

◆ 報 文 ◆

外部コストを考慮した路上工事工法の評価

小野寺誠一* 大下武志**

1. はじめに

路上工事は、代表的なものとして道路管理者が行う舗装補修等の道路工事や占有企業者が行う管路敷設等の占有工事等がある。これらの工事の結果、国民生活を支えるライフラインの構築や安全かつ円滑な道路交通の確保など、周辺住民や道路利用者に大きな便益をもたらしている反面、供用中の道路上での工事となることから、工事段階における交通渋滞や騒音・振動等の周辺環境への負の影響を少なからず及ぼしている。

これに対して、これまで非開削工法の採用、共同溝化、工事調整・共同施工等による工事件数の縮減や工事終了後の掘削規制等の施策により影響低減に努められてきている。しかし、依然路上工事縮減への社会的要請が大きく、更なる施策の実施とともに、路上工事による道路交通や周辺環境への影響を適切に評価した上で、影響低減に資する施工法の改善や新技術・新工法の開発・普及を行う取り組みが必要である。

ここでは、路上工事による道路交通、周辺環境への影響の現状とその評価方法、更に施工法の改善や新技術・新工法を採用した場合の効果についての試算結果を紹介する。

2. 路上工事による影響とその評価方法

2.1 影響の評価方法

近年、建設事業の実施において、建設コストの縮減や環境に配慮した社会資本整備が求められている中で、ライフサイクルを通じて社会一般が何らかの形で負担しているコスト（外部コスト）を適切に評価し、建設コスト（内部コスト）と合わせて総合的な建設事業コストを評価し、低減する必要がある。このため、ここでは路上工事による道路交通や周辺環境への負の影響を外部コストとして貨幣換算化し、工事コスト等の内部コストを合わせて評価する手法について検討を行った（図-1参照）。

一般的な土木工事において、外部環境に影響を与える主な項目は、①交通渋滞、②騒音、③振動、

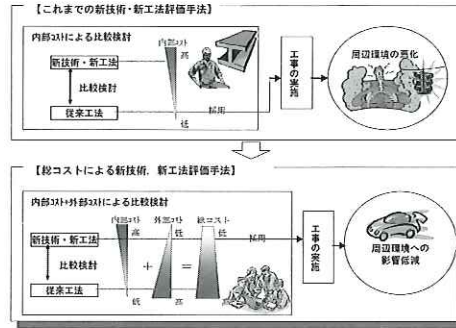


図-1 総コストによる評価イメージ

④大気汚染、⑤水質汚濁、⑥建設副産物、⑦動植物の保全、⑧景観などが考えられる。このうち、既に供用中の道路上での路上工事では、①～⑥が外部コストの対象となる。路上工事は、地下鉄工事や大規模な管路敷設工事などを除くと、その多くが比較的短期間・小規模な工事であることから、④～⑥は外部コストに換算してもその影響は小さいことが考えられる。また、③の振動については、路上工事においてある程度の影響が考えられるが、外部コスト算出の際に用いる原単位の適切な設定が現段階では困難であることから除外する。このため、ここでは路上工事における外部コスト項目として、①交通渋滞、②騒音を対象として、その影響について検討を行う。

なお、外部コストの算出は、次式により算出できる。

①【交通渋滞による外部コスト】

$$= \text{【渋滞による走行時間遅れ (分)】} \\ \times \text{【延べ台数】} \times \text{【原単位】}$$

②【騒音による外部コスト】

$$= \text{【工事騒音 (dB) - 55dB】} \times \text{【影響居住} \\ \text{地面積 (m}^2\text{)]} \times \text{【工事日数】} \times \text{【原単位】}$$

ここで、原単位は道路事業の評価で用いられている「道路投資の評価に関する指針（案）」の以下の値を用いた。

①交通渋滞による外部コスト

乗用車： 67 (円/台・分)

大型車： 101 (円/台・分)

②騒音による外部コスト

0.55 (円/dB (A)・m²・日)

Impact of On-Street Construction Work on Road Traffic and Cost Evaluation

2.2 現場計測による外部コストの試算

2.2.1 交通渋滞による外部コスト

交通渋滞による外部コストに着目し、渋滞が予測される路上工事を対象に、交通量・走行速度を現場計測し、交通規制に伴う交通渋滞の状況を把握するとともに、外部コストの算定方法の検討を行った。

(1) 現場計測結果

1) 現場計測条件

計測を行った現場は全ての国道で、以下の示す多車線道路4箇所(①~④)、2車線道路2箇所(⑤~⑥)である。工事は全て夜間に実施されている。

- ①歩道環境整備工事 ②路面復旧工事
- ③歩道整備工事 ④遮音壁設置工事
- ⑤舗装修繕工事 ⑥舗装修繕工事

2) 多車線道路の調査結果

①~④の多車線道路では、①において一時的に100m程度の渋滞が、③において交通規制下流端より約50m前方の信号交差点の影響により当該規制区間まで続く交通渋滞が生じた。その他の工事では、手前での別途工事部において渋滞が発生し、その影響で当該工事では渋滞が発生しなかった。工事規制区間での走行速度は、④を除き低下が見られた。この様に、多車線道路の多い市街地では、工事規制の他に近傍の信号交差点や周囲の類似工事の影響を大きく受けることが分かる。

3) 2車線道路の調査結果

⑤と⑥は同一路線上の工事であり、交通量はほぼ同様の傾向(約27,000台/日)を示す。片側交互通行による工事規制により、図-2に示すように走行速度が大幅に低下し、⑤の工事(規制長約600m)では最大約1,200m、⑥の工事(規制長約200m)では最大約600mの渋滞が発生した。このことより、渋滞長は規制長にも大きく影響を受けることが確認された。

(2) 外部コストの算定方法の検討

2車線道路の⑤の現場条件に基づき、図-3に示す交通量累加曲線の考え方にに基づき工事に伴う渋滞の予測と外部コストの算出を行った。図-3は、横軸に経過時間、縦軸に累加台数をとり、交通規制時の交通容量と交通需要との差より渋滞台数及び遅れ時間を求めるものである。

工事規制による交通渋滞の試算結果を表-1に示す。この様に、工事規制による渋滞の影響を評価できており、また、交通渋滞による外部コストも非常に大きな額となっており、交通渋滞の影響は非常に大きいことが分かる。

ただし、図-3を用いた評価方法は、基本的に単路部を対象としており、設定する定数により結

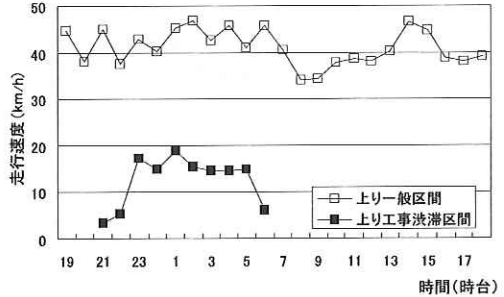


図-2 工事による走行速度の低下(現場⑤)

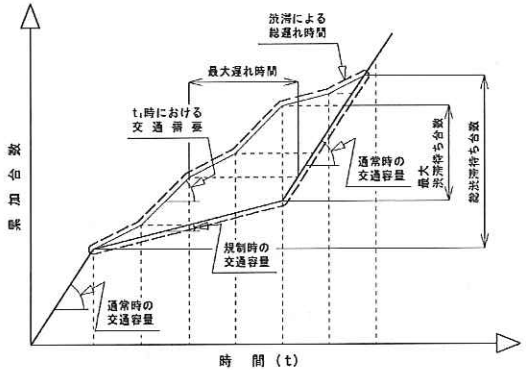


図-3 交通量累加曲線

表-1 外部コストの試算結果

対象工事	最大遅れ時間 (min)	渋滞台数		走行時間損失費用(千円)			
		pcu (台)	乗用車 (台)	大型車	合計	乗用車	大型車
⑤舗装修繕工事	11.1	6,906	3,839	1,534	3,099	1,934	1,165

* pcu: 乗用車換算台数 (passenger car unit)

果が大きく異なるため、近隣の信号交差点の影響や数分単位で変動する交通量の影響、適切な交通容量の設定に留意する必要がある。

2.2.2 騒音による外部コスト

開削工事による管路敷設工事を対象に工事に伴う騒音・振動の測定を行い、周辺環境への影響の調査を行った。調査は、以下の現場において実施した。

- ・4車線道路(2車線規制)
- ・上水道工事(L=12m、W=1.25m、H=3.5m)

現場は市街地の幹線道路で、夜間のみの工事である。騒音・振動の測定は、工事箇所にもっとも近い官民境界地点において、通常時と工事中に測定を行い、工事の影響を調べた。

騒音の測定結果を図-4に示す。なお、図中の基準値とは特定建設作業の基準値を表し、今回の作業は特定建設作業に該当しないが参考までに示している。測定結果から、舗装切削及び埋戻し、

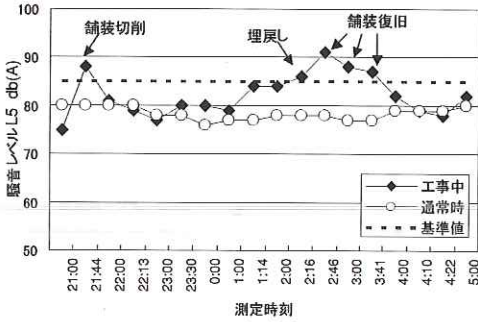


図-4 騒音の測定結果

舗装復旧での騒音が高く、バックホウやハンドローラ、コンパクタによる影響が大きいと思われる。

現場で計測された騒音値をもとに、騒音による外部コストを算出した。算出条件は、以下のとおりとした。

- ・影響範囲：延長50m、沿道20m範囲
住宅・商業地占有率60%
- ・工事期間：15日間
- ・施工時間：夜21:00～翌朝6:00

この工事における騒音による外部コストは、1日当たり約5千円であり、通常時での外部コストとの差し引きによる工事期間を通じた外部コストは、約30千円/工事となる。

この額はこの規模の工事コストに比べると非常に小さく、路上工事に伴う騒音の影響は、貨幣換算して評価してもその影響は大きくないと考えられる。このため、以降は路上工事による影響評価項目として騒音を考慮せず、交通渋滞による走行時間遅れのみを取り上げることとした。ただし、実際には工事に伴う騒音・振動は非常に大きな影響要素であることから、今後とも合理的な評価方法について検討を行う必要がある。

3. 路上工事による影響の試算

2. で提案した路上工事に伴う道路交通への影響の評価方法を用いて、路上工事の工事形態の違いによる影響について試算を行い、効率的かつ道路交通への影響の少ない施工方法について検討を行った。

3.1 工事区間長の違いによる影響

交通規制を伴う路上工事の1日当たりの工事区間長の違いによっても道路交通への影響は大きく異なると考えられる。また、1日当たりの工事区間長の違いにより全体の工事日数も変化し、結果的に工事費も増減すると考えられる。

ここで、2.2.1での⑥の工事の現場条件を対象に、2車線道路における片側交通規制を伴う舗装修繕

工事を想定し、1日当たりの工事区間長の違いによる道路交通への影響を試算した。

試算の前提条件は、以下のとおりである。

- ・工事総延長：4,000m
- ・1日当たり工事区間長：100mから50m毎に400mまで変化
- ・工事規制区間長：工事区間+300m
- ・交通規制方法：規制信号による片側交互通行
- ・交通量：⑥の現場条件の実測値
- ・工事日数：工事総延長/1日当たり区間長

試算結果を図-5に示す。図より、交通規制に伴う交通渋滞による外部コストは、工事区間（交通規制区間）が長くなるに従って増える傾向にある。これは、規制区間が長くなることにより規制信号の信号切替時の全赤時間が長くなり、結果的に信号サイクルに対する青時間の比率が小さくなり、工事日数の減少による効果よりも大きくなるためと考えられる。

一方、工事費（内部コスト）は、1日当たりの工事区間が大きくなるにしたがって、全体の工事日数が減り、結果的に減少する傾向にある。

これらの両者のコストを合わせてトータルコストは、ある工事区間長時に最小となり、この時の1日当たりの工事区間長が外部コストを考慮した時に最も効率的な工事形態と考えられる。

3.2 信号交差点部における影響

これまでの現地調査結果等より、路上工事による交通渋滞には、規制区間長や近隣の信号交差点の影響が大きいことが分かった。このため、工事箇所と交差点との位置関係、交差点形状及び規制区間長に着目し、路上工事による道路交通への影響について試算を行い外部コストの算出を行った。

3.2.1 試算モデルと試算ケース

(1) 試算モデル

交差点は都市部の単独十字型交差点を想定し、主道路の車線数を4車線または2車線、交差道路を2車線とし、主道路上で片側方向の1車線を通行規制して工事を行う場合を想定した。

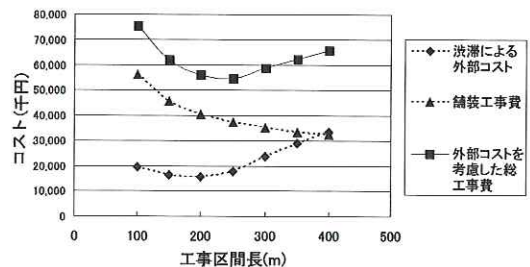


図-5 工事区間長の影響試算結果

この時、工事規制区間の交差点からの位置関係、規制区間長を変化させた場合(図-6参照)の道路交通への影響を試算した。工事区間に対する規制区間の設定は、ここでは文献3)に従い、工事区間+120mと設定した。

(2) 交通条件

主道路の流入交通量は、基本ケースとして「平成11年道路交通センサス」の結果を基に一般国道の市街部を対象として、平日12時間交通量の全国平均値から方向別時間当たり交通量を算出した値(4車線：1,100台/時、2車線：500台/時)を用いた。また、交差道路の交通量は、主道路の半値(250台/時)とした。大型車混入率は、全国平均値(4車線：15%、2車線：14%)を用い、交差点での分岐率は、標準的な十字交差点での値(右折率16%、左折率14%)を用いた。

(3) 計算システム

計算に用いたシミュレーションシステムは、「追従理論」に基づき1台1台の車両行動を詳細に再現できる交通流マイクロシミュレーションモデルである「NETSIM」を用いた(図-7参照)。

(4) 検討ケース

主道路の車線数、交差点での右折レーンの有無、工事箇所と交差点との位置関係、工事区間、交通量を変化させたケースについて試算を行った。検討ケースを表-2に示す。

シミュレーションは、1時間当たりの設定流入交通量の全てが交差点を通過してモデルの始点から終点まで走行した場合の走行総時間を算出した。

3.2.2 試算結果

以下では、各ケースに対する試算結果として、交通規制に伴う1時間当たりの走行時間損失を次式によりコスト化して表した。

$$\text{【外部コスト】} = \text{【工事規制時の走行総時間} - \text{無規制時の走行総時間】} \times \text{【原単位】}$$

(1) 4車線道路の場合の試算結果

右折レーンが無い場合の工事箇所と交差点との位置関係の違いによる外部コストの比較を図-8に示す。

工事箇所が交差点手前(流入側)にある場合には、交通量の増加に伴い外部コストが大きくなる傾向が見られるが、工事施工箇所による影響についてはバラツキが大きい結果となった。これは、工事箇所の交通容量よりも交差点部の容量が小さいために工事規制による感度が小さく、交差点部での右折車の影響を大きく受けたものと考えられる。交差点の先(流出側)に工事箇所がある場合には、全体的に外部コストが小さいが、交通量が多くなると交差点から離れるほど大きくなる結果

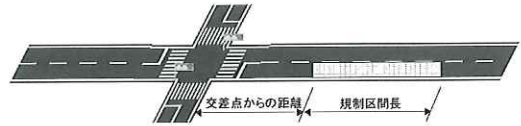


図-6 試算モデルイメージ

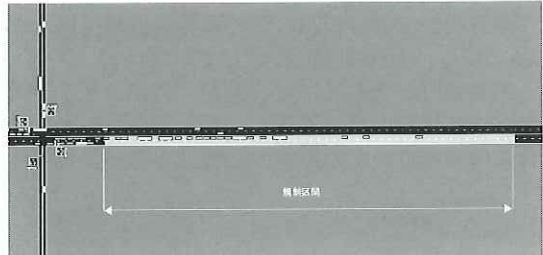


図-7 シミュレーション例

表-2 試算ケース

主道路の車線数	交差道路の車線数	右折レーンの有無	工事施工箇所	規制区間長	主道路流入交通量	交差道路流入交通量
4車線	2車線	無し	規制無し	220m (工事100m)	1100台/時	250台/時
					1200台/時	270台/時
					1300台/時	295台/時
					1400台/時	320台/時
					1100台/時	250台/時
					1200台/時	270台/時
2車線	2車線	有り	320m (工事200m)	1400台/時	320台/時	
				1600台/時	360台/時	
				300台/時	150台/時	
				400台/時	200台/時	
				450台/時	225台/時	
				500台/時	250台/時	

となった。

右折レーンがある場合には、図-9に示すように、規制区間が流入側にあり、かつ交差点に近い方が、外部コストが大きくなる傾向にある。一方、規制区間が流出側にある場合には、それ程影響を

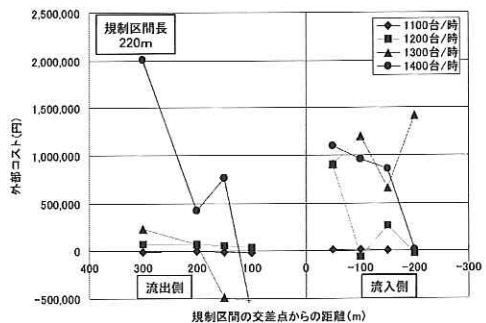


図-8 外部コスト比較(4車線、右折レーン無)

与えないことが分かる。

なお、4車線道路で1車線規制する場合には規制区間長の違いによる明確な差は見られなかった。

(2) 2車線道路の場合の試算結果

図-10に2車線道路の場合の外部コスト比較を示す。2車線道路の場合には、片側交互通行となり両方向の交通が規制区間の影響を直接受けるため、流入・流出側の区別はしていない。

工事箇所が交差点に近い方が、外部コストが大きくなる傾向が見られるが、右折レーンがある場合には交差点からの距離の影響は小さい。規制区

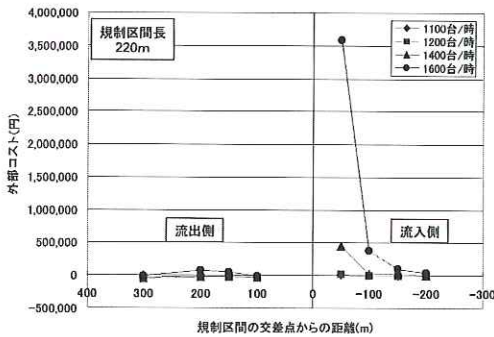


図-9 外部コスト比較 (4車線、右折レーン有)

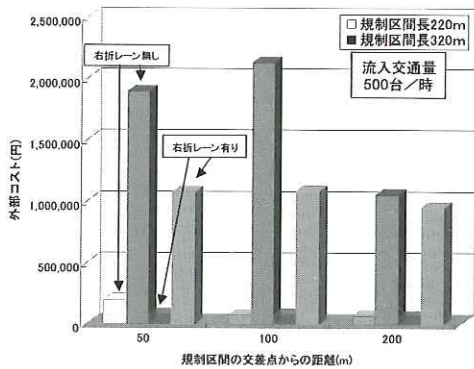


図-10 外部コスト比較 (2車線)

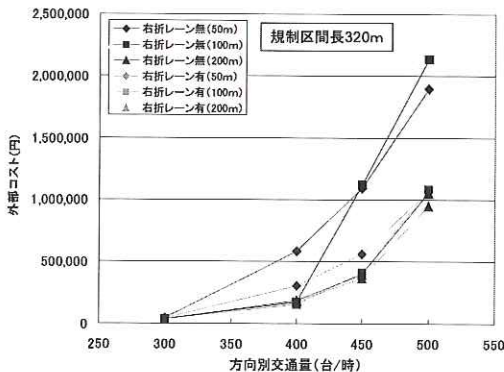


図-11 交通量による比較

間延長は、長い方が工事規制信号の影響により外部コストが非常に大きくなる傾向にある。

図-11に、交通量の違いによる外部コストの差を示す。どのケースでも交通量の増加に伴い外部コストが増加するが、特に400～500台/時の間で外部コストが急激に増加している。この様に、外部コストに対する交通量の感度は大きく、渋滞が懸念されるような現場での外部コスト算出では、交通量をより正確に調査することが望ましい。

4. 新技術・新工法の効果の試算

路上工事の効率化やコスト縮減、周辺環境への影響低減等のため、各種新技術・新工法が開発されている。ここでは、これらの新技術・新工法を路上工事に適用した場合の効果について、道路交通への影響も考慮した評価の試算例を紹介する。

1) 試算モデル

①検討モデル (図-12)

・用途：共同溝 ・掘削幅：6.15m

②交通・規制条件

・交通量：60,018台/日 (大型車混入率5%)
 ・現道車線：4車線 ・規制車線：2車線
 ・工事規制時間：夜21:00～翌朝6:00

2) 工事費 (内部コスト) の算出

土木工事積算基準、建設物価等を参考に、従来工法の直接工事費、工期を工種別に算出した。なお、全体工事区間は100mとした。

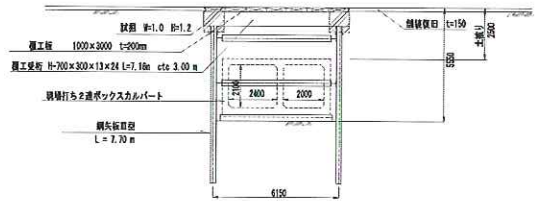


図-12 検討モデル

表-3 従来工法のコスト

工種	工期	内部コスト	外部コスト	総コスト
試掘工	5日	597千円	1,682千円	2,279千円
土留工	31日	20,855千円	10,429千円	31,284千円
掘削工	50日	7,409千円	16,821千円	24,230千円
支保工	36日	6,923千円	12,111千円	19,034千円
覆工	19日	5,710千円	6,392千円	12,102千円
本体工	153日	29,660千円	51,472千円	81,132千円
埋戻し工	18日	8,305千円	6,056千円	14,361千円
舗装復旧工	4日	3,079千円	1,346千円	4,425千円
計	316日	82,538千円	106,309千円	188,847千円

表-4 新技術・新工法の評価例

工種	プレキャスト製品				幅広鋼矢板				土留め杭・外型枠兼用工法			
	工期	内部コスト	外部コスト	総コスト	工期	内部コスト	外部コスト	総コスト	工期	内部コスト	外部コスト	総コスト
試掘工												
土留め工					-7日	-15%	-23%	-17%				
掘削工	+7日	+14%	+14%	+14%	+1日	+2%	+2%	+2%	-5日	-10%	-10%	-10%
支保工	+3日	+7%	+8%	+8%					-2日	-5%	-6%	-5%
覆工	+1日	+7%	+5%	+6%								
本体工	-121日	+36%	-79%	-39%						+14%		+5%
埋戻し工	+4日	+27%	+22%	+25%	+0.4日	+3%	+2%	+3%	-4日	-20%	-22%	-21%
舗装復旧工		+11%		+8%								
計	-106日	+18%	-34%	-12%	-7日	-3%	-2%	-2%	-11日	+2%	-3%	-1%

3) 外部コスト算出

工事に伴う交通渋滞の時間損失費用を算出した。工事中の交通容量は、道路使用許可の基準値である1車線当たり800台/時と設定し、交通量は実測値を用いて走行遅れ時間を算出した。

各工程の外部コストを算出すると、表-3のようになる。算出された外部コストは、内部コストと比較しても大きくなり、特に工期が長い工種（土留工、掘削工、支保工、本体工など）において大きく、特に改善が必要な工種と考えられる。

4) 新技術・新工法の評価例

改善が必要な工種に対する改善工法として、以下の3工法を取り上げ、内部コスト・外部コストの試算を行った。試算結果を表-4に示す。

①プレキャスト製品の使用

本体にプレキャスト製品を用いることにより本体工の工事費が増加するが、本体工の工期を大幅に短縮可能なことから、工期全体の外部コストを大幅に低減でき、総コストは従来工法よりも小さくなっている。

②幅広鋼矢板の使用

幅広鋼矢板を使用することにより土留め工の工事費及び外部コストを大幅に低減でき、工事全体の総コストも従来工法に比べて小さくなっている。

③土留め杭・外型枠兼用工法の使用

土留め杭と外型枠を兼用することで余堀りが殆どゼロとなることから、掘削幅が大幅に低減し、掘削・埋戻しの工事費の縮減、工期の短縮が可能となっている。本体工の工事費が増加しているが、総コストは、従来工法よりも小さくなっている。

5. おわりに

路上工事による道路交通への影響の評価方法として、外部コストとして評価する手法に着目し、路上工事の工事形態の違いによる影響や新技術・新工法の効果について試算を行った。この結果、

以下のことが明らかになった。

- (1) 外部コスト項目としては、騒音による影響は小さく、交通渋滞の影響が大きい。
- (2) 2車線道路においては、工事規制区間長により道路交通への影響が異なる。
- (3) 工事規制による渋滞は、信号交差点の影響を受けやすく、交差点に近いほど影響が大きい。
- (4) 交通量が多くなると交通渋滞による外部コストに対する交通量の感度は非常に大きい。
- (5) 新技術・新工法は、外部コストを含めた総コストで評価するとその導入効果が評価出来る。今後は、市街地における迂回交通の影響や環境への影響に対する外部コストの算定など、更に精度の高い評価方法の検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 外部コストを組み入れた建設事業コストの低減技術に関する検討委員会：総合的な建設事業コスト評価指針（試案）、平成14年3月
- 2) 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）、平成10年6月
- 3) (財)道路保全技術センター：道路工事の安全施設設置要領（案）、平成8年3月
- 4) 独立行政法人土木研究所施工技術チーム：道路交通や周辺環境への影響を低減する路上工事工法の評価・開発ガイドブック、土木研究所資料第3945-2号、平成16年7月

小野寺誠一*



独立行政法人土木研究所技術推進本部施工技術チーム主任研究員
Seiichi ONODERA

大下武志**



独立行政法人土木研究所技術推進本部施工技術チーム主席研究員
Takeshi OSHITA