

下水道事業における管路建設コスト構造に関する一考察

建設省土木研究所 ○小林一三*
松井健一**

By Ichizo KOBAYASHI, Kenichi MATSUI

公共工事のコスト縮減を効率的に進めるには、各事業を構成する工事目的物の費用構成を表現するコスト構造モデルを作成・分析し、建設コストを形成する支配的な工事費目やコスト縮減施策を展開したときの定量的効果を把握する必要がある。本論文は、建設省所管事業の標準的な積算階層となっている工事工種体系により作成された工事設計書などを用いて、下水道を事業化する際の単位となる下水道処理区当たりの管路建設コストモデルを作成し、その建設コストを分析した。その結果、全体の建設費に占める小口径管路の仮設費用の割合は非常に大きく、土工、土留め工などの一般的な工事種別のコスト縮減対策が重要であることがわかった。また、本モデルの利用により、個別のコスト縮減施策の縮減効果を定量的に算定できることを示した。

【キーワード】コスト分析、コスト縮減、積算、工事工種体系

1. はじめに

下水道をはじめとする社会資本の一層の充実を図るためには、限られた財政の中で公共工事の重点化等による効果的な実施とあわせ、公共工事の建設費縮減に取り組むことが必要である。平成9年4月に政府が策定した「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」を踏まえ、下水道事業についてもコスト縮減に関する様々な取り組みが行われている。

本稿は、下水道事業における効率的なコスト縮減を進める上で必要となる管路建設コスト構造の分析例を紹介するものである。公共事業の建設コストは、調査・計画から施工段階までの一連のプロセスにおける建設コストや発注機関の人件費などの行政コスト等があるが、本研究では、行政コストを除く施工段階のコストとして、入札時の予定価格の根拠となる積算価格を「建設コスト」として、定義するものとする。

公共事業における建設コスト構造を分析する

目的は、大きく分けて以下の3点がある(図-1)。

第一に建設コスト分析は、工事目的物別(工種・細別や工事対象物の部位)のコストやその内訳の機械・労務・材料費構成などを把握することができるため、今後の効率的なコスト縮減施策の方向性を提示することにより、行政面からの積極的な施策立案が可能となる。例えば、当研究所における昨年度の分析では、¹⁾道路改良工事におけるダンプトラック運搬(10t)のコスト占有割合は全体の約12%に達し、長距離化する建設残土運搬を残土のストックやリサイクルを進める方向に転換することが有用であることを明

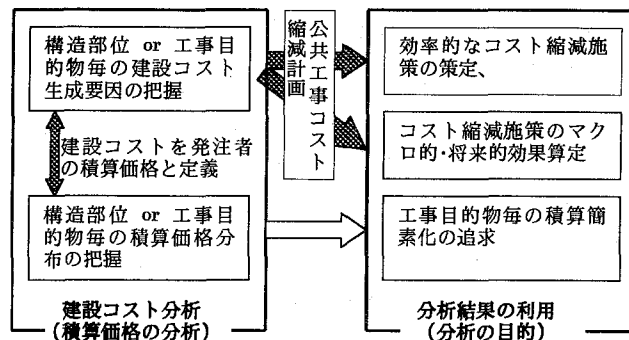


図-1 建設コスト分析の目的

*建設マネジメント技術研究センター 建設システム課
Tel 0298-64-2211(代)

**同 建設システム課長

らかにしている。

第二に現在、建設省が進めている「公共工事コスト縮減に関する行動計画」の成果を具体的数値で算出する方法として、コスト分析が必要となる点である。コスト縮減の効果は実施した施策の実施前後の積算価格を比較（仮想積算方式）する事により算定することとしているが、事業全体に波及効果を及ぼす施策や、その施策が実施例から一般的手法になった場合の事業全体でのコスト削減効果はこの方法で算出することが困難である。例えばシールド掘進の長距離化施策などはその実施例から直接的縮減費用を算出するだけでなく、下水道事業全体としてこの施策が一般化した場合のコスト縮減効果を把握しておく必要がある。

第三に、本研究のコスト分析は、コストの定義上、積算価格の分析であり積算手法の合理化検討ツールとして利用できる点である。一例として積算価格を構成する単位工事目的物価格の分布状況进行分析することで、その単位価格算定方法の簡素化（複合単価化、市場単価化、入力条件の簡素化等）の検討が可能となる。

このように、建設コスト分析（積算コスト分析）の主な目的は、今後のコスト縮減に向けた方向性の提案、コスト縮減効果の定量的把握、積算手法簡素化の検討があるが、本稿では第一及び第二の目的に関する分析事例を紹介する。

2. 下水道管路建設コストモデル

ある一定の人口・地域を対象に汚水又は雨水を排除する下水道施設は汚水処理場やそれに接続する大中小管路、ポンプ施設等からなる複合的な施設群であり、1つの処理場に流入する管路群が占めるエリアを処理区と呼んでいる。下水道事業単位での建設コストやコスト縮減効果を算出するためには、1処理区内の大中小管路群を1つの分析母集団として分析する必要がある。このため、研究手順として最初に1処理区当たりの管路構成モデルを作成し、これをもとに1処理区当たりの管路建設コストモデルの作成、及び各工種・種別毎の建設コスト分析を行った（図-2）。

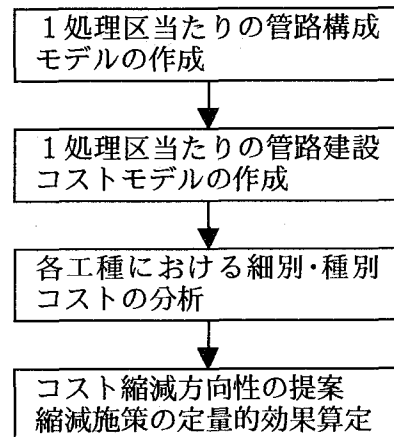


図-2 研究手順

(1) 管路構成モデル

下水道1処理区当たりの管路構成モデルを布設する管路の単位長さ当たりで作成する場合、建設コストが大きく変動する要因ごとにその内訳となる延長割合を算定する必要がある。管路のコスト変動要因は、一般的に布設する管径と土被り（深さ）がある。1処理区内の土被り別管路延長割合は統計的に算出することが困難であるため、埋設工法別の延長割合で代用することとした。一般的に設計時のコスト比較から土被りの浅い場合は開削工法、深い場合は推進、シールド工法などの非開削工法が採用されるため、工法別の分類で土被りの大小を表現できるものと考えた。

1処理区当たりの管路構成モデルは、以下となる。

$$L = \sum_{i=\text{管径}} \sum_{j=\text{工法}} (l_{ij}) \quad (\text{式-2.1})$$

l_{ij} : 管径・工法別管路延長(m)

a) 1処理区当たりの管径別管路延長割合

下水道管路は末端に行くほど管径は小さく樹形状に広がるため、処理区当たりの管径別管路延長分布は管径が大きくなると急激にその割合は低下する。本モデルの管径別延長割合は、計画処理人口5～30万人、主に分流式、供用開始後25年以上の条件で抽出した日本の33都市の管径別管路延長の総計割合から、管径とその管

径以上の管路が占める占有率の関係を累乗曲線で近似し算出した（図－３）。その際、管径200mmを最小管径(200mm以上の管径占有率100%)とした。下水道管路の約90%が管径400mm以下の小口径管路であることがわかる。

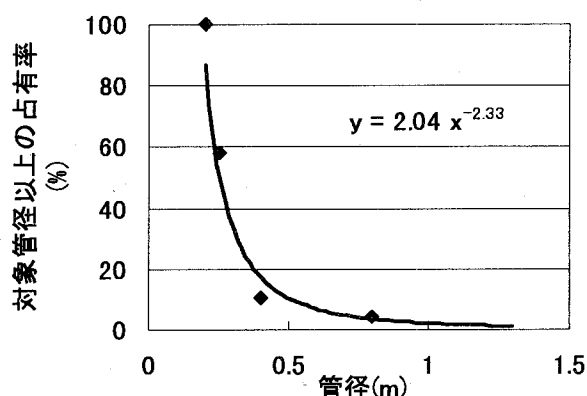


図-3 処理区当たりの管径分布

b) 管径別工法割合

本モデルの管径別埋設工法の割合は、平成10年度「日本の下水道」²⁾に記載されている8年度総工法別延長、管径・管種別発注延長より算定した管径別開削、推進、シールド各工法の延長割合を用いた（図－４）。管路延長全体では開削91%、推進（小口径を含む）8%、シールド1%である。全体的に管径が大きくなるほど推進、シールド工法の割合が大きくなることがわかる。

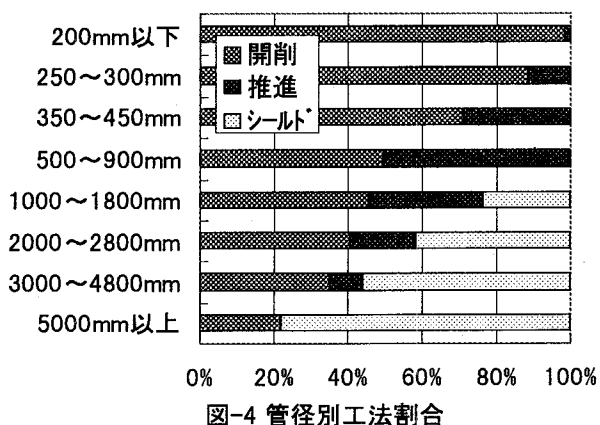
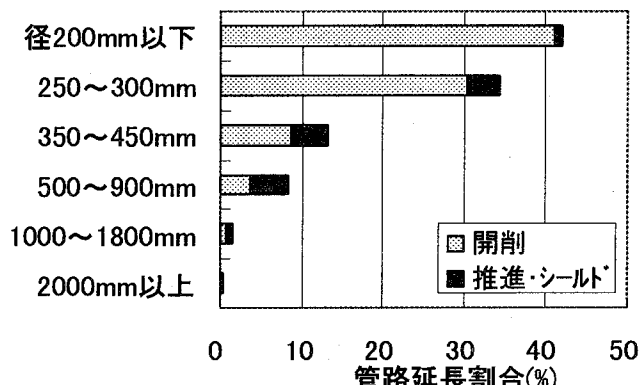


図-4 管径別工法割合

c) 管路構成モデル（処理区当たりの管径・工法別管路延長）

上記a)、b)をもとに作成した管路構成モデル

（処理区当たりの管径・工法別管路延長）を図－５に示す。管路の延長割合として圧倒的に小口径開削管路の割合が多いことがわかる。



図－５ 管路構成モデル(1処理区当たりの管径・工法別管路延長)

(2) 管路建設コストモデル

1 処理区当たりの管路建設コストCは上記(1)の管路構成モデル(式-2.1)に管径・工法別施工単価を乗ずることにより算出する。

$$C = \sum_{i=\text{管径}} \sum_{j=\text{工法}} (l_{ij} \times U_{ij}) \quad (\text{式-2.2})$$

l_{ij} : 管径・工法別延長(m)

U_{ij} : 管径・工法別 m 当たり施工単価(千円/m)

管径・工法別m当たり施工単価 U_{ij} を算定するためのデータとして、全国の地方自治体の平成9年度発注工事設計書260件を収集し、管径・工法の異なる335管路区間(一工事当たり複数の管路区間を持つ場合がある)を抽出した。発注規模の違いによる諸経費率の違いを除去するために、まず直接工事費ベースで施工単価 U_{ij} を算出し(図－6)、この直接工事費単価に表－1の管径分類による上記設計書の平均諸経費率(管径・工法別総請負工事費/管径・工法別総直接工事費)(後述図－13 参照)を乗じて総工事費ベースの U_{ij} を算出した。管径2000mm以上についてはデータ数が少ないため単価のばらつきが大きい、推進・シールド工法が管径1000mm以上で急激に単価が高くなることがわかる。

表-1 直接工事費から請負工事費へ変換する際に用いた諸経費率

管径	開削工事				推進・シールド工事			
	工事数	平均直接 工事費	平均請負 工事費	諸経費率	工事数	平均直接 工事費	平均請負 工事費	諸経費率
0.2m以下	55	22,619	40,912	1.809	10	25,249	46,578	1.845
0.25～0.3m	15	40,130	68,831	1.715	17	31,583	58,437	1.850
0.35～0.45m	1	9,612	20,203	2.102	18	46,761	81,828	1.750
0.5～0.9m	5	22,516	48,327	2.146	42	70,157	118,781	1.693
1.0～1.8m	4	61,200	106,457	1.739	45	448,010	671,001	1.498
2.0～2.8m	—	—	—	—	5	675,700	1,024,400	1.516
3.0m以上	—	—	—	—	3	1,456,673	2,084,538	1.431
開削平均	—	27,662	49,629	1.794	—	—	—	—

※開削工法は中口径以上のサンプルが少ないため、開削全体の平均を用いた。
 ※諸経費率＝請負工事費／直接工事費
 工事費は単位(千円)

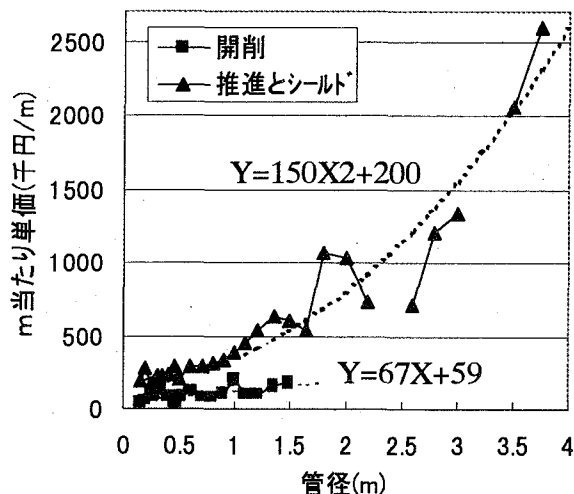


図-6 管径・工法別m施工単価
(直接工事費ベース)

(3) 管路工種・種別別コスト分析

管路の建設コストをより詳細に分析するには、工事費を構成する工事目的物を工種・種別・細別などの内訳費用に分解する必要があると共に、その種別・細別項目を含む積算費用(機械・労

務・材料費など)を一義的に定義する必要がある。例えば、開削管路の土工として「管路土工」種別は、どの工事設計書でも掘削、埋戻、残土の運搬や処分費などの費用に関し、同じ定義に基づく費用が入力されている必要がある。積算費用の定義を一義化したものとして工事工種の体系がある。建設省は、所管する全事業を対象に契約内容の透明化、工事目的物の明確化、発・受注者間の価格共通認識の形成などを目的とした工事工種の体系化を行っている。

工事工種の体系化とは契約図書となる工事数量総括表(金抜設計書)について、階層数や階層定義、細分化方法などの構成方法、用語名称や数量単位などの表示方法を工種毎に標準化・

Ⅰ-Ⅰ-1 工事区分	Ⅰ-Ⅰ-2 工 種	Ⅰ-Ⅰ-3 種 別	Ⅰ-Ⅰ-4 細 別	Ⅰ-Ⅰ-5 規 格	積算用 単位	工事数量総 括表用単位	摘 要
管路	管きょ工(開削) <管径○mm> <工法>	管路土工	管路掘削	【 - 】	m ³	式	任意の場合、 Ⅰ-Ⅰ-3で1式
			管路埋戻	【 - 】	m ³	式	
			発生土処理	【 - 】	m ³	式	
		管布設工	硬質塩化ビニール管	【規格、管径、支給の有無】	m	m	
			強化プラスチック複合管	【規格、管径、支給の有無】	m	m	
			鉄筋コンクリート管	【規格、管径、支給の有無】	m	m	
		管基礎工	砂基礎	【高さ、幅】	m	m	
			砕石基礎	【高さ、幅、砕石規格】	m	m	
			まくら土台基礎	【材質、幅】	m	m	
		管路土留工	(木矢板土留)	【掘削幅】	m	式 or m	
	(建て込み簡易土留)		【掘削幅】	m	式 or m		
	(軽量鋼矢板土留)		【掘削幅、軽量鋼矢板型式】	m	式 or m		
	管きょ工(小口径推進) <管径○mm> <工法>	仮管併用推進工	掘削機(バックホウ)併用	【規格、管径】	m	m	
			発生土処理	【 - 】	m ³	式	
		掘削機推進工	掘削機(バックホウ)推進	【規格、管径】	m	m	
			発生土処理	【 - 】	m ³	式	
	仮設備工(小口径)	(坑口(小口径))	【発進又は到達】	箇所	式 or 箇所	任意の場合、 Ⅰ-Ⅰ-3で1式	
			(立坑基礎)	【砕石規格・厚、コンクリート規格・厚】	箇所		式 or 箇所
			(掘削機)	【土留め形式】	箇所		式 or 箇所
			(推進設備等設置撤去)	【設置・撤去の別】	箇所		式 or 箇所
	管きょ工(推進) <管径○mm> <工法>	刃口推進工	掘削機(バックホウ)管(刃口)	【元・中押し区分、規格、管径】	m	m	
発生土処理			【 - 】	m ³	式		
裏込め			【裏込材種類】	m	m		
管きょ工(シールド) <仕上り内径○mm> <工法>	一次覆工	シールド本体・後続台車材料	【形式、シールド規格】	m	式 or m		
		覆工シールド	【シールド規格、圧気・断圧区分】	m	m		
		発生土処理	【 - 】	m ³	式		
標準マンホール工	マンホール	組立マンホール	【700規格(第○号)、平均700規格 700規格(組立○号)、耐管の有無】	箇所 箇所	箇所 箇所		
立坑工	管路土工	管路掘削	【 - 】	m ³	式	5分・簡便立坑を 除く立坑内土工	
		管路埋戻	【 - 】	m ³	式		
		発生土処理	【 - 】	m ³	式		
土留工	(溝掘り)	(仮設鋼矢板)	【型式、長さ、打込又は引抜】	m	式 or m 式 or 枚		

図-7 下水道工事工種体系ツリー図例

規格化する事をいう。この定義した積算階層を上位から工事区分（レベル1）、工種（レベル2）、種別（レベル3）、細別（レベル4）と呼び³⁾、各レベル4の積算費用の定義は一般に公開されている⁴⁾。本研究の分析対象とした前述の工事設計書は、この工事工種体系に基づいた工事設計書となっているため、容易に工事費を工種・種別などの内訳費用に分解・分析することができる。

図-7に下水道工事工種体系を表すツリー図例を示す。

3. 建設コスト分析例とコスト縮減の方向性

（1）処理区当たりの建設コスト構成

式-2.1 及び図-5に示す管路構成モデルに、図-6の直接工事費施工単価及び表-1の平均諸経費率から算定した総工事費施工単価を乗じたものが、図-8処理区当たりの管路建設コストモデルである。

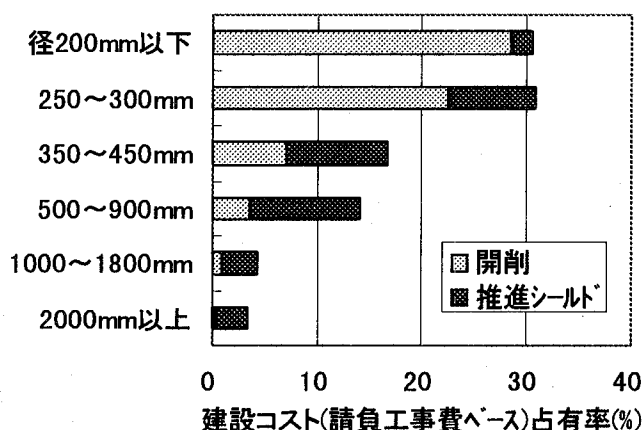


図-8 管路建設コストモデル(処理区当たり)の管径・工法別コスト占有率

一般的に大口径管路ほど管路延長割合は少なくなるものの、メートル当たり施工単価が大きいため、建設コストが占める割合は高くなる。全体的な結果として、300mm以下の開削管路が建設費の約50%、900mm以下の小口径推進を中心とした推進管路が約30%、350mm以上の開削管路が10%強、1000mm以上の推進・シールド管路が10%弱、それぞれ占めることができる。

下水道事業のコスト縮減施策には、技術開発の推進分野としてとしてシールド工種における項目が多く提案されているが、本分析では、コスト占有割合の大きい工種は小口径の開削及び

小口径推進の工種であり、これら比較的単純な施工方法のコスト縮減に向けた技術開発が全体的な事業費の削減に寄与することがわかる。

（2）小口径開削管路の工種・種別構成

管径 200~250mm 開削管路の土被り別平均工種（レベル2）、細別（レベル3）内訳を図-9、10に示す。レベル2内訳では、「標準マンホール工」や「取付管及びます工」に比べ管本体の「管きょ工（開削）」のコスト割合が圧倒的に大きい。レベル2「管きょ工（開削）」のレベル3内訳では、「管路土工」と「管路土留工」のコスト割合が大きく、土被りが大きいほどその割合は大きくなる。開削管路では工事目的物とならない任意仮設工事部分の割合は全体の約50~60%を占め、この部分のコスト縮減が大きな課題であり、今後施工の安全性を確保する中で、より安価な山留め工法・技術の開発などが求められるといえる。

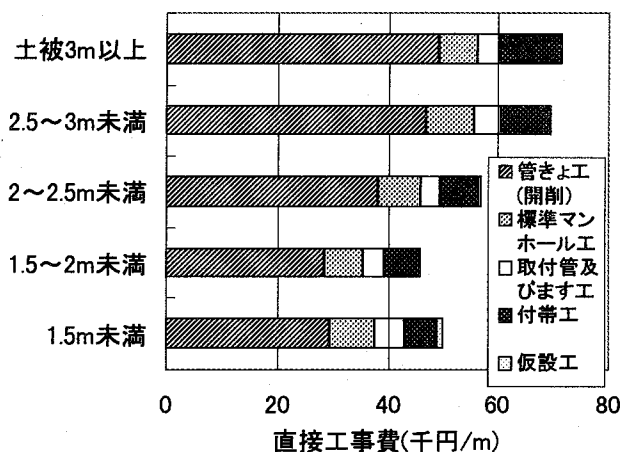


図-9 開削管路の土被り別工種(レベル2)内訳(径200~250mm)

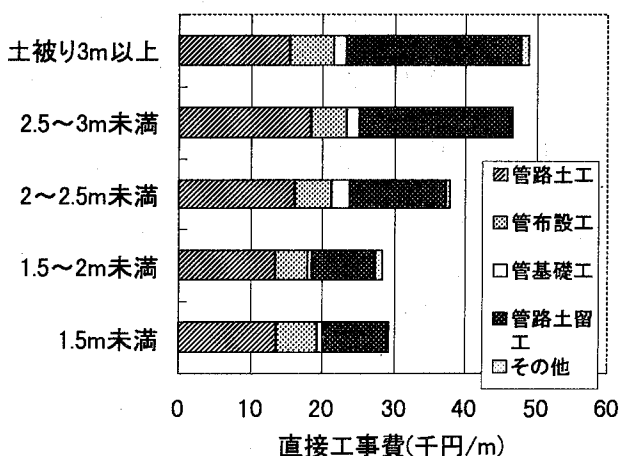


図-10 レベル2管きょ工(開削)の土被り別種別(レベル3)内訳(径200~250mm)

(3) 小口径推進管路の工種・種別構成

管径 200～800mm の小口径推進管路では、その施工方法の特徴から土被りによる単価の相違はほとんどなく、管径によって施工単価は大きく異なる。管径別レベル2の内訳は「管きょ工(小口径推進)」と「立坑工」で施工費のほとんどを占めるが、「管きょ工(小口径推進)」の費用は管径にほぼ比例する一方、「立坑工」の費用は管径に係わらずほぼ一定の金額であることがわかる(図-11)。立坑に関しては、小規模な口径での施工方法の効率化・低コスト化が望まれる。

また、全体費用の6割前後を占める「管きょ工(小口径推進)」のレベル3内訳を見ると、「仮設備工」の費用が管径に係わらずほぼ一定であり、上記同様小規模な口径での「仮設備工」の効率化が望まれる(図-12)。小口径管路は、開削管路同様任意仮設工事部分の割合が高く、この部分を低コスト化する技術開発が求められている。

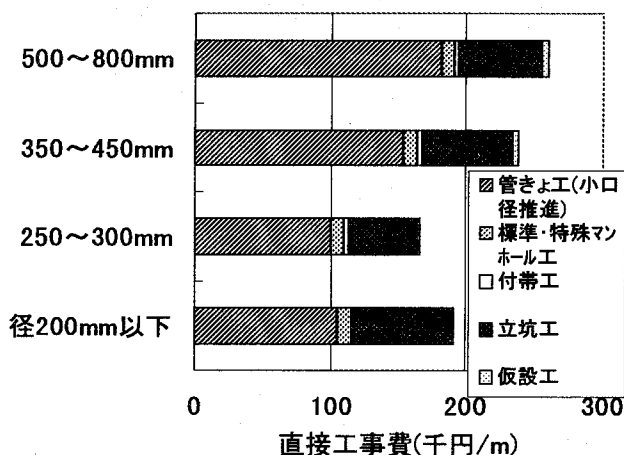


図-11 小口径推進管路の管径別工種(レベル2)内訳

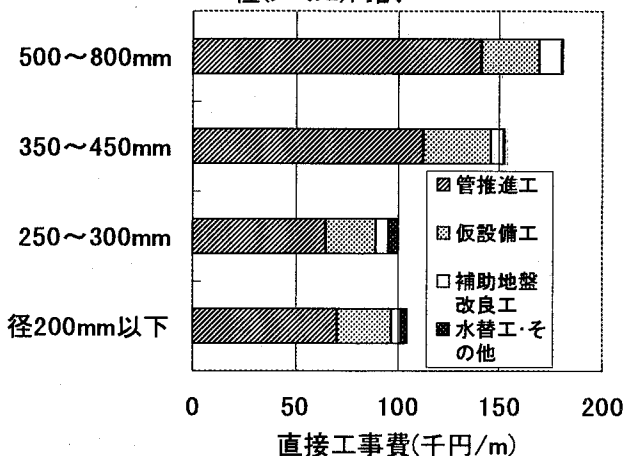


図-12 レベル2管きょ工(小口径推進)の管径別種別(レベル3)内訳

4. コスト縮減施策の効果算定事例

コスト分析は、あるコスト縮減施策が部分的な実施例から一般的方法に変化した場合の将来的効果や、コスト縮減量を直接算定できない施策の効果などを算定するツールとして利用することができる。以下、2つの分析例を紹介する。

(1) 小規模工事の発注規模を拡大した場合のコスト縮減効果

「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」における工事発注の効率化等に関する施策の1つとして、適切な発注ロットの設定が上げられている。土木工事の積算価格は、実際の工事目的物・仮設物の積上げ価格(直接工事費)に共通仮設費、現場管理費、一般管理費などの諸経費を加えて算出する(図-13)。土木工事積算基準では、工事規模が大きくなるほど積算する各諸経費の比率は下がるため、同じ量の公共工事を発注するにしても発注ロット(工事規模)が大きくなるほど、全体の積算価格は低くなる。

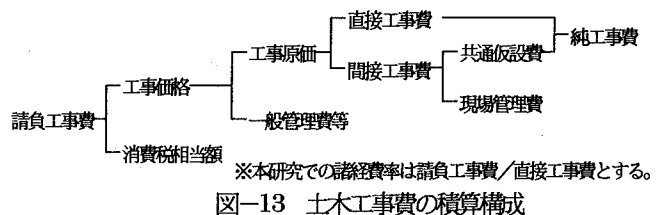


図-13 土木工事費の積算構成

図-14は、今回収集した工事設計書における直接工事費と諸経費率の関係である。ここで、諸経費率は、図-13の請負工事費/直接工事費とした。開削や小口径推進工事の直接工事費は数千万以下の比較的規模の小さな工事が多いことがわかり、施工延長の拡大により発注ロットの拡大も比較的容易に可能となるため、これら工事の発注ロット拡大によるコスト縮減効果を試算した。試算では積算基準から算定できる諸経費率の近似式(図-14中の直線)を基に発注ロット拡大前後の対象となる管径・工法の施工単価を算定し、前述した管路建設コストモデルを用いて処理区全体のコスト縮減効果を算定した(表-2)。開削及び小口径推進工事で発注する平均的直接工事費を現状より1.5倍から2倍程度に拡大することにより処理区全体での建設コストを約1～2%削減することができる。

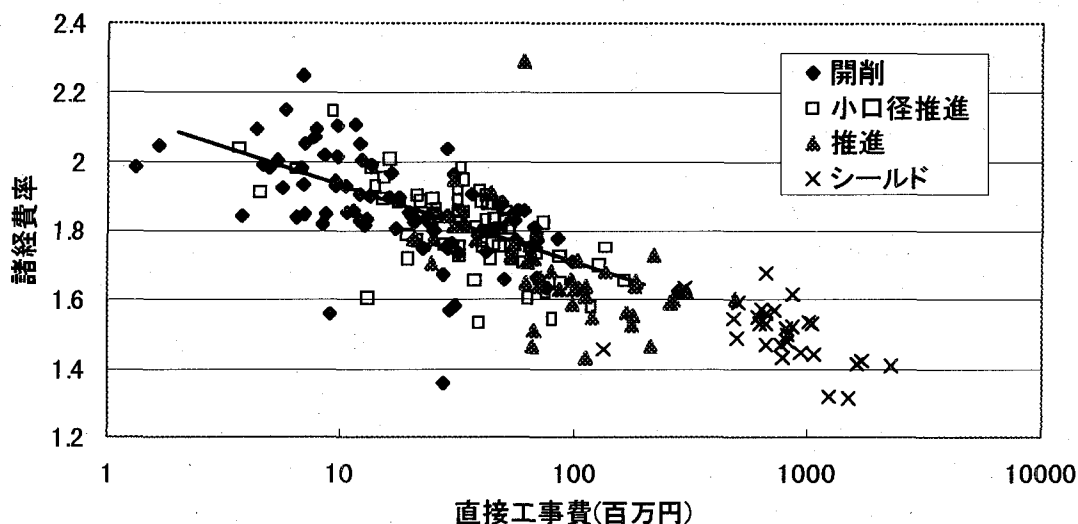


図-14 直接工事費と諸経費率(=請負工事費/直接工事費)

表-2 発注ロット拡大によるコスト削減効果

検討ケース	処理区当たり 平均管路 m 単価(千円/m)	コスト削減 率(%)
現 状	188.67	0
開削工事の発注規模を 1.5 倍とする。	186.13	1.35
開削工事の発注規模を 2 倍 とする。	184.33	2.3
開削工事及び管径 300mm 以下の小口径推進工事の発 注規模を 2 倍とする。	183.41	2.79

できる。この結果、シールド管路全体で
シールド長距離化の削減率 = 「管きよ工(シールド)」
占有率(80~90%)×長距離化削減率(約 12%) =
約 10%のコスト削減となる。

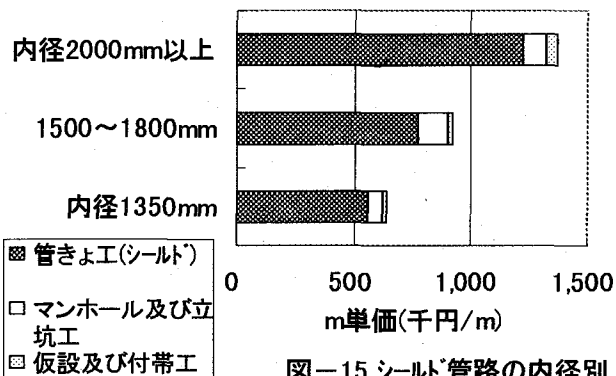


図-15 シールド管路の内径別
工種(レベル2)内訳

(2) シールド工事の長距離化によるコスト 削減効果

大規模で土被りの深い下水道管路の布設など
にはシールド工法がよく採用される。シールド
工事は様々なコスト削減策が提案されているが、
その1つとしてシールドの長距離化が上げられ
る。下水道シールド工事の管径別工種(レベル2)
内訳は、図-15に示すように8~9割の費用を
「管きよ工(シールド)」が占める。収集設計書数の多
い仕上り内径 1,350mm の「管きよ工(シールド)」直
接工事費 m 単価と掘進距離の関係を示したの
が、図-16である。多額のコストを必要とする
シールド機器損料が掘進距離にあまり影響を受
けないため、掘進距離が長いほど「管きよ工(シ
ールド)」の施工単価は安価となることがわかる。掘
進距離を 1,000m から 1,500m に長距離化する
ことで「管きよ工(シールド)」の単価は約 12%削減

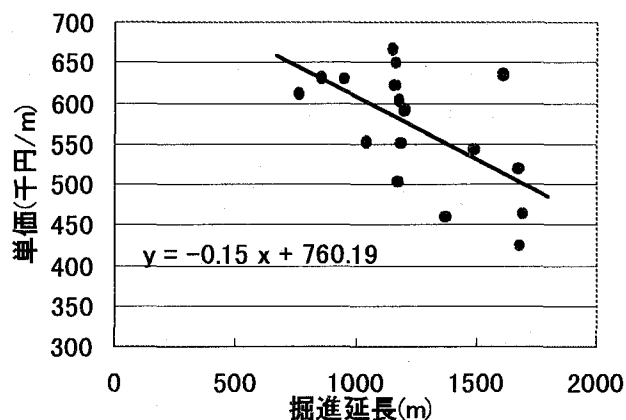


図-16 レベル2管きよ工(シールド)単価
(内径1350mm)と掘進延長

管径 1,350mm 以外の管路においても同様のコスト削減量が可能とする場合、管路建設コストモデルで試算した処理区全体でのコスト削減効果は、0.32%となった。シールド工事の様に下水道事業全体の中ではコストの占有割合が低い工種は、単独ではコスト削減効果が大きい施策でも、全体での縮減効果は小さなものとなることがわかる。

5. おわりに

建設コスト構造の分析は、発注者が今まで感覚的に理解してきたコスト構造を定量的に把握することを可能とするため、事業全体の工事費構成の内訳や支配的な工種の抽出を可能とし、結果としてコスト縮減施策の方向性や重点的に縮減を検討すべき工種などを見いだすことができる。また、事業全体における施策実施前後のコスト縮減効果を定量的に算定できることから、施策の重要度やその効果の把握、施策導入の可否などを検討することができる。発注ロット拡大の効果などは、各発注者が本稿で算出したような具体的コスト縮減量の推定結果と中小建設業者の受注機会の確保等とのかねあいを検討した上で、導入の可否を検討すべきであろう。

今後の課題としては、建設事業のより一層の効率化を推進するために、価値分析 (VE) の手法を参考に工事を構成する各工種・種別毎の「価値」($=V/C$)を算定・分析する手法をコスト分析モデルに組み込むなどの方向性が必要であると考ええる。

【参考文献】

- 1) 奥谷、高野 : 公共事業のコスト構造モデルに関する研究 第 16 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集 1998.12 土木学会建設マネジメント委員会
- 2) 建設省都市局下水道部監修:平成 10 年 日本下水道 その現状と課題
- 3) 建設省大臣官房技術調査室監修:新土木工事積算大系の解説 平成 10 年度版 企画(財)日本建設情報総合センター 発行(財)経済調査会
- 4) 建設省大臣官房技術調査室監修:新土木工事積算大系用語定義集 企画(財)日本建設情報総合センター 発行(財)経済調査会

A Study on Cost Estimation Analysis for Sewer Works

The Ministry of Construction has wrestled with "Cost Saving Program for Public Works" since 1996. Cost estimation analysis is able to clarify main items of works and measure cost reduction effects of this program. We have analyzed the sewer works costs of the average drainage area. A cost share of temporary excavation works is rather than 50% of the whole small pipe's cost, and it is important to reduce this cost. We showed this analysis was able to calculate cost reduction effects doing under some policies of this program, for example, to magnify contracting quantities of works, etc.