

工事渋滞損失を考慮した道路占用工事の運営方法に関する考察 * A study on the management of lifeline facilities under road section considering congestion cost *

岡 真紀子** 土井 健司***
By Makiko OKA** Kenji DOI***

1. はじめに

従来より、路上工事に起因した渋滞および騒音、振動等による沿道の住環境の悪化が問題視されている。東京都区内を例とすれば年間約10,000件の路上工事が実施されており、図-1 に示すように工事件数は年々減少傾向にあるものの、その内訳においては電気・電話・ガス・水道・下水道等の公益事業者（以下、ライフライン事業者と呼ぶ）による占用工事が総件数の8割に及んでおり、社会的費用の削減の観点から工事の効率化と総量抑制が急務とされている。

従来、工事影響のうち特に交通負荷に関しては車線規制時の交通流調査や遅れ時間の計測、道路利用者への意識調査等の研究が行われてきた^{1,2,3)}。これらの成果は、事業者間の計画調整等を通じて工事件数の削減に寄与してきたと言える。しかしながら、基礎的な情報の提供にとどまり、工事の運営方法の立案や選択には活かされていないのが実状である。一方、他国に目を向ければ、英国のレーンレンタルシステム等のように工事影響の定量化に基づき、原因者負担を明示した新たな運営方法の導入が見られる^{4),5),6)}。

本研究では、まず占用工事の運営方法を時間管理、空間管理および総量抑制の3つの観点から整理した上で、占有工事に起因した社会的費用への原因者負担の仕組みが、ライフライン事業者の工事運営方法の選択に及ぼす影響を考察することを目的としている。

この際、工事影響の定量化に関しては、実測に基づく時間損失費用の算定を試み、東京都区内の一般国道を例としたケーススタディを示す。

2. 占用工事の運営施策の整理

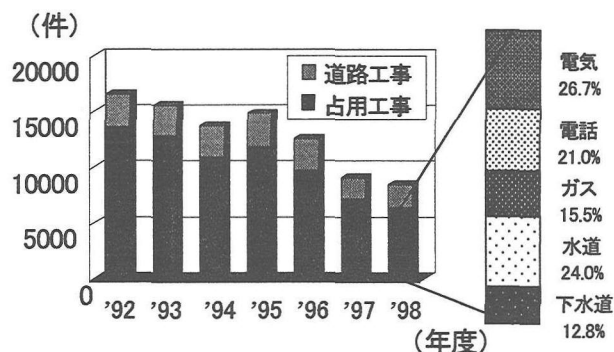


図-1 路上工事件数の推移(東京都区内)

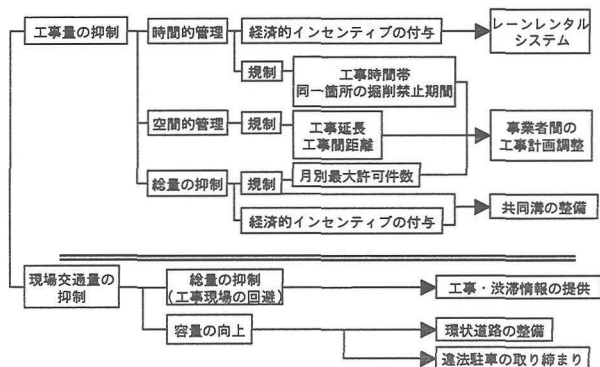


図-2 工事運営施策の整理

(1) 時間・空間管理と総量管理

交通負荷の抑制に関わる工事の運営施策は、占用工事量の抑制と現場交通量の抑制とに大別される。前者は管理の対象によって以下のように分類される。

- 1) 時間的管理：工期，施工時間を管理
- 2) 空間的管理：工事延長，工事間の距離を管理
- 3) 総量管理：工事件数を管理

また、それぞれの管理の方法には、経済的インセンティブの付与による誘導的措置と規制的措置が含まれる。こうした観点から、現行の施策および今後の導入が検討されている施策の位置付けを図-2 に示す。

(2) 施策の内容

a) レーンレンタルシステム

レーンレンタルシステムは1984年に英国BDTp（交通

* Key words：整備効果計測法 土木施設維持管理

** 学生員 東京工業大学情報理工学研究科

〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1

TEL：03(5734)3597 FAX：03(5734)3597

*** 正員 工博

香川大学工学部安全システム建設工学科

〒761-0396 高松市林町 2217-20

TEL：087(864)2165 FAX：087(864)2188

局)が導入した方式であり、道路補修工事の工期・工事延長の短縮を経済的なインセンティブを与えて誘導することを目的としたものである。この方式においては、まず補修工事の発注の際に、工事費用と工期の価格評価値が最小となる業者が選択される。その後、実際の工期が入札工期よりも短縮された場合には、発注者側が日数差に応じたボーナスを請負業者に支払い、逆に遅延した場合には請負業者からレンタル料金を徴収することになる。

以上のボーナスやレンタル料金は、工事による遅れ時間や交通事故の増加による経済損失額に基づき工事毎に設定され、その算定時には工事区間の交通量、延長、交通運用方法が考慮される。レーンレンタルシステムの導入によるボーナスやレンタル料金は、工事費用の増減を左右するので、施工者は工事影響も考慮した工事計画を策定する経済的インセンティブを持つことになる。

また、このシステムは道路利用者の損失に対する原因者負担のシステムであることも特徴である。わが国では未だ検討段階であるが、欧米では既に幾つかの実施例が存在する。

英国においてはレーンレンタルシステムは 1984 年に導入され、主として次の 3 種類の手法が用いられてきた。

① Bonus/Rental Charge Method (B/C)

実工期と入札後期の日数差に応じて請負業者にボーナスの支払いやレンタル料金の徴収を行う手法で、レーンレンタルシステムの原型である。

② Continuous Site Rental (SR)

工期を短縮した場合のボーナス支払いはなく、レンタル料金のみが課せられる。またレンタル料金の対象は車線を実際に閉鎖する時間ではなく工期(日数)である。

③ Lane-by-lane Rental (LL)

SR と同様、ボーナス支払いが含まれない。レンタル料金は閉鎖する車線と実閉鎖時間で決まる。米国ではこの手法が採られている。

英国では 1980 年代に 31 工事でレーンレンタルシステムが導入されている。その一部を表-1 に示す。システムの導入により全事業で工期が 1,419 日短縮され、社会的費用に換算すると約 51.98 億円が削減されている。また、ボーナスの支払いは 6.1 億円であり、差し引くと 45.88 億円の削減となる。一方、レンタル料金の設定は平均 192 万円/日(最高 904 万円/日、最低 23 万円/日)であり、都市部では過大に設定する傾向があることが指摘されている。

次に米国での事例を紹介する。米国ではレーンレンタルシステム(LL)の導入が英国に比べ進んでおらず、十分な効果を上げるには至っていない。そこで、以下で 2 つの事例を挙げ、レーンレンタルシステムが孕む問題について考察する。

① Asheville 高速自動車道の舗装修復工事(1992)

この修復工事は、道路の利用を全面規制し実施された。レーンレンタルシステムの導入に際して、当初設定さ

表-1 英国におけるレーンレンタルシステム導入例(1986-87)

道路(州名)	形態	工費 (百万円)	レンタル料金 (千円/日)	遅れ時間 低減効果(%)
A2 (Kent)	B/C	628	1,580	44
A10(Herts)	B/C	539	680	18
M6 (Cheshire)	SR	124	2,710	16
M1 (Herts)	LL	130	1,130	34

れたレンタル料金は 559 万円/日であった。これは非常に高額であるとの見方から、195 万円/日に修正され、加えて車線閉鎖期間も最長 43 日に制限された。実際に入札を行ったところ、レンタル料金(6,825 万円)が工事費用の見積り(3,770 万円)を大きく上回り、参加企業が 2 社に留まった。さらに、3,770 万円という見積りすらも発注者側 DOT の推定を大きく上回ったものであったことから、結局レーンレンタルシステムの導入は中止され、通常の入札が行われることとなった。なお、本工事では入札工期と実工期の差に応じたボーナスの支給、レンタル料金の徴収が行われ、工期短縮の経済的インセンティブが与えられている。

この例が示すように、レーンレンタルシステムの導入においてはレンタル料金の設定が入札への参加意思をも左右することを念頭に置く必要がある。

② Denver インターチェンジの改良と橋梁の架け替え工事(1993)

この工事は人口集中地区で行われ、交通への支障を低減するためにレーンレンタルシステムが用いられた。なお、工事は 4 車線道路を 3 車線に規制して行われ、レンタル料金は 37 万円/日と設定された。これにより工事中の交通への負荷は低減したが、他方で契約に関する問題が生じた。すなわち、当初 3 日間の工期が予定されていたが、天候不順のために工期延長を余儀なくされ、請負業者がレンタル料金を支払わざるを得なくなったという事情である。

この例は、レーンレンタルシステムを採用する際には、様々な事態を想定した契約が必要であることを示唆している。

レーンレンタルシステムは前述の通り、主に道路の舗装工事での受注者決定に取り入れられてきた。近年では舗装工事のみならず橋梁架替等の道路工事一般にも導入され、さらにライフライン事業者が実施する占用工事への適用も試みられている。しかし、道路管理者と工事発注主体が同一である道路工事とは異なり、占用工事に対しては適切なレンタル料金の設定、また課金システム自体にも検討の余地が大きいことが指摘されている⁹⁾。

b) 業者間の工事計画調整

この施策は、道路管理者がライフライン事業者の時間的工事量（施行時間帯、同一個所の掘削禁止期間）や空間的工事量（工事延長、隣接工事個所との間隔、規制車線数）、総量（月間工事件数）を規制し、個々の工事で発生する影響を抑制することを目的としたものである。

この際、道路管理者は単に規制を課すだけではなく、ライフライン事業者間での工事計画の調整も図る。例えば複数の事業者で工事個所が重複する場合には共同施工を奨励し、また施工時期が連続しないように一定の期間、工事を規制している。その他、区間や個所を特定して集中工事の促進も行っている。

しかしながら、ライフライン事業者の工事は不要不急ではなく、工事件数の抑制は一時的なものに過ぎない。従って単なる調整行為では危急の工事による影響は縮減されず、長期的に見れば総量は減少しないとも言える。また、業者間で施工技術や工法に格差がある場合には、共同施工が困難な場合が多く、掘削量の増加や工事の長期化等の負の影響が増大することも指摘されている。さらに、画一的な工事量の規制はむしろ非効率であり、区間長と工期の兼ね合いで工事影響が縮小されない事例も見られる。

c) 共同溝整備

共同溝の整備によって、整備区間でのライフライン事業者の単独工事は不要となり、工事の総量が長期間にわたり抑制される。ライフライン事業者は、共同溝整備に際して、震災時の埋設施設の損傷被害の軽減、将来のニーズに応じたライフラインの収容空間の確保等の経済的インセンティブを持つ。加えて、共同溝への不参加の事業者に対しては共同溝整備区間での単独掘削工事が原則として禁止されるという措置により、更に共同溝への参加のインセンティブが高められることになる。

なお、共同溝の容量は参加事業者が確定された後に決定される。この意味から、供用中の既存共同溝にそれまで不参加であったライフライン事業者が追加的に加わることは現実には難しい。

表－2 に示すように、現在都区内の直轄国道では 60% の幹線共同溝の整備が完了しているが、現時点ではライフライン事業者の積極的な参加には至っていない。特に水道および下水道事業者の参加は約 10% に留まる。

これは主として、1) ライフライン事業者の施設整備計画が共同溝の整備計画に合致しなければならないとの制約を受ける、2) 整備費用（共同溝整備、管理、自社施設の敷設費用、整備時の既存施設移転費用等）が割高であることに起因している。

わが国においては、以上に示した各種の工事影響の抑制策に対して、その有効性が客観的に評価されていない。

表－2 平成 10 年度共同溝整備率

路線 (号)	路線延長 (100m)	共同溝敷設 延長(100m)	整備率 (%)
1	182	101	55.2
4	145	94	64.8
6	134	53	39.3
14	122	52	42.7
15	179	129	71.8
17	155	74	47.6
20	166	126	76.0
246	137	83	60.1
254	152	109	71.5
357	219	171	77.9
計	1532	990	64.6

このことが、画一的で非効率な工事量規制への一辺倒、参加が進まない共同溝整備等の問題を生じていると言えよう。

このブレイク・スルーのためには、抑制効果の定量化に基づく施策の選択や組み合わせが必要である。そこで、以下では実際の工事現場で発生する渋滞による道路利用者の時間損失の定量化を試み、工事渋滞損失を考慮した運営方法選択の検討を行う。

3. 占用工事による時間損失の定量化

(1) 工事周辺の交通状況の観測

2. では現行の工事影響を縮減する施策を述べたが、ここでは道路利用者に生じる遅れ時間に着目し、路上工事の影響の計測を試みる。表－3 は、ケーススタディとして取り上げた工事現場の観測概要を示す。

片側 2 車線のうち 1 車線を使用した夜間工事では、車両の合流地点で断続的な渋滞が発生しており、また交通量の内訳についてはタクシーや貨物車両の営業用車両のシェアの高さが確認された。

(2) 道路利用者の時間損失の試算

本研究では工事に起因する遅れ時間を、待ち行列理論を用いて算定した。その際、車両の遅れ時間を以下のよう

遅れ時間 = 平均待ち時間 + 車線規制区間の走行時間
－自由走行時間 (1)

表-3 夜間工事現場観測概要

観測日程	1999年10月下旬
観測路線	国道246号線(駒沢)目黒通り(下目黒) 環状八号線(瀬田)
観測方法	ビデオ観測: 夜間工事現場(上流部~終端)をビデオ撮影し、車両の工事区間への到着・通過時間間隔を計測
観測内容	上下区間の夜間交通量(10分間交通量) 工事区間通過所要時間
入手データ	工事区間の到着・通過時間分布

表-4 時間間隔分布の検定結果

		到着	サービス
	平均時間間隔	2.86(秒)	1.69(秒)
	同 分散	33.32	18.36
χ^2 検定	指数分布	264.1	49.64
	アーラン分布(k=2)	114.4	127.62
	アーラン分布(k=4)	46.2	434.26

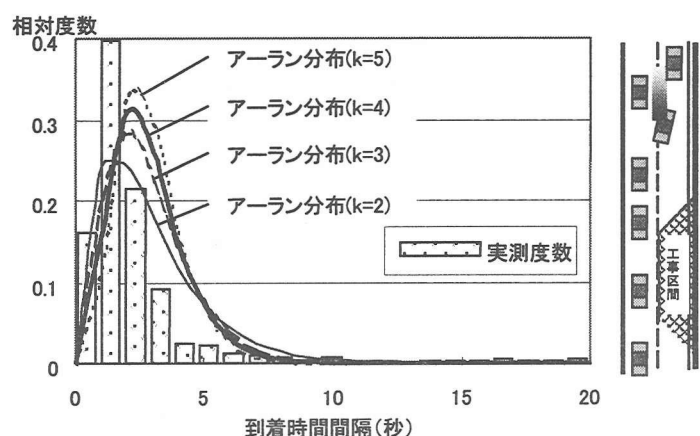


図-3 到着時間間隔の検定

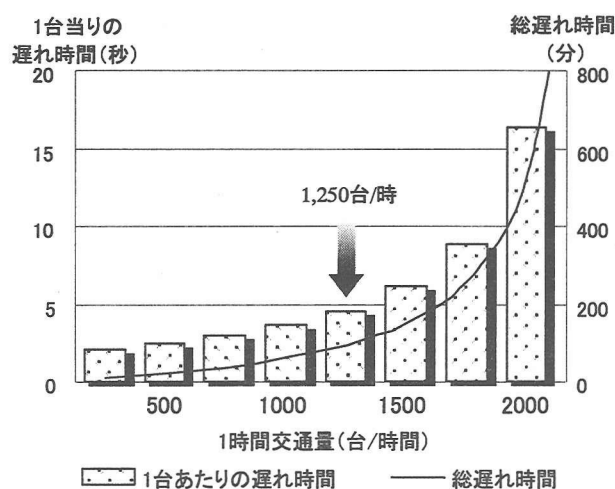


図-4 遅れ時間と交通量(1台当り・総遅れ時間)

想定した待ち行列は、通過可能車線数は1車線(すなわち1窓口)とし、工事現場近傍に到着後、車線の規制区間開始地点でサービスを楽しむとした。到着・サービスの時間間隔の平均・分散および χ^2 検定の結果を表-4に、到着の時間間隔分布と各確率分布を図-3に示す。検定の結果、有意水準5%で到着時間間隔は4次のアーラン分布に、サービス時間間隔は指数分布に従うことが確認された。E_kM/1型待ち行列を用いて、1台あたりの遅れ時間を推計した結果が図-4である。

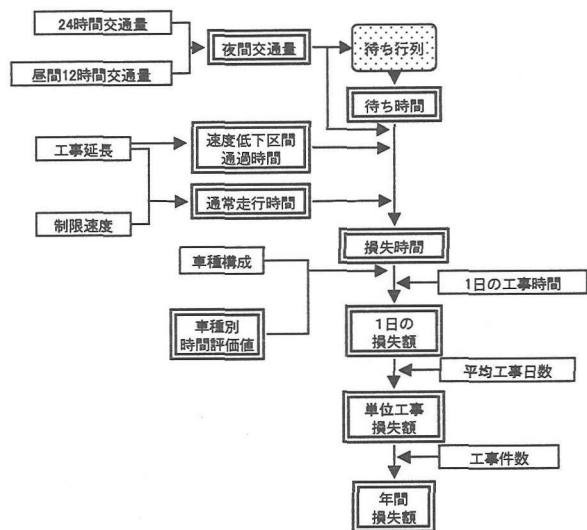
また、観測された1時間交通量(1,256台)に対する結果の一例を示す。

- 平均待ち時間：2.9(秒/台)
- 車線規制区間の走行時間：3.9(秒/台)
- 自由走行時間：3.4(秒/台)
- 遅れ時間：3.3(秒/台)
- 損失：4,184(秒) = 69.7(分)

なお、本稿での遅れ時間の試算結果は998~1,322台/時という観測交通量の範囲内での推計値であり、走行状態が自由走行に近い場合には過大評価、混雑が著しい場合には過小評価の傾向が指摘される。

次に、以上の結果を用いて東京都区内の国土交通省直轄国道(国道1, 4, 6, 14, 15, 17, 20, 246, 254, 357号線)を対象とし、図-5のフローに従い路線別・ライフライン事業者別の道路利用者の時間損失額を推計した。なお、対象とする工事はライフライン事業者(電気・電話・ガス・水道・下水道)の行う、道路の開削を伴う工事限定した。

損失額の算出に際しては、平成9年度道路交通センサスから交通量および車種構成を把握し、平成10年度道路工事調整決定書からライフライン事業者別の工事延長・日数・年間件数データを得た。全工事の平均工事延長は68.6m、平均工事日数は89.9日であった。フロー中で使用した車種別時間評価値は表-5に示す。また、本研究では既往研究²⁾での車種別時間価値の推定法を踏襲し、平成10年度の時間価値を求めた。なお、渋滞による時間の不確実性の考慮^{7) 8)}が今後の課題として残される。



図一五 道路利用者の時間損失試算

表一五 車種別時間価値(円/台・分)

	平成10年度推定値	備考
普通貨物	59.51	車両留置料金
小型貨物	45.00	同上
バス	390.87	一人当たり国民所得
乗用車	50.89	労働者一人当たり賃金

(3) 試算結果

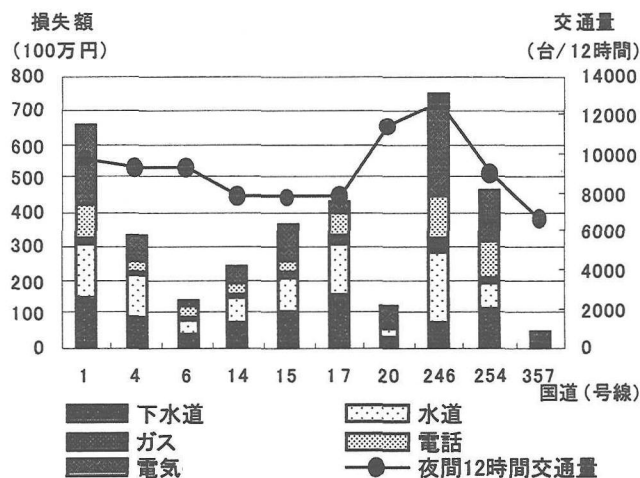
以上より算出した値を、夜間交通量と共に図一六に示し、事業者別の工事量と単位工事あたりの損失額を表一六に示す。

本試算では工事による道路利用者の時間損失額は工事量(工事延長・工事日数・件数)と交通量に依存している。夜間の交通量が多い国道1号線や246号線では遅れ時間損失が相対的に大きく、一方6、20号線では交通量が多いものの工事件数が少ないため損失額は抑えられている。

また、事業者別に見ると短期間の工事を繰り返す電気・電話事業者の占用工事では単位工事の損失額は大きくないが、総額として多大な損失を発生させている。一方、一工事の工期は長期に渡る上下水道事業者の占用工事では、単位工事の損失額は著しいが工事件数は少なく、損失額の傾向が他の事業者とは異なることが示されている。

ライフライン事業者全体では都区内の国道で行われる占用工事の単位工事の平均損失額は504(万円/工事)となる。

なお、本稿では車線規制の形態を2車線道路の1車線規制と想定し、夜間の占用工事に起因する道路利用者の時間損失の概算結果を示したに過ぎない。実際の規制ではより多車線道路の複数車線規制も実施され、規制の形



図一六 占用工事に起因した道路利用者の遅れ時間損失

表一六 事業者別工事量・単位工事あたりの損失額

	総件数 (件)	工事日数 (日)	工事延長 (m)	単位工事当たり 損失額 (百万円/工事)
電気	167	109.1	66.0	5,896
電話	123	84.5	59.0	4,242
ガス	94	50.8	41.6	1,877
水道	151	87.6	88.7	6,126
下水道	90	110.5	113.4	9,634

態も多様である。さらに、車線規制に伴う車両の挙動は複雑であり、単純な待ち行列モデルでは扱えない側面が大きいことは言うまでもない。

4. 工事渋滞損失を考慮した運営方法選択の試案

(1) 現在のオプション

現時点では、道路管理者が占用工事に対して行う影響縮減の施策は、事業者間の工事計画の調整と共同溝の整備のみである。ライフライン事業者はこの施策に対し、工事計画の調整の下で単独工事を実施するか、共同溝に参加するかという選択肢を持つ。

図一七は各選択肢でライフライン事業者が30年間に支払う工事費用(単位距離)を示している。共同溝への参加は施設の埋設、管理費用に加えて共同溝本体の維持管理・敷設費用が割り当てられるため、費用の面で割高になることが明らかである。従って、費用の面でライフライン事業者の選択肢を比較すると、共同溝への参加が選択されにくいという現状が浮き彫りにされる。

(2) 工事影響[渋滞費用]を内部化させた場合

(1)と同様の設定で、道路管理者の施策に「工事計画の調

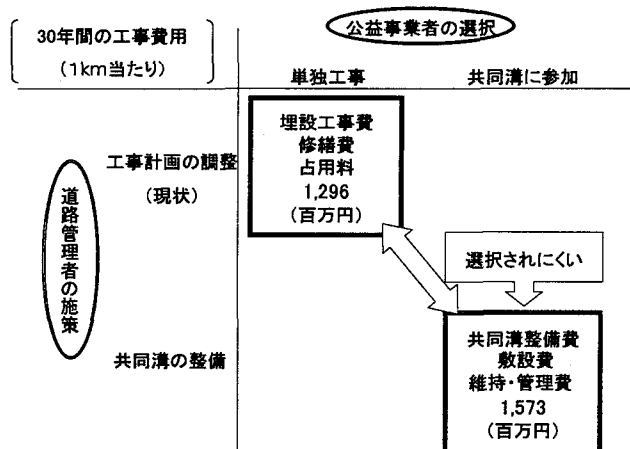


図-7 運営方法と事業者Aの負担費用

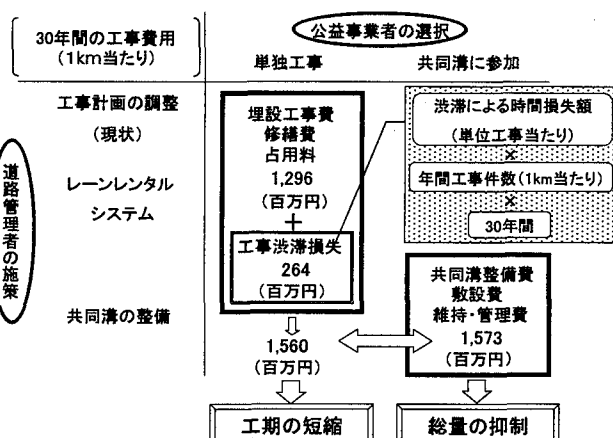


図-8 工事渋滞損失を考慮した運営方法

整+レーンレンタルシステム」を新たに加えて、ライフライン事業者の意思決定に及ぼす影響を考察する。

レーンレンタルシステムは前述の通り、工事による影響費用を施工主体に課すシステムである。従来のレーンレンタルシステムのほとんどは道路の舗装事業に導入されたものであるが、ここではライフライン事業者の占用工事への適用を想定する。なお、この導入に際しては、ライフライン事業者に課されたレンタル料金がライフライン使用料として利用者に転嫁される可能性がある。しかし、以下ではレーンレンタルシステムの導入に際して、事業者Aは自社工事で発生する道路利用者の時間損失額を全て負担すると仮定し考察を進める。

事業者Aは、単独工事時には自社の施設の埋設・維持管理費用に加え、道路利用者の渋滞損失分の費用負担が加算される。この負担の増加に伴い、図-8に示すように、従来では割高であった共同溝への選択がコスト面から比較の俎上に載るオプションとなり得る。

したがって、工事の運営方法において工事影響（渋滞費用）を運営方法に内部化させることで、ライフライン事業者が単独工事を選択した場合には、レーンレンタルシステムという原因者負担の機構によってより費用を抑制させるために工期の短縮のインセンティブが高まり、更に効率的な工事の実施が促される。

一方、他の選択肢と費用の面で差異が無いことから、費用に加えて災害時の復旧が容易である等の利点を持つ共同溝へと参加するインセンティブも高められる。これにより共同溝の整備が進まないという現状の改善も期待され、総量の抑制という観点からも工事影響が縮減されると考えられる。

以上の考察においては、レーンレンタル料金のライフライン利用者への転嫁を無視したが、同様の転嫁はコスト面で割高な共同溝整備に事業者が参加する場合にも起こりうると考えれば、図-8の帰結には大きな影響は生じないと思われる。

5. おわりに

本研究では交通負荷の抑制に関わる占用工事の運営施策を工事量の抑制に着目して、管理の対象、管理方法での整理を試みた。混在する施策の位置付けを明らかにした上で、社会的費用に対する原因者負担の仕組みがライフライン事業者の工事運営方法の選択に及ぼす影響を考察した。

考察に際し、本研究では工事影響に関して夜間工事現場の実態調査から、道路利用者の工事渋滞損失（遅れ時間損失）費用の定量化を行い、ケーススタディとして東京都区内の直轄国道における費用のオーダーを示した。これは工事の社会的費用の一部に過ぎないが、事業者の単独工事費用の2割程度に相当するものである。また諸外国でのレーンレンタル料金の設定は、多くの場合こうした工事渋滞損失額と同等か、割高になされていることを確認した。

この時間損失費用を原因者であるライフライン事業者に負担させるという試案に基づき、ライフライン事業者が選択する工事運営方法を現在のオプションと比較し、その影響を確認した。すなわち、従来の施策にレーンレンタルシステムを加えることで単独工事か、共同溝参加かがライフライン事業者のコンパラブルな選択肢として確立する。このことにより、道路管理者側から見た工事運営方法の枠組みが拡大されうることが示唆された。

一方で、工事による渋滞損失の計測に関しては、工事区間での渋滞現象の再現について実用上十分な精度を有しているとは言えず、方法論的な改良が必要である。また費用負担のあり方についても、道路管理者、ライフライン事業者および道路利用者の3者のみならず、ライフライン利用者の存在を考慮した考察が必要と思われる。

さらに今後は、共同溝の持つネットワーク性を考慮した上で、その整備効果の定量化や費用配分のあり方等についても議論を展開させたい。

参考文献

- 1) 中辻・坂田・鈴木：2車線における交通流制御に関する研究，土木学会年次学術講演集，Vol.50，pp32-33，1996
- 2) 安井・池上・野村・石崎：道路工事における交通流への影響を考慮した工法選択に関する事例検討，土木計画学研究・講演集，Vol.18-2，pp234-240，1995
- 3) 原田：高速7号線通行止めの補修工事の交通影響，土木学会年次学術講演集，Vol.46，pp346-347，1992
- 4) Construction Management Economics，1991
- 5) V.A.Bodnar：Lane Rental – The Dtp View，Highways and Transportation，June，pp22-26，1988
- 6) Zohar.J.Herbsman：Lane Rental – Innovative Way to Reduce Road Construction Time，Journal of Construction Engineering and Management，9/10 pp411-417，1998
- 7) 河野・荒井・伊藤・鹿島：所要時間の不確実性を考慮した交通渋滞による損失費用の計測，土木計画学研究・講演集，Vol.18-2，pp61-64，1995
- 8) 鹿島：交通渋滞による社会的損失の計量化，1997

工事渋滞損失を考慮した道路占用工事の運営方法に関する考察

岡 真紀子 土井 健司

現在，路上工事の影響を縮減する種々の施策が講じられているが，各施策の効果は必ずしも明らかにされておらず，それゆえ費用対効果の観点から既存の工事運営方法については検討の余地が大きいと思われる．本研究では，工事の社会的影響のうち特に渋滞による道路利用者の時間損失に着目し，夜間工事現場の実態調査から道路利用者の遅れ時間損失を測定し，都内の主要国道における工事渋滞費用のオーダーを示した．これは工事の社会的費用の一部に過ぎないが，事業者の単独工事費用の2割程度に相当するものである．これを事業者負担させるという試案に基づき，レーンレンタルシステム等の導入が事業者の意志決定に及ぼすであろう影響を考察した．

A study on the management of lifeline facilities under road section considering congestion cost

By Makiko OKA Kenji DOI

Although the various measures are taken now, which decrease the influence of construction on the street, the effect of each measure is not necessarily clarified. Therefore we need more consideration about the existing construction management method in terms of Benefit/Cost. In this paper, we focused on the time loss of the road user by traffic congestion among the social influences of construction, measured it from the survey of construction site, and showed the congestion cost in national highways in Tokyo approximately. Although this is only a part of social cost of construction, it corresponds to about twenty percent for the utility companies' construction cost. We considered about the influence that introduction of the lane rental system will affect companies' decision making based on the idea of making utility companies pay.
