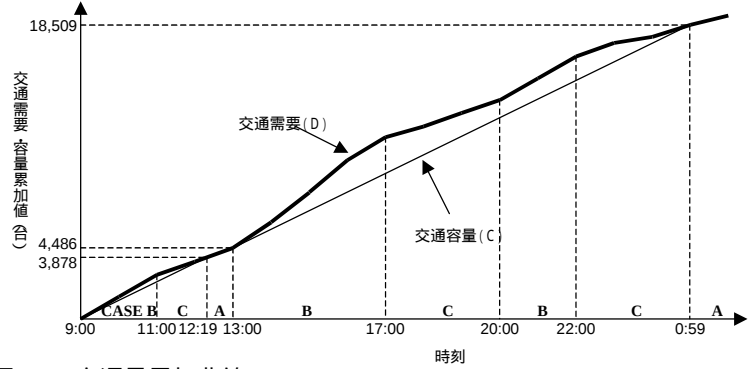


図 - 8 交通量累加曲線

表-16 影響交通量算定結果 (単位: 台)

減速	停止, 渋滞抜け	規制区間通過
12,446	21,554	34,000

表-18 車両走行費用原単位の設定

a) 減速

日	時間帯	小型車 (円/台)	大型車 (円/台)
1日目	17:00-20:00	1.14	3.69
	23:07-翌 9:00	0.69	2.21
2,3日目	12:19-13:00	1.35	4.39
3,4日目	0:59-9:00	0.67	2.15

表-17 遅れ時間計算値

a) 減速

日	時間帯	小型車 (時間/千台)	大型車 (時間/千台)
1日目	17:00-20:00	0.57	0.87
	23:07-翌 9:00	0.34	0.51
2,3日目	12:19-13:00	0.67	1.04
3,4日目	0:59-9:00	0.32	0.50

b) 停止

日	時間帯	小型車 (円/台)	大型車 (円/台)
1日目	20:00-23:07	4.91	16.56
2,3日目	9:00-12:19	4.85	16.35
	13:07-翌 0:59	4.90	16.52

b) 停止

日	時間帯	小型車 (時間/千台)	大型車 (時間/千台)
1日目	20:00-23:07	3.67	4.72
2,3日目	9:00-12:19	3.63	4.67
	13:07-翌 0:59	3.66	4.71

c) アイドリング

小型車(円/台)	大型車(円/台)
85.97	145.42

c) 渋滞待ち

日	時間帯	総遅れ時間 (時間)
1日目	20:00-23:07	632.4
2,3日目	9:00-12:19	728.5
	13:07-翌 0:59	14,551.0

d) 工事規制区間通過

日	時間帯	総遅れ時間 (時間/千台)
1日目	17:00-20:00	0.665
	20:00-23:07	2.729
	23:07-翌 9:00	0.351
2,3日目	9:00-12:19	2.693
	12:19-13:00	0.849
	13:07-翌 0:59	2.723
3,4日目	0:59-9:00	0.344

表-19 車種別影響交通量の算定結果

日	時間帯	乗用	バス	小型 貨物	大型 貨物
1日目	17:00-20:00	1,770 (75.3%)	21 (0.9%)	468 (19.9%)	92 (3.9%)
	20:00-23:07	3,112 (85.2%)	37 (1.0%)	413 (11.3%)	91 (2.5%)
	23:07-翌 9:00	4,213 (79.8%)	48 (0.9%)	533 (10.1%)	486 (9.2%)
2,3日目 (2日分)	9:00-12:19	4,546 (58.6%)	78 (1.0%)	2,272 (29.3%)	860 (11.1%)
	12:19-13:00	856 (70.4%)	6 (0.5%)	268 (22.0%)	86 (7.1%)
	13:07-翌 0:59	20,558 (73.3%)	224 (0.8%)	5,946 (21.2%)	1,318 (4.7%)
3,4日目 (2日分)	0:59-9:00	6,160 (73.2%)	100 (1.2%)	1,194 (14.2%)	960 (11.4%)

(単位: 台 括弧内は構成比)

表-20 各項目の費用算出結果（1ロット当たり）

費用項目	費用(円)
減速による車両走行費用	16,550
減速による時間損失費用	30,591
停止による車両走行費用	223,175
停止による時間損失費用	628,869
渋滞待ちによるアイドリング費用	1,419,169
渋滞待ちによる時間損失費用	65,878,209
工事規制区間通過による時間損失費用	479,579
計	68,676,142

(4) 迂回を考慮した場合の道路利用者費用

図-8の交通量累加曲線によると、最大渋滞待ち時間は17時のときに約2時間となっている。現実には2時間も渋滞待ちをすることは考えられず、迂回や利用の取りやめの行動をとることとなる。そこで、図-9に示す迂回路を設定し、再度、工事区間通過による車両走行費用、時間損失費用を算出した。また、迂回による車両走行費用、時間損失費用、事故費用についても計算を行った。

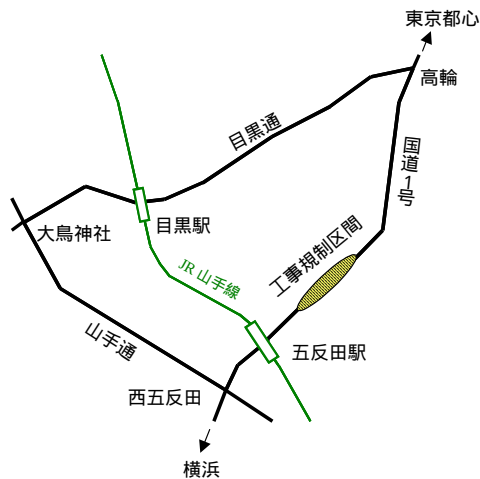


図-9 迂回路の設定

a) 迂回による遅れ時間

迂回ルートは高輪から目黒通、山手通を經由して西五反田に向かうルートとする。高輪 - 西五反田間の距離は、国道1号經由で2.6km、目黒通・山手通經由で4.3kmである。区間の平均速度を40kmと仮定して計算すると、2.55分余計にかかることになり、端数を切り上げ遅れ時間は3分と設定する。

b) 交通容量、需要の設定

交通容量及び初期の交通需要を表-21のとおり設定する。山手通の交通需要が交通容量に比べ非常に小さいので、渋滞時間の検討は国道1号と目黒通で行う。

c) 渋滞時間、渋滞影響台数の計算

図-3の考え方にに基づき工事規制区間（国道1号）における減速及び停止、渋滞抜け台数および迂回路（目黒通・山手通）への迂回台数を算出した結果を表-22に、総渋滞時間、最大渋滞時間、渋滞影響台数を算出した結果を表-23に示す。また、交通渋滞の影響が大きい国道1号の13:00～18:00及び目黒通の

14:00～18:00の交通量累加曲線を図-10に示す。その結果、国道1号の最大渋滞時間は24.5分、目黒通りの最大渋滞時間は21.5分となった。

表-21 初期の工事規制区間及び迂回路の交通需要

時間帯	工事規制区間 (国道1号) D_1	迂回路 (目黒通) D_2	迂回路 (山手通) D_3
0-1	754	929	927
1-2	576	707	710
2-3	528	665	681
3-4	329	410	421
4-5	224	302	285
5-6	245	354	318
6-7	655	1,011	865
7-8	716	950	924
8-9	923	1,207	1,175
9-10	1,398	1,870	1,675
10-11	1,384	1,937	1,697
11-12	817	1,112	984
12-13	887	1,156	1,071
13-14	1,585	2,082	1,883
14-15	1,899	2,529	2,256
15-16	2,022	2,612	2,400
16-17	1,440	1,886	1,697
17-18	679	896	840
18-19	840	1,046	1,022
19-20	832	1,042	993
20-21	1,357	1,689	1,673
21-22	1,374	1,709	1,728
22-23	876	1,082	1,087
23-24	376	455	475
交通容量	1,170 (規制時)	2,673	4,010

(単位：台)

表-22 影響台数の算出

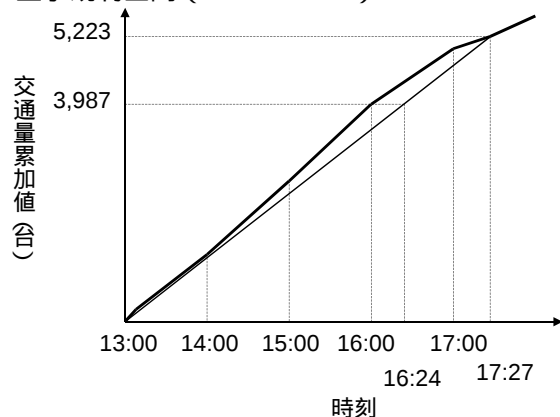
日	時刻	工事規制区間		迂回路
		減速	停止、 渋滞抜け	
1日目	17:00 - 20:00	2,351		
	20:00 - 22:12		2,575	332
	22:12 - 翌9:00	6,026		
2,3日目	9:00 - 11:10		2,536	383
	11:10 - 13:00	1,567		
	13:00 - 17:27		5,223	2,038
	17:27 - 20:00	2,036		
	20:00 - 22:12		2,575	332
	22:12 - 翌9:00	6,026		

(単位：台)

表-23 渋滞時間、渋滞台数算出結果

	渋滞時刻	総渋滞 損失時間 (時間)	最大渋 滞時間 (分)	渋滞影 響台数 (台)
国道1号	20:00 - 22:12	92.6	3.0	2,575
	9:00 - 11:10	86.6	3.0	2,536
	13:00 - 17:27	988.5	24.5	5,223
目黒通	14:00 - 17:22	1775.4	21.5	9,030

1) 工事規制区間 (13:00 ~ 18:00)



2) 迂回路 (14:00 ~ 18:00)

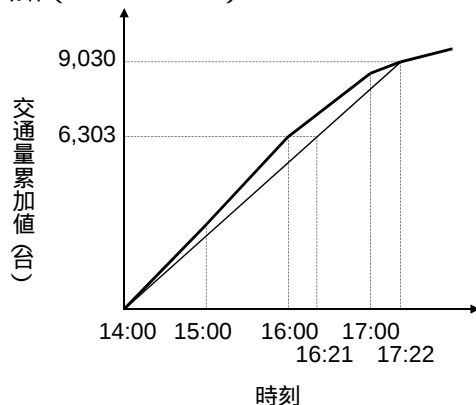


図-10 工事規制区間及び迂回路の交通量累加曲線

d) 工事規制区間の道路利用者費用

迂回を考慮した場合の工事規制区間の道路利用者費用算出結果を表-24に示す。

e) 迂回路の道路利用者費用

迂回を考慮した場合の迂回路の道路利用者費用については、以下の項目について算定する。

走行距離増大に伴う車両走行費用

迂回に伴う追加距離は1.7kmであり、車両走行費用原単位は「道路投資の評価に関する指針（案）」より表-25のとおり計算される。また車両走行費用を算出すると表-26のとおりとなる。

走行距離増大に伴う事故費用

道路交通センサスによると対象区間(2.8km)内の年平均交通事故死者数は0人、負傷者数は99人である。これに「道路投資の評価に関する指針（案）」p.66の人身事故1件当たりの死傷者数から、重傷者数は6人、軽傷者数は93人と計算される。これを追加距離（1.7km）、総迂回発生時間（19時間50分）あたりで計算するとそれぞれ0.008人および0.12人となる。したがって、重傷者を伴う事故は発生しないものとし、軽傷者のみを考慮し事故費用を計算すると表-26のとおりとなる。

走行時間増大に伴う時間損失費用

走行時間増大に伴う時間損失費用を走行遅延時間(3分)及び表-22の影響台数を用いて算出すると表-26のとおりとなる。

表-24 工事規制区間の道路利用者費用算出結果（1 ロット当たり）

費用項目	費用(円)
1) 減速による車両走行費用	26,066
2) 減速による時間損失費用	48,323
3) 停止による車両走行費用	133,428
4) 停止による時間損失費用	376,949
5) 渋滞待ちによるアイドリング費用	249,866
6) 渋滞待ちによる時間損失費用	5,038,637
7) 工事規制区間通過による時間損失費用	322,598
計	6,195,867

表-25 追加距離(1.7km)あたりの車両走行費用原単位

乗用車	バス	小型貨物	普通貨物
27	112	53	65

(単位：円)

表-26 迂回路の道路利用者費用算出結果（1 ロット当たり）

費用項目	費用(円)
走行距離増大による車両走行費用	216,026
走行距離増大による事故費用	201,673
走行時間増大による時間損失費用	1,252,779
停止による車両走行費用	112,153
停止による時間損失費用	317,604
渋滞待ちによるアイドリング費用	364,496
渋滞待ちによる時間損失費用	8,060,653
計	10,612,426

渋滞による車両走行費用、時間損失費用

(3)と同様、渋滞の影響を受ける車両について、停止による車両走行費用及び時間損失費用、渋滞待ちによるアイドリング費用、並びに渋滞待ちによる時間損失費用を計算した結果は表-26のとおりとなる。

(5) 路面の劣化による車両走行費用費用

路面の劣化と車両走行費用の関係については図-11の関係を用いる。なお費用の計算は最良の時（MCI 8）との相対費用として算出する。

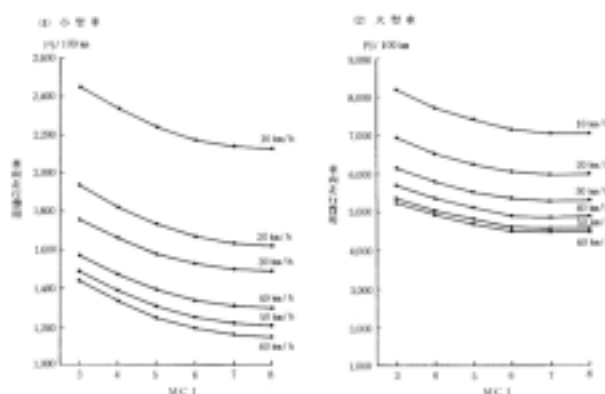


図-11 MCIと車両走行費用の関係¹⁴⁾

(6) 道路利用者費用のLCC

(3)～(5)の結果から道路利用者費用のLCC算定結果を表-27に示す。工事規制区間および迂回による時間損失費用が大きくなっていることが分かる。これは表-24および表-26に示されるように渋滞の影響が大きく、道路利用者費用については特に渋滞による時間損失費用について考慮する必要がある。逆に工事区間の減速・停止による道路利用者費用は渋滞による時間損失費用に比べて非常に小さく、精度良く計算する必要はないと考えられる。

表-27 道路利用者費用のLCC算定結果

算定項目		LCC(百万円)		
		計画1	計画2	計画3
工事規制区間通過	車両走行費用	10	6	6
	時間損失費用	141	84	84
迂回	車両走行費用	17	10	10
	時間損失費用	235	140	140
	事故費用	5	3	3
路面劣化	車両走行費用	13	6	11

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究の結論をまとめると以下のとおりである。LCCの算定項目について、道路管理者、道路利用者、沿道および地域社会の観点から、既存の文献を整理統合する形で提案することができた。FHWA-LCCAの算定法に、交通量累加曲線を導入することにより、影響台数や渋滞時間の算定をより簡略化することができ、関連するライフサイクルコストを容易に計算することができた。道路利用者費用で最も影響の大きいものは渋滞による時間損失費用であり、渋滞について特に精度を上げる必要があることが分かった。迂回を考慮しない場合には最大渋滞時間待ちが非常に大きく、現実に即さないことから、迂回を考慮した結果、適切な渋滞時間を得たことから、プロジェクトレベルにおいても、迂回を考慮する必要があることがわかった。

(2) 今後の課題

迂回について、今回は、近隣の迂回路を用いて算定したが、現実には更に広範なネットワーク(e.g. 国道15号や首都高の利用等)で迂回をしていると考えられるため、ネットワークレベルでの算定方法の確立が望まれるが、今回の方法でも概略の試算は可能である。また、今回は通常舗装と長寿命化舗装について検討を行ったため、環境費用について算定は行っていないが、今後、排水性舗装との比較を行う等、環境費用についても検討を行っていく予定である。

謝辞：本論文をまとめるに当たり、(社)日本道路協会舗装マネジメント小委員会の委員・幹事各位に多大なご指導・ご助言を頂いた。紙面を借りて感謝の意を表す。

参考文献

- 1) FHWA: *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design*, 1998.
- 2) シンほか：HDM-4の概要，舗装，Vol.36. No.3，pp.33-37，2001.3
- 3) 東京都ほか：長期供用舗装導入に関する調査検討報告書，2001
- 4) 日本道路協会：舗装の構造に関する技術基準・同解説，2001
- 5) 国土交通省国土計画局：社会基盤投資のためのLCC(LCCA)調査報告書，2001
- 6) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針（案），1998
- 7) FHWA: *Traffic Monitoring Guide*, 1995
- 8) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，p.47，1983
- 9) *Highway Capacity Manual*, 1994
- 10) 日本道路協会：道路の交通容量，1984
- 11) 赤羽：道路交通の渋滞対策 - 渋滞のメカニズムと診断，交通工学，Vol.25 No.2，pp.41-50，1990
- 12) 国土交通省自動車交通局技術安全部環境課：自動車燃費一覧 12.燃料消費効率向上のための「エコドライブ」のすすめ，<http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpilist/nenpilist.html>
- 13) 建設物価調査会：物価資料2月号，2002
- 14) 道路局国道第一課，土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，第41回建設省技術研究会報告，1987
- 15) 建設物価調査会：建設物価3月号，2002

A STUDY ON COMPUTING PROCEDURE FOR LCC OF PROJECT LEVEL IN PAVEMENT CONSTRUCTION WORK

Satoshi TANIGUCHI and Takeshi YOSHIDA

Life-cycle cost analysis is essential to allocate a budget for maintenance and rehabilitation effectively. In order to estimate life-cycle costs properly, road administrators should consider not only administration costs, but also road user costs and social costs. This study mentioned appropriate life-cycle cost components, modifying FHWA's "Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design" to be able to compute work zone user cost using data and information collected in Japan, and computing life-cycle cost in site. This study concludes that "Traffic Volume Integration Curve" easily calculates number of vehicles affected in work zone and queue time, and queue delay cost must be considered.