

コスト・工期を考慮した工程計画に関する一考察

○飛島建設(株) 小櫃一巳^{*1}前田建設工業(株) 福山雅典^{*2}東京大学大学院 小澤一雅^{*3}

Kazumi Kobitsu, Masanori Hukuyama, Kazumasa Ozawa

本研究は、建設事業におけるコスト削減、生産性の向上のために工程とコストの関係を明らかにし、最適な工程計画の立案方法を探ることを目的とした。定量的な把握のため鉄道高架橋をモデルとし、工期に制約がない場合から突貫工事まで変化させた場合において直接費、間接費の変化を把握しコストミニマムとなる最適工期を試算した。結果、概念的に言われている工期・建設費曲線に対し、直接工事費は従来から言われているような曲線を描くのに対し、間接費は直線的に減少せず無理に工期を縮小した場合には増加することを確認するとともに、コストと工期を連動させた工程計画の重要性を確認した。

【キーワード】 工程計画、最適工期、工期・建設費曲線、間接費

1. はじめに

公共投資が減少し受注競争が激化している中、建設産業においては受注した工事の効率化、生産性の向上を計り利益率を上げることが従来にも増して重要となってきた。

そのためには、施工計画段階から綿密な工程計画を行い、与えられた工期の中で最も効率的となる工期を探ることが必要である。

工程計画にあたっては、着工から完成までの時間的な計画のほか、施工活動をあらゆる角度から評価し、機械設備、労力、資材などを最も効果的に活用する方法と手段でなければならない。また、工期や資材量などの変化は直接工事費のみでなく共通仮設費や現場管理費とも密接に関係している。

本論文では、直接工事費の中で労務費の占める割合の大きなRCビームスラブ式の鉄道高架橋をモデルに、施工班数を増減させることにより工期を変化させ、それに伴う直接工事費の増減や、労務者数や施工範囲の大きさを考慮した間接費の算出を行い工

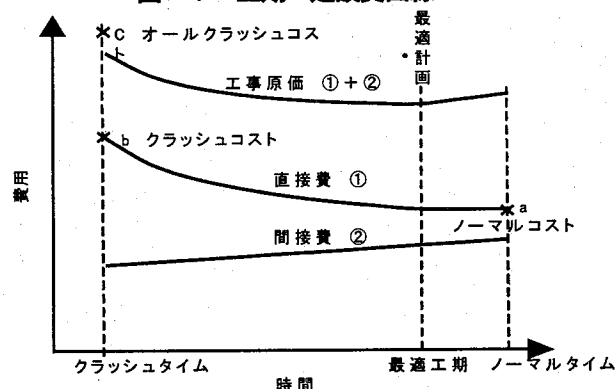
期とコストの関係の調査を行った。

2. 通常の工程計画方法

(1) 工期・建設費曲線

まず直接費について考察する。各作業の直接費が最小となるような方法で工事を行うと、全工事の総直接費は最小となるはずであり、これをノーマルコストと呼び図-1の工期・建設費曲線における点aであらわす。またこれに要する期間をノーマルタイムと呼ぶ。ノーマルタイムより作業速度を速めると工期は短縮できるが、一般的に費用は曲線的に増加するといわれている¹⁾。またどんなに直接費をかけても工期を短縮できない時間があり、これをクラッシュタイム呼ぶ。

図-1 工期・建設費曲線¹⁾



*1 土木事業本部設計部 03-3288-6507
*2 技術本部 技術研究所 03-3977-2384
*3 新領域創成科学研究科 03-5841-8873

一方、間接費は工期の短縮に従って減少するのが普通であり、ノーマルタイムで最大でクラッシュタイムで最小となり、その間を直線的に変化している。最適工期とは、直接費と間接費を併せた工事原価が最小となる最も経済的な工期のことである。

(2) 工程計画立案の実際

前述のように費用は、工程と密接に関係しており最小の直接費を得られる工期が最適工期であるとは限らない。しかしながら実際に行われる工程計画では資機材の転用計画や、各作業の施工速度、労務、資材の平準化といった直接費を最小とする計画はなされているものの、間接費までを含めた工程計画はなされていないのが実情である。

これらの原因としては、ある工事において図-1のような工期・建設費曲線を描くためには、時間軸と連動した積上げ計算が必要となり非常に手間がかかるためと考えられる。工程計画の一般的な手順について図-2に示す。

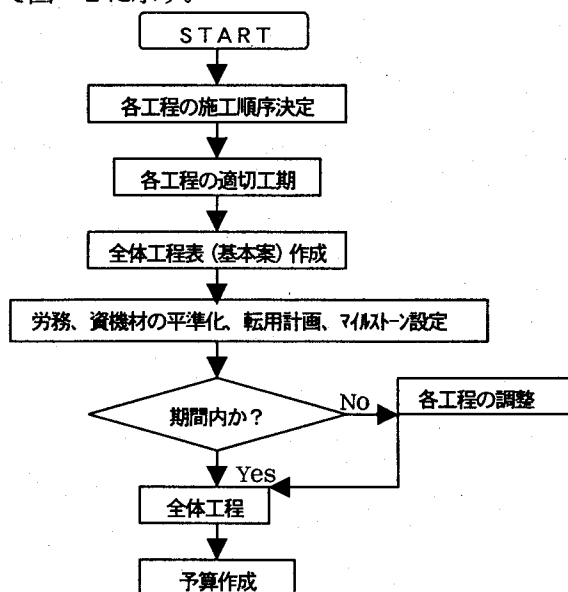


図-2 工程計画フロー

3. コスト・工期を考慮した工程計画の検討例

近年のIT技術の進歩により汎用のプロジェクトマネジメント(以下PM)ソフトを使用することで、直接費については比較的容易にコストと連動した工程や資材投入量を算出することができる。ま

た間接費においても予算作成段階では、施工規模や資機材の集中度、労務者数などによって変化する部分と固定費の部分に分かれるため工期や資機材の投入量が判れば関数化できる。

以上の前提のもとにRCビームスラブ式の鉄道高架橋をモデルに工期とコストの関係を試算した。

(1) 試算モデル及び試算条件

今回試算した高架橋のモデル及び試算条件について図-3、表-1に示す。図-3は1ラーメン当たりの図であり、施工規模としては資機材の転用の効果を明確にするため10ラーメン(約600m)規模として試算した。

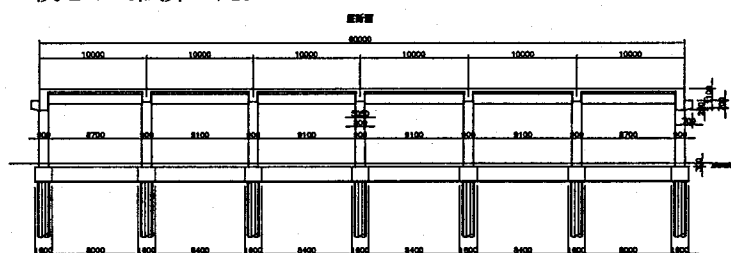


図-3 ビームスラブ式高架橋概略図

表-1 検討条件

検討条件		
構 造	上部	・RCビームスラブ式高架橋 ・幅員12m、軌道方向寸法800×900mm、スラブ厚240mm
	下部	・2柱式ラーメン橋脚 地中梁有り ・柱高さ5800mm、柱寸法900×900mm、 ・軌道方向地中梁寸法1600×1300mm
	杭	・場所打ち杭(オールケーシング工法) ・φ1100mm、杭長31000mm
施 工	・固定支保工架設。	
	・施工ヤード、上空の制約無し。	

(2) 検討ケース及び直接費の算出

以下に示す5ケースについて工期及び直接費、労務者数の算出をおこなった。

a) CASE1 (1 ラーメン毎施工)

杭施工、型枠、型枠支保工、鉄筋工、コンクリート全て1班で施工。資機材の転用及び損料は1セットを順次転用していくものとして算出する。

b) CASE2 (2 ラーメン毎施工)

施工班数2班。コンクリートについては、2ラーメンを上限として施工可能な数量を打設するものとする。資機材の転用及び損料は2セットを順次転用。

c) CASE3 (5 ラーメン毎施工)

施工班数5班。コンクリートは5ラーメンが打設

上限。資機材の転用及び損料は5セットを順次転用。

d) CASE4 (10 ラーメン同時施工)

施工班数10班。資機材の転用及び損料は10セットを同時に使用するとして算出。

e) CASE5 (突貫工事：CASE4に4時間残業)

施工班数10班。各工種に4時間の残業を想定。

資機材の転用及び損料は10セットを同時使用。

直接費については、国土交通省土木工事積算基準

2) (以下積算基準) に体系化された項目に従い、筆者らの収集した施工歩掛及び、物価調査資料³⁾ を使用し積上げ計算を行った。

(3) 間接費の算出

工程の違いが工事費に及ぼす影響をより正確に把握するために、各ケースの共通仮設費や現場管理費といった間接費を算出するうえで、積上げ計算のパラメーターとなる項目を調査し、表-2のような設定に基づき、積算基準²⁾とは異なった積上げ計算を行い間接費を算出した。

表-2 間接費算出の設定条件

費目	名 称	算出時のパラメータ
共通仮設費算出条件設定		
営繕費	事務所費用	従業員数
"	作業員詰所	労働者の集中度
"	労働者通勤	労働者の集中度
準備費	基本測量	各ケース定額
技術管理費	測量機器	施工範囲
"	OA機器	従業員数
"	品質管理試験費	各ケース定額
"	技術管理費	施工班数
運搬費	仮設材運搬等	各ケース定額
安全費	安全施設	各ケース定額
"	保安要員	各ケース定額
役務費	水道及び電気基本料	各ケース定額
事業損失防止費	各調査工	各ケース定額
現場管理費算出条件設定		
労務管理費	娯楽費他	従業員数
安全訓練費	安全訓練、研修	"
租税公課		直接工事費から逆算した請負金額
保険料		"
従業員給与		純工事費(従業員の生産性を仮定)
福利厚生費		従業員数
法定福利費	労災保険料	直接工事費から逆算した請負金額
事務用品費		従業員数
通信交通費		"
交際費		"
補償費		直接工事費から逆算した請負金額
その他経費	日用品他	従業員数

(4) 試算結果

試算結果を表3～4に示す。また、結果をもとに作成した工期・建設費曲線を図-4に示す。

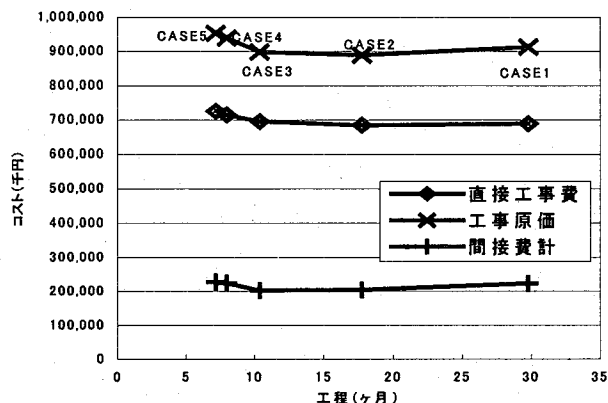
表-3 工期/工事原価

単位:千円				
ケース	工期(月)	直接工事費	間接費	工事原価
1	29.8	688,409	223,236	911,645
2	17.8	684,384	203,650	888,033
3	10.4	694,887	202,893	897,779
4	8.0	714,079	224,447	938,525
5	7.2	725,056	227,259	952,315

表-4 労務者数/間接費内訳

単位:千円				
ケース	セット数	労務者数(人)	共通仮設費	現場管理費
1	1set	16,624	62,943	160,293
2	2set	16,514	54,047	149,603
3	5set	16,436	54,797	148,095
4	10set	16,491	65,274	159,173
5	10set	16,450	65,005	162,254

図-4 工期・建設費曲線



a) 工期と直接工事費の関係について

直接工事費については、ケース2の2ラーメン毎に施工を行った場合が最小となった。また、コスト差は最大値(ケース5)と比較して6%であった。ケース1(1ラーメン毎施工)が最小とならなかったのは、型枠の転用回数の上限を5回としたことと、コンクリート打設において1日の施工量が1ラーメンに限定されたことによる歩掛の低下が仮設材等の転用効果を上回ったためであり、ケース2(2ラーメン毎施工)がノーマルタイムとなることが判る。

b) 工期と間接費の関係について

間接費については、ケース3(5ラーメン毎施工)が最小となった。また、コスト差は最大値(ケース5)と比較して12%であった。

一般に間接費については、工期の短縮とともに直線的に減少すると言われているが、今回の検討においては、労務の集中による仮設備の増加や、施工範囲

の増大による安全費の増加等により極端な工期の短縮は、間接費の増加を招く結果となった。

c) 工期と工事原価の関係について

工事原価については、ケース2の2ラーメン毎に施工を行った場合が最小となった。また、コスト差は最大値（ケース5）と比較して7%であった。

4. 検討結果に対する考察

検討結果より、直接費は工期が短くなるに従って曲線的に増加するが、間接費については直線的に減少せず、一般的に言われている工期・建設費曲線とは違った結果となることが判った。このことは、工事の実情にあった間接費を考慮した工程計画を行うことの重要性を示している。

しかし、今回の検討において工事原価の違いは1割程度であり、工期の変化に対して少なく、予想された結果に比べて小さい値となった。この原因は、突貫工事の特急費用の評価（歩掛の低下や、資機材の重複等）や、現場管理費の7割を占める従業員経費の生産性の評価（工事の繁忙度合、難易度）が不十分だったことが考えられる。

また、今回の検討では、施工班数を変化させることで、最適工期を明らかにし間接費の影響を考慮した最適工程計画をシミュレーションした。しかし、実際の工事における工程計画では、労務の量の他、機械設備や、工法、材料の差異によって変化する。

今後の課題として、前述のような特急費用や、

従業員の生産性等の不明確な要因の評価、また多岐にわたる工程計画に関する変数（機械、工法、材料等）に対し、その工事において必要な変数を容易に判断できるシステムの構築が必要と考える。

5. おわりに

本論では、通常工程管理で使用されているPMソフトを工程計画に使用することで、効率的に最適工期を算出する方法を示した。

厳しい受注競争や、加速する国際化のなかで日本の建設産業に必要とされているコスト縮減、生産性の向上等の課題について、今後とも様々な角度からその可能性について探っていきたいと考えている。

本研究の一部は、平成12年度文部科学省革新的技術開発研究推進費補助金（研究課題：高性能コンクリートを用いた次世代建設システムに関する研究、研究代表者 小澤一雅）によるものであり、本研究分担者各位より貴重な助言を頂いた。

参考文献

- 1) 土木施工管理技術テキスト 施工管理編：土木施工管理技術研究会
- 2) 平成13年度 国土交通省土木工事積算基準：土木工事積算研究会
- 3) 平成13年5月建設物価：建設物価調査会

Construction Process Planning Considering the Total Cost and Period of Projects

This objective of this research is to clarify the relation between the process and cost of the construction project for improving the productivity and to investigate the process planning method for the minimum construction cost. The railway viaduct was taken as a model case to evaluate the construction process and cost. Construction cost and period was calculated changing the term of works and considering the influence of overhead. The process planning is found to be important, which was synchronized with the cost of the project. Project management system considering the cost, process and quality should be established in the future.