

自己充てん型高強度高耐久コンクリートを用いた 鉄道高架橋建設システムのコスト評価手法に関する研究

福 山 雅 典 渡 部 正
小 櫃 一 巳^{*1} 武 田 康 司^{*2}
坂ノ上 宏 ^{*3} 角 広 幸^{*4}
小 澤 一 雅^{*5}

要 旨

現在、自己充てん型高強度高耐久コンクリート（以下SQC）を用いた、新しい鉄道高架橋建設システムの開発を試みている。一方で、在来の2柱式ビームスラブ高架橋は、材料ミニマムが追求され尽くしたスリム構造であり、SQCの自己充てん性能のみに期待したコスト縮減効果では、SQC材料のコスト増加を全く吸収できないことが確認された。そこで、SQCの様々な優位性を活かすことによって、材料ミニマムから労働力ミニマムへの転換を図り、コスト縮減効果が期待できる新しい構造形式を検討することとした。また、新しい建設システムは、建設コストによる評価のみでなく、多面的な側面から総合的に評価することを試みた。さらに、労働ミニマムへ転換した合理化工法の建設コストを適切に評価するためには、間接費に対して省力化や工期短縮の効果が反映されることが重要であり、現状の国土交通省土木工事積算基準による間接費算出方法の問題点が明らかとなった。

キーワード 鉄道高架橋 / 合理化施工 / 自己充てん性 / 高強度 / 省力化 / 積算基準 / 間接費

目 次

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1. はじめに | 4. 合理化施工と間接費の関係 |
| 2. SQCを用いた鉄道高架橋のコスト分析 | 5. 最適工期と間接費の関係 |
| 3. 鉄道建設システムの評価方法 | 6. まとめ |

STUDY ON THE COST EVALUATION TECHNIQUE OF RAIL WAY VIADUCT CONSTRUCTION SYSTEM USING SQC

Masanori FUKUYAMA Tadashi WATANABE
Kazumi KOBITSU Yasushi TAKEDA
Hiroshi SAKANOUE Hiroyuki SUMI
Kazumasa OZAWA

Synopsis:

The development of the new rail way viaduct construction system using super quality concrete (SQC) have been tried. The beam slab viaduct supported by two columns is a slim structure which made the cost of materials the minimum. It become clear that it is impossible to compensate an increased material cost of SQC by only replacing ordinary concrete with SQC. Therefore, a new structural type that cost reduction is expected has been discussed. Moreover, the new construction system was evaluated synthetically by not only construction cost. It is concluded that it is important that the effect of saving labor cost or shortening construction period is reflected to evaluate the construction cost of rationalized construction method.

*1飛島建設(株) 土木事業本部 設計部 *2鉄建建設(株) エンジニアリング本部技術部

*3青木建設(株) 研究所 技術研究室 *4(株)フジタ 技術センター 土木研究部

*5東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 助教授

1. はじめに

日本経済は低迷した状態が続いており、政府の公共建設投資も低水準をたどる一方で、都市機能の再生に関する投資は優先項目の一つとして検討されている。中でも鉄道の立体交差化による渋滞の解消や、鉄道による物流方法が見直されており、今後、鉄道高架橋の建設需要が高まることが予想される。

鉄道高架橋は、材料ミニマムから労働力ミニマムへの転換を図ると共に、建設コストの縮減を目指して従来のビームスラブ式高架橋に替わる構造形式の研究開発が盛んに行われている。しかし、在来工法による鉄道ラーメン高架橋は、材料ミニマムを追求した究極の形状であり、現行の積算基準でコスト評価した場合、新しい材料や構造を採用した鉄道高架橋は、在来工法に比べて割高となる場合が多い。したがって、工期短縮や環境負荷低減などに対する優位性を示すことが出来たとしても、特殊な制約条件を除いては、採用されていないのが現状である。

一方、トンネル覆工や高架橋スラブコンクリートの剥落事故に端を発した、コンクリート構造物の信頼性の低下によって、近年コンクリートの品質や耐久性の向上に対する発注者の要求はますます高まっている。したがって、新しい鉄道高架橋建設システム（構造、材料、施工方法、調達方法を含む全体）を確立するには、省力化と工期短縮による労働力ミニマムと、高品質と高耐久性を両立した上で、さらに在来工法よりコストを低減することを実現しなくてはならない。

ところで、自己充てん型高強度高耐久コンクリート（以下 SQC）は、打設時に締固めが不要な自己充てん性能によって、施工の省力化とコンクリート品質の向上が期待できる。また、SQC の高強度特性は、構造のスリム化が可能な上、さらに耐久性が向上するため、維持管理コストの大幅な低減が可能となる。このような点において、SQC はまさに理想的な特徴を有したコンクリートといえる。これまで SQC は、高橋脚などの特殊な条件において、その優位性が評価され、採用された実績がある。しかし一方で、SQC は材料コストが非常に高価であるために、一般的な鉄道ラーメン高架橋構造物においては、優位性を発揮することが出来ていない。つまり、SQC のような高価な材料を、すでに完成された鉄道高架橋建設システムへ採用するためには、材料だけでなく、システム全体を SQC の特性を活かすことのできる形に変更する必要がある。

以上の背景から、当研究では SQC を用いた新しい鉄道ラーメン高架橋の建設システムを開発することを試みた。本稿では、鉄道高架橋のコスト分析を通じて、SQC の特性を活かすことの出来る構造形式を検討すると共に、省力化、工期、安全性、環境負荷といった多面的な分析によって、SQC の優位性を定量的に評価する方法を検討した。また、鉄道高架橋のコスト分析を通じて、現

在の国土交通省土木工事積算基準による間接工事費の算出方法では、合理化工法のコスト縮減効果が適切に反映されないことが明らかとなった。そこで、現状の間接費算出方法の問題点を把握することによって、間接工事費の評価方法と、最適工期の算出方法について検討した。

2. SQC を用いた鉄道高架橋のコスト分析

SQC を用いた鉄道高架橋の構造形式について、初期建設コストの低減の可能性について検討するために、直接工事費をコスト分析した。

2.1 コスト試算条件の設定

(1) 施工条件の設定

鉄道高架橋の建設工事費は、重機作業の規制がある営業線近接工事かどうか、また市街地か郊外地域かなどの施工条件に大きく左右される。今回は、特殊条件を除いて、出来るだけ一般条件の下で比較することとし、表-1 に示す施工条件を設定した。また、施工の規模は、延長が約 600m（5～10 ラーメン）程度で、ラーメン部分の施工を対象とし、ラーメン間に設けるゲルバー部の施工は比較対象から除いた。

表-1 施工条件一覧

地域特性	地方部や市街地などの地域的条件は考慮しない。
施工ヤード	広さに制限を設けない。 標準施工が可能なものとする。 材料の搬入制約無し。
近接作業	営業近接作業や近接構造物による影響は考慮しない。 上空制限無し。
環境条件	季節による作業制約条件無し。
施工規模	約600mで5～10ラーメンの施工で、ラーメン部の施工のみを対象とする。

(2) 構造条件の設定

鉄道高架橋の構造は、1 柱 1 杭基礎形式の 2 柱式ビームスラブラーメン高架橋を基本モデルとし、径間長やスラブ形式を変化させることによって、省力化と工期短縮の可能性を検討した。また、基礎杭については、工法や仕様の違いによってコストが大きく変化するので、延長 31m のオールケーシング工法に統一した。

(3) 材料単価設定

建設コストを試算する上では、主要材料の単価設定が大きく影響する。例えば、鉄道高架橋の主要材料であるコンクリートの単価は、1000 円/m³程度の単価変動でも工事費に大なる影響を与えることとなる。特に、SQC や高強度鉄筋などは、現在のところは使用実績が少ないために非常に高価であるが、市場の流通量や製造会社の戦略によって単価が変動すれば、直接工事費に対しては支配的な影響を与えることとなる。

現状では、SQC の価格は生コン組合の存在によって 3 割以上の地域格差が生じていたり、高強度鉄筋は電炉製と高炉製によって 2 倍程度の価格差を生じている。そこ

で、材料や労務の単価は、平成 13 年度 4 月版の建設物価¹⁾の関東地域の材料単価をベースに設定することとし、SQC および高強度鉄筋については、それぞれ一般的な強度の単価に対して、その強度比を考慮して設定した。表-2 にコンクリートと鉄筋の材料単価表を示す。

表-2 主要材料単価表

種 類	単 位	単 価
コンクリート (24N/mm ²)	円/m ³	11,750
SQC (60N/mm ²)	円/m ³	23,500
鉄筋 (SD345)	円/t	29,000
高強度鉄筋(USD685)	円/t	80,000

2.2 鉄道高架橋の試算モデル

SQC と高強度鉄筋を使用した鉄道高架橋は、材料の高強度特性を活かすことによって、長スパン化や断面のスリム化が可能となり、高価な材料ではあるものの、条件によってはコスト縮減効果が期待できる。そこで、以下のケースについてコスト試算を実施し、SQC のコスト縮減効果を比較した。

図-1 に各モデルの諸元と高架橋の形状を示す。

ここで、Case1 は普通コンクリートを用いた従来型の 2 柱式ビームスラブ高架橋であり、Case2 ～ 5 は SQC を使用したモデルである。

Case2 は、SQC の自己充てん性能が有するコスト縮減

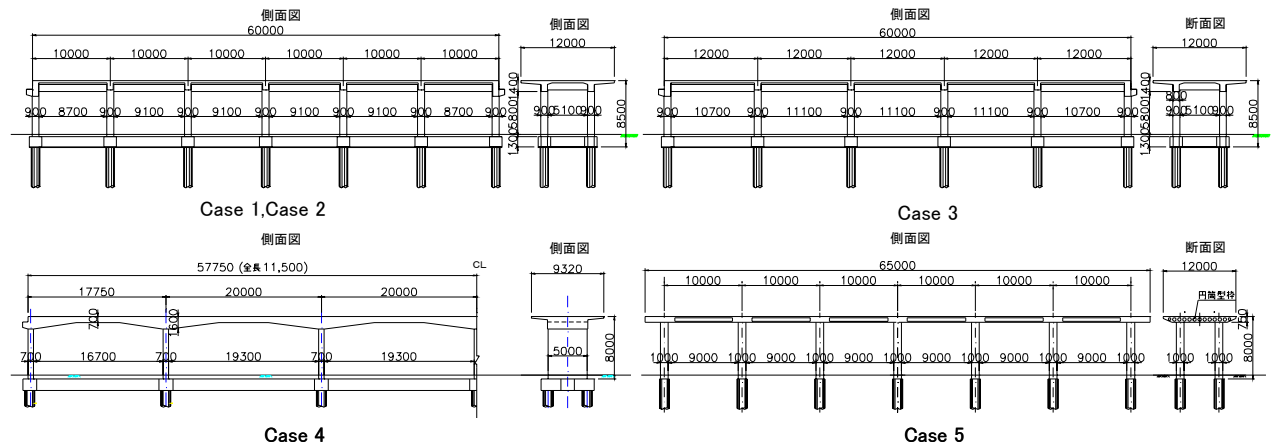
効果を確認した。Case3 は、SQC の高強度特性を活かして、スラブ径間を長スパン化したモデルである。Case4 は、構造形式をアーチスラブ式に変更することによって、長スパン化と合理化施工を図ったモデルである。また Case5 は、地中梁の省略によるスリム化とスラブ下の平滑化による施工の合理化を図ったモデルである。

2.3 SQC のコスト効果の分析

各モデルの直接工事費は、労務費、材料費、機械経費に分類して比較した。図-2 に各モデルの直接工事費の比較グラフを示す。

図より、従来工法 (Case1) が最も材料ミニマムな工法となっていることは明らかであり、他の工法は SQC を採用することによって、Case1 より材料費が 32.8 ～ 53.7% 増加している。特に、Case2 は、SQC の自己充てん効果のみを考慮したモデルであるが、期待した労務費の低減効果は 0.7% 程度であり、材料費の増加分は吸収するまでには至っていない。結果的に直接工事費は 10.9% 増加している。しかし、構造のスリム化を図ることによって Case3 ～ 5 では、直接工事費の増加率が 2.5 ～ 4.7% 程度に抑えられることが分かった。

工事費の増加率を抑えられた要因は、Case3 は長スパン化により杭本数が減少した影響が大きく、基礎杭工の材料費と労務費が減少したためである。Case4 と Case5 は構造形式を大きく変更することによってスリム化を



Case		Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
構造条件	ラーメン形状	2柱式RCビームスラブ	←	←	壁式RCアーチスラブ	2柱式RCホロースラブ
	径間長×径間数 ×ラーメン長	10m×6径間×60m	←	12m×5径間×60m	20m×6径間×115m	10m×6径間×65m
	杭径×杭長 ×杭本数	φ1100×31m×14本	←	φ1100×31m×12本	φ1500×31m×14本	φ1300×31m×14本
	コンクリート	普通コン 24N	SQC 60N	←	←	←
	鉄筋	SD345	←	USD685	←	←
	上部工	RCビームスラブ スラブ厚 240mm	←	RCビームスラブ スラブ厚 250mm	RCアーチ スラブ厚700～1600mm	RCホロー スラブ厚 700mm
	下部工	2柱式 □900×900	←	2柱式 □750×750	壁式 □700×5000	2柱式□1000×1000
	基礎杭	オールケーシング工法	←	←	←	←
施工条件		固定支保工 杭施工 1班 躯体施工2班	←	←	←	←

図-1 鉄道高架橋試算モデル

図っているが、杭径が大型化したことによって材料費は増加している。しかし、形状の変更によって施工方法の合理化が図られたことから、労務費が大幅に低減された効果が大きい。

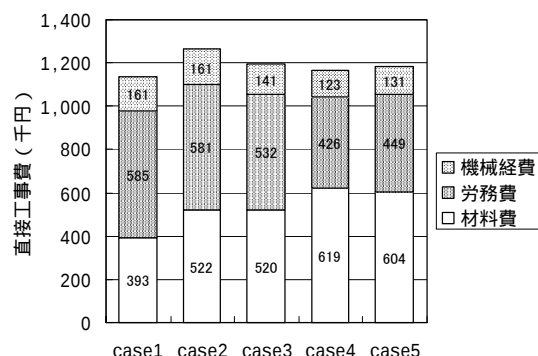


図-2 直接工事費比較 (m当り)

2.4 SQC を活かす鉄道高架橋モデル

コスト分析の結果、SQC の自己充てん性能のみによるコスト低減効果は少ないことが明らかとなった。反対に、SQC の高強度特性を活かして大胆に構造形式を変更することによって合理化施工が可能となり、大幅な省力化が図れることが確認できた。特に、合理化施工を図った Case4 や Case5 は、材料ミニマムから労働力ミニマムへ転換されており、今後の市場ニーズによって SQC や高強度鉄筋の単価の低下も期待できることから、SQC の適用効果の高い鉄道高架橋モデルだと言える。

3. 鉄道高架橋建設システムの評価方法

SQC は高耐久性能を有しており、維持管理費用（以下 LCC）の大幅な低減が期待できるが、反対に初期建設費が上昇するために採用されないケースが多い。これまで、SQC 構造物を LCC まで含めて総合評価された例はまだ少なく、SQC のコスト評価が低い要因であると考えられる。そこで、鉄道高架橋建設システムを LCC 以外の側面からも多面的に評価する方法を検討した。

3.1 建設システムの定量的評価方法

以下に評価項目と評価方法を示す

コスト評価

建設コストを間接費を含めた工事原価で評価する（ただし、一般管理費は除く）。国土交通省土木工事積算基準²⁾（以下、積算基準）によると、間接費の大部分は工事規模から定まる率計算で算出される。ここでは、出来る限り実工事を想定した積み上げ計算とすることによって、工期短縮の効果を考慮した。

工期の評価

施工支援ソフト（普請管理）用いて、想定した施工条件をもとに、各建設モデルの工期を算出した。

省人化の評価

各建設モデルにおける総労務者数で比較した。なお、

「省人化」は、広義な「省力化」の中から労務者に関わる人数と費用のみを対象とした

安全性に対する評価

高所作業に従事する作業員数により、墜落・転落災害に対する安全性を評価する。また、土工事に関係する重機台数と作業員数から、重機 1 台当たりの労務者数を算出し、重機災害に対する安全性を評価する。

環境負荷の評価

特定建設作業を対象とし、その作業に関わる機械の総使用台数により騒音・振動を評価する。また、各資機材と燃料の使用量を CO₂ 換算係数をもちいた総 CO₂ 発生量で評価する。

システム全体の評価

上記 ~ の結果をレーダーチャートにプロットし、建設システム全体を総合評価する。

3.2 鉄道高架橋の検討モデル

評価の対象とした鉄道高架橋モデルは、前章の Case1 ~ Case5 に加えて、Case6 として CFT 柱を用いて大胆な施工の合理化を図ったモデルを加えた。Case6 の諸元と形状を図-3 に示す。

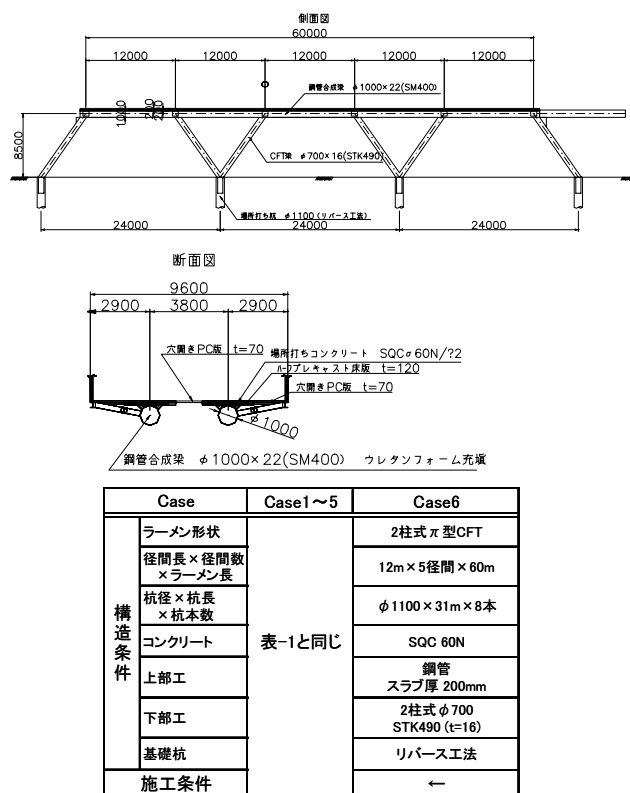


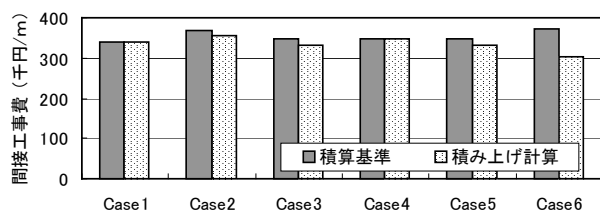
図-3 鉄道高架橋モデル Case6

3.3 コストの評価

コストの評価については、間接費の算出方法を、積算基準に基づいた場合と、後述する工期および省人化を考慮した積み上げ計算の場合について比較した（図-4）。

積算基準による間接費は、ほとんどの項目が直接工事比率で算出されているため、直接工事費の最も高い Case6 の間接費が、最も高い結果となる。しかし、工期

と省人化の効果を考慮して積み上げ計算した場合では、工期短縮と省人化の効果が最も高いCase6の間接費が最も低い値となっている。この結果は、現在の積算体系による工事費の評価方法の問題点を表しており、工事原価を評価する場合、間接費の算出方法の違いによって工事費の評価が異なることが明らかとなった。



Case	直接工事費	間接費	
		積算基準	積み上げ計算
Case1	1,139	338	338
Case2	1,264	367	355
Case3	1,193	349	331
Case4	1,168	348	347
Case5	1,184	349	330
Case6	1,324	370	303

図-4 間接費の評価 (m当たり)

3.4 工期・省人化の評価

図-5 に省人化と工期の比較図を示す。

Case1～5 に対して、省力化によるコスト効果は前章でも述べたが、総労務者数を直接比較することによっても、Case4、Case5の省人化効果が明らかである。特に、鋼材を大胆に用いて大幅な構造変更を図ったCase6では、著しい省人化と工期短縮が実現されている。つまり、新しい構造や材料を活用することによって、格段に合理化された工法を生み出す可能性がある。

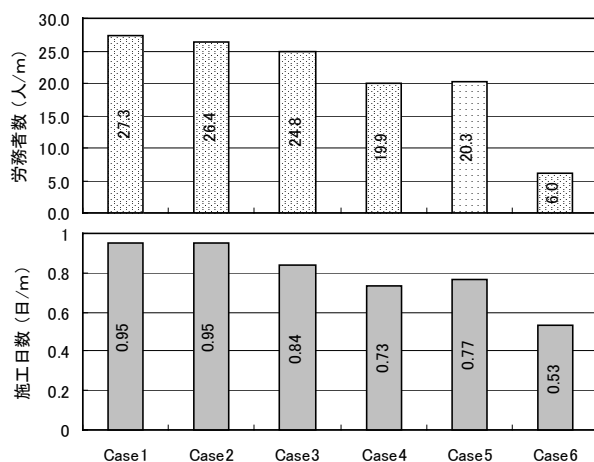


図-5 省人化と工期の評価 (m当たり)

3.5 安全性・環境負荷の評価例

安全性の評価は、建設業における死亡災害の占める割合が最も高い墜落転落災害（建設業全体で 41.2%）と、重大災害となり易い重機災害を対象に実施した。図-6 に、安全性に対する比較結果を示す。合理化施工を図った

Case6 は、安全に対しても非常に優れた効果が現れていることが分かる。

環境に対する評価は、周辺環境への影響と地球環境への影響に大別した。周辺環境については、騒音規制法（85dB）や振動規制法（75dB）による特定作業を対象として、その作業に関わる機械の台数で評価した。また、地球環境については、使用材料の生産から消費に至るまでのCO₂発生量と、建設機械および運搬車両のエネルギー使用量によるCO₂発生量で評価した。図-7に環境負荷に対する評価結果を示す。なお、各CO₂換算値は、表-3に示す土木学会環境負荷評価（LCA）小委員会のデータ³⁾を参照した。ここでも、RC構造からCFT構造へ転換したCase6が最も評価が高い結果となった。

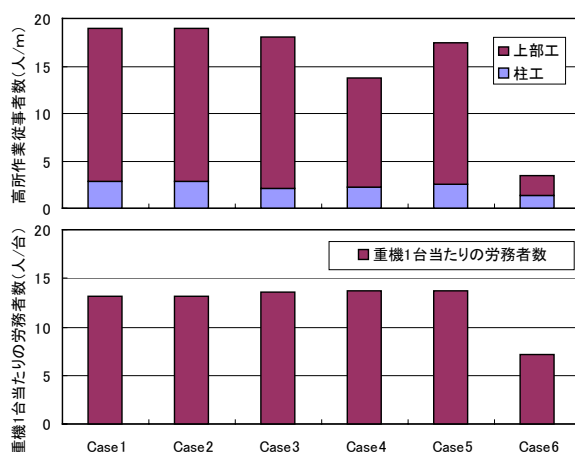


図-6 安全性の評価

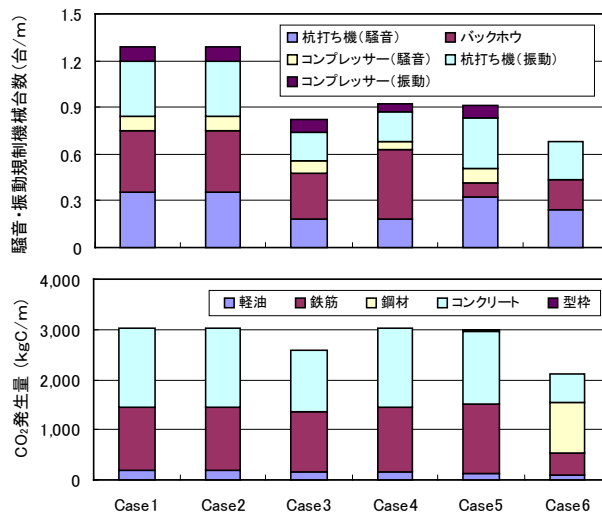


図-7 環境負荷の評価

表-3 CO₂換算値³⁾

材料名称	CO ₂ 換算値 (KgC/Kg)
軽油	0.779
鉄鋼(高炉型)	0.411
コンクリート	0.0361
型枠	0.0519

3.6 総合評価

各項目をレーダーチャートにプロットし、鉄道高架橋

建設モデルを総合的に評価した（図-8）．ここでは，各項目で最も成績の良いモデルを満点とし，他のモデルはその相対評価でプロットしている．各項目は重み付け付けすることによって，総得点で評価することも可能である．図より，総合的に Case6 のモデルの評価が高いことが分かる．

このような方法により，コスト評価に偏らず多面的な方法で分析することが必要であり，新しい建設システムの優位性を特徴付け，他工法との差別化することが可能になる．例えば，Case6 は，建設コストは増加するものの，大幅な省人化を実現した合理化システムとして，総合的に高い評価を得ることが出来る．

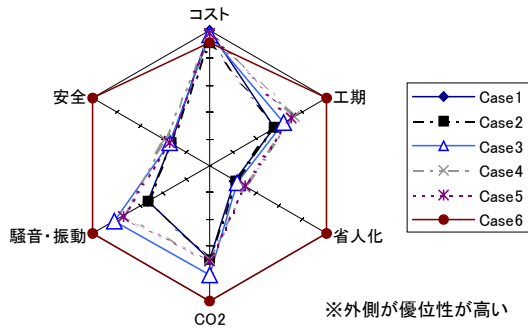


図-8 総合評価レーダーチャート

4. 合理化施工と間接費の関係

前章までに，SQC を用いた鉄道高架橋建設システムについて，コスト効果とシステムの評価方法を検討した．その中で，工事費の評価方法については，現行の国土交通省土木工事積算基準による積算体系が，工期短縮効果や省人化の効果を反映しにくいことが分かった．そこで，合理化工法のコスト効果を反映できる間接費の評価方法について検討した．

4.1 積算基準による間接費の算出

積算基準による工事費の算出手順は図-9 のようになっている．直接工事費は，標準歩掛りと工事数量を基に算出され，間接工事費については，直接工事費等に対する率計算を主に算出される．

2 章の鉄道高架橋モデル Case1 について，積算基準から算出した間接費の内訳を分析してみると（表-4），間接費の 90% が直接工事費に対する率計算の部分であり，工事原価に占める積み上げ計算部分は 2% 程度であることがわかる．つまり，間接費が直接工事費の率計算として算出されている以上，直接工事費が増加する工法では，工期短縮や省力化等の合理化工法によるコスト効果が反映されにくいことは明らかである．

4.2 積み上げによる間接費の算出

3 章で用いた間接費の積み上げ計算方法は，実工事を想定したモデル高架橋工事の間接費について，その内訳と積算基準の項目を比較し，工期や労働者数などを考慮して算出したものである．共通仮設費は，主に工期と

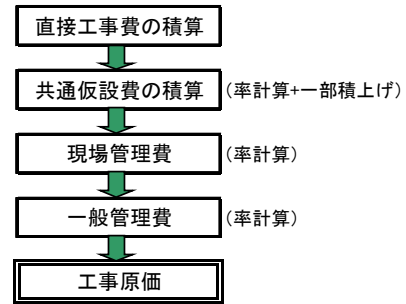


図-9 積算体系による工事費の算出方法

表-4 積算基準による工事費算出結果

単位:千円

費 目	積算基準による算出結果	構成比率	備 考
直接工事費	① 683,588	-	
間接工事費	率計算部分	② 44,419	-
	積み上げ部分	③ 18,088	-
	小 計	④ 62,507	②+③
	現場管理費	⑤ 143,847	-
	小 計	⑥ 206,354	④+⑤
工事原価	⑦ 889,942	-	①+⑥
共通仮設費に占める率計算部分		71.1%	①÷④×100
間接工事費に占める率計算部分		91.2%	(②+⑤)÷⑥×100
工事原価に占める間接工事費の積み上げ部		2.0%	③÷⑦×100

表-5 積み上げによる間接費の算出項目

費目	名 称	算出時のパラメータ
共通仮設費算出条件設定		
当続費	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

総労務者数，施工班数，施工延長などから算出し，現場管理費は，主に工期と請負金額から算出している．表-5 に間接費の算出項目と算出方法の一部を示す．

4.3 間接費の増減に影響する要因

図-10 に，積み上げ計算による Case1 の間接費の内訳と構成割合を示す．間接費は 73% が現場管理費で，中でも従業員給与は間接費の 55% 程度を占めている．反して，共通仮設費の割合は 26.7% 程度となっており，共通仮設費の 30% 前後の割合を占めている安全費や営繕費は，間接費全体ではそれぞれ 10% 以下となっている．つまり，

合理化工法によって、最もコストの低減効果が期待できる安全費や営繕費であるが、間接費全体のコスト縮減効果は小さいことが分かる。

ところで、従業員給与を算出するために最も重要な要素となるのは、現場職員の構成人数である。しかし、実際の従業員の構成は、工事の種類や規模、工法、工期、繁忙さ、会社の方針、企業体が単独受注かなどの要因によって様々であり、職員を何人従事させるかについて分析されたデータや、人数の算出方法は公表されていない。

今回の積み上げ計算においては、従業員の人数を客観的に算出する方法として、従業員1人当たりの出来高を1千万円/月と仮定して、請負金額から算出した。つまり、従業員給与を工事費の率計算として算出していることと等価であるが、ここで合理化施工による従業員の省人化まで考慮することが出来れば、間接費の低減効果が大きくなることが期待できる。

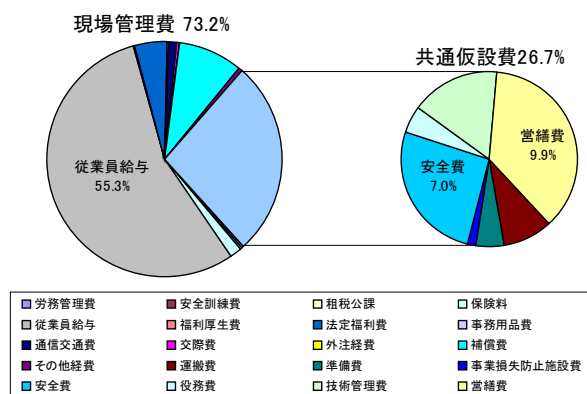


図-10 Case1の間接費の構成比率

4.4 間接費の評価方法

これまで、従業員の生産性を考慮したコスト分析はほとんど実施されたことがなく、従業員の生産性に関するデータは少ない。一方、間接費の増減に最も大きな影響を与える要因は従業員の構成人数であり、合理化施工による従業員の生産性まで考慮することができれば、合理化施工によるコスト縮減効果を適切に評価できる可能性がある。

今後、建設業界の受注競争が厳しさを増していく中で、コスト競争力の高い施工法を開発していくためには、従業員の生産性まで把握した詳細なコスト分析も必要になると考えられる。

5. 最適工期と間接費の関係

一般に工事費と工期の関係は、図-11 に示す工事費曲線⁴⁾に示すようになると言われており、工事費が最低となる工期を最適工期と呼んでいる。ところで、公共工事における完成工期は、請負契約の中で定められているが、施工計画は、その契約工期を前提に作成される。したがって、実際には工期は施工計画の制約条件として与えられており、その工期が最適工期かどうか議論されること

は少ない。

また、前章で述べたように、積算基準を基にコストを算出する場合は、工期の影響がほとんどコストに反映されないため、図-11 に示した工事費曲線を再現することは出来ないと考えられる。つまり、ある工事において、工事費を最小とする最適工期を議論するためには、前章で述べたような間接費の積み上げ計算が必要となる。

そこで、新しい鉄道高架橋建設システムの最適工期を検討するために、今回用いた方法による間接費によって、工事費曲線を再現できるか検討した。

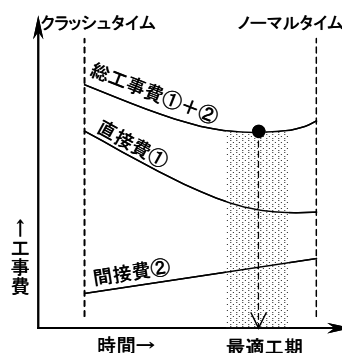


図-11 工事費曲線

5.1 最適工期の算出方法

工期は施工班数の違いによって、施工速度を変化させることによって比較した。直接工事費は仮設材の転用回数やコンクリートの1日の標準施工量などを考慮し、間接費は、工期や総労働者数、施工班数などを考慮して算出している。

5.2 試算モデルと施工条件

最適工期の試算に用いた鉄道高架橋モデルは、2 柱式ビームスラブラーメン高架橋（前章 Case1）とし、施工班数は以下に示す条件に設定した。

Case1（1 ラーメン毎施工）

杭施工、型枠、型枠支保工、鉄筋工、コンクリート工全て1班による施工。資機材の転用および損料は1セットを順次転用するものとして算出する。

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。資機材の転用および損料は2セットを順次転用する。

Case3（5 ラーメン毎施工）

施工班数5班。コンクリートは、5 ラーメンを打設上限として、資機材の転用および損料は5セットを順次転用する。

Case4（10 ラーメン同時施工）

施工班数10班。資機材の転用および損料は10セットを同時使用する。

Case5（突貫工事：Case 1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。資機材の転用および損料は10セットを同時使用する。

5.3 工事費の算出結果

工事費の算出結果を図-12、表-6 に示す。

(1) 直接工事費

直接工事費は、2 班で施工した Case2 が最小となり、突貫工事を想定した Case5 が最大となった。Case2 と Case5 のコスト差は約 6% である。Case1 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、1 日のコンクリート打設量が 1 ラーメンに限定されたことによって、歩掛りの低下が生じたことが要因であると考えられる。

(2) 間接費

間接費は、5 班施工した Case3 が最小となり Case5 が最大となった。また、コスト差は 12% であった。一般に間接費は、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、今回検討結果からは、労務の集中による仮設備の増加や施工範囲の増加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ている。

(3) 工事原価

工事原価については、Case2 の 2 班施工を行った場合が最小となった。コスト差は 7% であった。

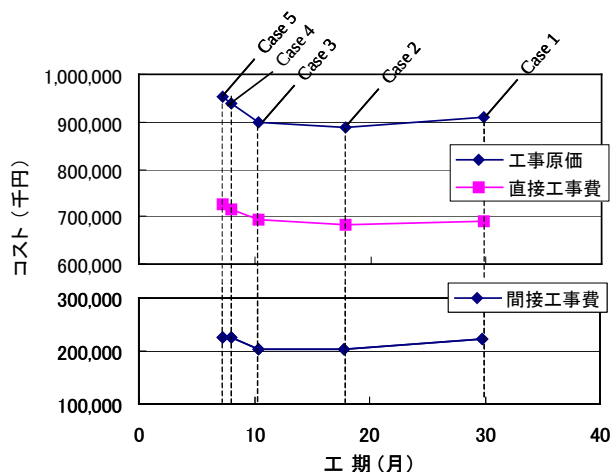


図-12 工事費と工期の関係

表-6 工事費算出結果

単位:千円

Case	工期 (月)	直接工事費	間接費	
			共通仮設費	現場管理費
Case1	29.8	688,409	62,943	160,293
Case2	17.8	684,384	54,047	149,603
Case3	10.4	694,887	54,797	148,095
Case4	8.0	714,079	65,274	159,173
Case5	7.2	725,056	65,005	162,254

5.3 最適工期の評価

間接費の算出方法は、工事の種類や地域条件、発注者などによって異なるため、今回用いた算出方法は鉄道高架橋工事の一般の地域条件に限定されるものであり、その精度もまだ十分とは言えない。しかし、多岐にわたる土木工事の施工条件についても、必要な項目を適切な方法で評価すれば、工事費曲線を再現することが可能であ

り、最適工期を算定できる可能性が示唆された。

今回の検討において、工事費の差は、工期の変化量に対して小さいものであり、Case1 と Case5 では約 6 倍の工期差があるにも関わらず、工事費の差は約 1 割程度であった。これは、4 章で述べた従業員の生産性の評価方法や、突貫工事における特急費用（歩掛りの低下や資機材稼働率の低下）の評価などがまだ不十分であるためと考えられる。

6. まとめ

本稿では、鉄道高架橋建設システムのコスト分析を中心として、SQC の合理的な適用方法を検討し、材料ミニマムから労働力ミニマムへの転換によって、新しい構造形式の可能性を示唆することが出来た。また、現在の積算体系の問題点として、合理化工法に対する間接費の算出精度が低いことが挙げられた。合理化施工の優位性を適切に評価できる算出方法が必要である。現在、これらの検討結果を踏まえて、SQC に最適な新しい鉄道高架橋建設システムを検討しているところである。

謝辞：本研究の一部は、平成 12 年度科学技術庁（現文部科学省）の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) 建設物価調査会：平成 13 年度 4 月版 建設物価
- 2) 土木工事積算研究会：平成 13 年度国土交通省土木工事積算基準
- 3) 土木建設業における環境負荷評価(LCA)小委員会：「土木建設業における環境管理と環境負荷」講習会資料
- 4) 土木施工監理技術研究会：土木施工監理技術者テキスト 施工監理編
- 5) 小櫃一巳,福山雅典,小澤一雅:コスト-工期を考慮した工程計画に関する一考察,第 19 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,pp35-38,2001.
- 6) 福山雅典,坂ノ上宏,小櫃一巳,小澤一雅:工事費の増減を考慮した工程管理に関する一考察,第 19 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,pp39-42,2001.
- 7) 武田康司,坂ノ上宏,角広幸,小澤一雅:自己充てん型高強度高耐久コンクリートの特性を活かした鉄道高架橋建設システムの提案,第 19 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,pp59-62,2001.
- 8) 角広幸,武田康司,小澤一雅:鉄道高架橋建設システムの総合評価,第 19 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,pp63-66,2001.