

# 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

鉄建建設(株) ○武田康司<sup>\*1</sup>  
 (株)青木建設 坂ノ上宏<sup>\*2</sup>  
 (株)フジタ 角 広幸<sup>\*3</sup>  
 東京大学大学院 小澤一雅<sup>\*4</sup>

By Yasushi TAKEDA, Hiroshi SAKANOU, Hiroyuki SUMI, Kazumasa OZAWA

鉄道高架橋については、材料ミニマムから労働力ミニマムへと転換を図るとともに、脱ラーメン高架橋を目指し従来のビームスラブ式高架橋に替わる構造形式での研究が盛んに行われている。また近年、トンネルの覆工コンクリートの剥落事故、高架橋のスラブコンクリートの剥落事故等が相次ぎ発生し、コンクリートの品質および耐久性の向上への重要性が増しており、初期建設コストは比較的高価となるが、ライフサイクルコストでは縮減効果が期待できる自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物が注目されている。

これらの背景から、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建設システムを確立することを目的に、鉄道高架橋をモデルとし、工期短縮、省力化を図ることが可能と思われる構造についてコスト分析を行った。その結果、自己充てん型高強度高耐久コンクリートの自己充てん・高強度の特性を活かし、長スパン化、または地中梁を省略した構造形式では、初期建設コストにおいて材料の高コストによる増加分をほぼ吸収可能となり、自己充てん型高強度高耐久コンクリートの高耐久性によりライフサイクルコストの縮減が期待できるのを確認した。

【キーワード】自己充てん型高強度高耐久コンクリート、コスト分析、工期短縮、省力化

## 1. はじめに

自己充てん型高強度高耐久コンクリート<sup>1)</sup>(以下 SQC という)は、打設時に締固めが不要な自己充てん性を有し、施工に関して人的な影響が少なく、設計上有利な高強度性を有し、さらに耐久性も向上したコンクリートと言える。しかし、現段階では材料コストが割高であり、初期建設コストが増加するため、特殊なケースでの利用にとどまっている。また、SQC の特性を活かした建設システムが提案されていないのが現状である。

そこで筆者らは、ミレニアムプロジェクト(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)の一環として施工に関する建設システムの確立に取り組んでいる。

本研究では SQC の特性を活かした建設システムの確立を目的に、最近材料ミニマムから労働力ミニマムへと研究が進められている鉄道高架橋をモデルに、工期短縮、省力化を図ることが可能な構造形式を抽出し、SQC の特性(自己充てん性・高強度)によるコスト効果について評価した。

\*1 エンジニアリング本部技術部 03-3221-2165

\*2 研究所技術研究室 0298-77-1114

\*3 技術センター技術研究所土木研究部 0462-50-7095

\*4 新領域創成科学研究科 03-5841-8873

## 2. コスト試算の条件設定

### (1) 施工条件の設定

高架橋の建設は、重機作業の動作規制がある営業近接工事、地方部か市街地かの地域特性によって工法が異なり、それらの条件により建設コストは大きく変わってくるものと考えられる。

本研究では、これらの条件の違いによるコストへの影響を最小限にするために、表-1 に示すような条件設定を行った。

表-1 コスト試算時の条件設定

| 地域特性                  | 施工ヤード                         | 近接作業                     |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 地方部、市街地等の地域的条件は考慮しない。 | 広さに制限を設けない。<br>標準施工が可能なものとする。 | 営業近接作業、近接構造物による影響を考慮しない。 |

### (2) 構造条件の設定

構造については、ラーメン構造を基本とし、施工延長を 600m (5R~10R) 程度とした。また、工法・仕様の違いにより大きくコストに影響すると考えられる基礎杭については、延長を 31m とし、オールケーシング工法による場所打ち杭とした。

### (3) 単価設定

建設コストを試算する上では、工法・適用材料により施工歩掛が変わるものと考えられる。また、労務・材料の単価については、地域性により多少違いが生じているのが現状である。歩掛りについては適用材料、工法に応じたものを設定し、地域性の単価差によるコストへの影響を最小限にするために、労務、材料の各単価については関東地区における単価<sup>2)</sup>を設定した。コンクリートおよび鉄筋の材料単価は表-2 に示したものを試算に用いた。

表-2 材料単価

| 材料種別                          | 単 価                     |
|-------------------------------|-------------------------|
| コンクリート (24N/mm <sup>2</sup> ) | 11,750 円/m <sup>3</sup> |
| SQC (60N/mm <sup>2</sup> )    | 23,500 円/m <sup>3</sup> |
| 鉄筋 (SD345)                    | 29,000 円/t              |
| 高強度鉄筋 (USD685,785)            | 80,000 円/t              |

## 3. 高架橋の試算モデル

SQC、高強度鉄筋を構造物に適用した場合は、高強度性により部材の曲げ・せん断耐力、変形性能の向上により、長スパン化、部材数量の縮小が可能となり、自己充てん性による締固め不要によりコンクリートの打設作業人員を縮小することも可能となる。

ここでは、SQC の特性 (自己充てん性、高強度) によるコスト効果を確認するために、長スパン化と部材数量の縮小化 (地中梁の省略) を図った鉄道高架橋をモデルにしコスト試算を行った。

SQC、高強度鉄筋を適用し長スパン化を図ったモデルは、図-1 に示すコンクリート (24N/mm<sup>2</sup>)、鉄筋 (SD345) を使用したビームスラブ式高架橋 (径間長 10m、6 径間) のモデル (case1) を基準に径間長 12m、5 径間にしたもの (case3)、図-2 に示す構造形式の違うアーチスラブ式高架橋について最大径間長を 20m にしたもの (case4) である。この形式は、常磐新線に採用されており、型枠のシステム化、移動式支保工の採用で工期短縮、省力化が図られることが報告<sup>3)</sup>されている。

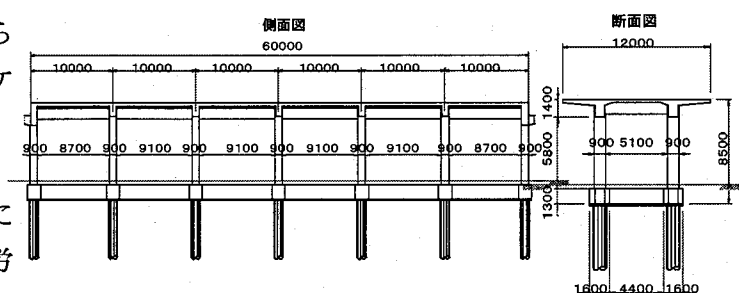


図-1 ビームスラブ式高架橋

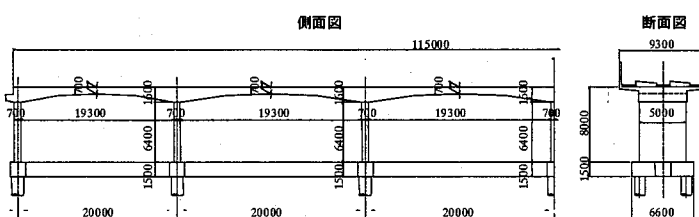


図-2 アーチスラブ式高架橋

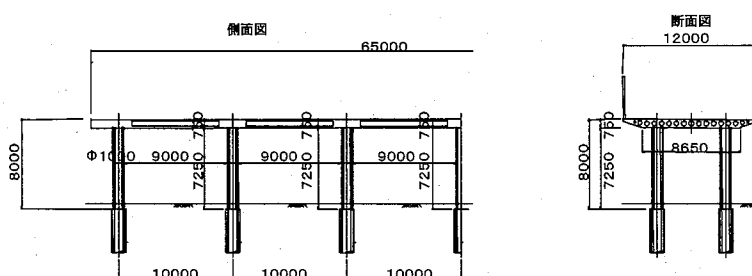


図-3 ホロースラブ式高架橋

一方、SQC、高強度鉄筋を適用し地中梁を省略したモデル(case5)は、図-3 に示すホロースラブ式高架橋（径間長 10m、6 径間）である。この形式は、上部工形状が型枠のシステム化、移動式支保工の採用が図りやすいものとなっている。なお、自己充てん性によるコスト効果を確認するために、case1 に SQC のみを適用したモデル(case2)についても試算を行った。各モデルの諸元については表-3 に示した。

表-3 各試算モデルの諸元

| 試算<br>ケース | ラ-メン長<br>(m) | 径間長<br>(m) | 径間数 | 杭本数<br>(本) | 杭径<br>(m) |
|-----------|--------------|------------|-----|------------|-----------|
| case1,2   | 60.0         | 10.0       | 6   | 14         | 1.1       |
| case3     | 60.0         | 12.0       | 5   | 12         | 1.1       |
| case4     | 115.0        | 20.0       | 6   | 14         | 1.5       |
| case5     | 65.0         | 10.0       | 6   | 14         | 1.3       |

#### 4. SQC の特性によるコスト効果

本章では SQC の特性によるコスト効果を前章 2、3 に示した条件、構造物により、直接工事費と建設に要する労務者数、直接工事費と工期との各関係から評価した。従来の高架橋の形式である case1 は、図-4 に示すように、直接工事費に占める材料費の割合が 35%、労務費の割合が 51%と労務費の占める

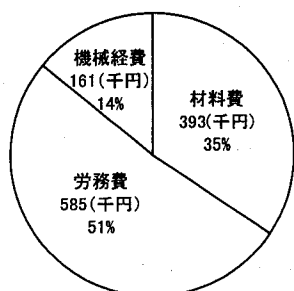


図-4 直接工事費の構成割合 (m 当り)

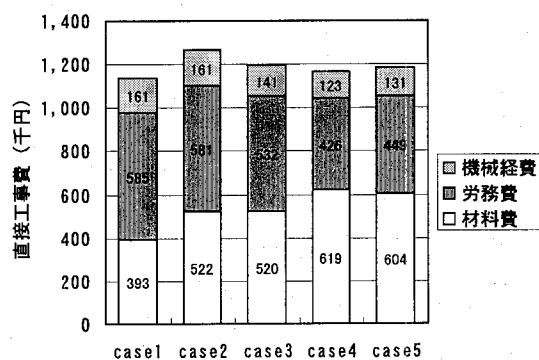


図-5 各ケースの直接工事費 (m 当り)

割合が大きいものとなっている。そこで、今回試算した case1~5 までの直接工事費について図-5 に示した。なお、図中には構成費用の内訳も示している。

図-5 に示すように、材料ミニマムとなっている従来の高架橋形式である case1 に対して SQC の特性である自己充てん性のみを考慮した case2 は、材料単価が 2 倍と高価であるために材料費が 32.8%、直接工事費が 10.9%増加している。締固め不要による作業人員の低減は、労務費が 0.7%減少し、図-6 に示す直接工事費と労務者数の関係からわかるように 0.7%の省人化となっており、自己充てん性のみによる全体への効果は小さい。

それに対して、自己充てん・高強度の特性を考慮した case3~case5 については、case1 に対して直接工事費の増加率が 2.5~4.7%にとどまっている。case3,4 は長スパン化による下部工数量の減少が、case5 は地中梁の省略による下部工数量の減少がその効果の理由である。

材料費については、コンクリート単価だけではなく、杭断面積増大による材料費の増加も影響しており、杭断面積が case1 と同等な case3 については 32.3%であり、杭断面積が case1 より大きい case4,5 はそれぞれ 53.7、57.5%の増加率である。労務費については、9.1~27.2%と減少し、図-6 に示すように

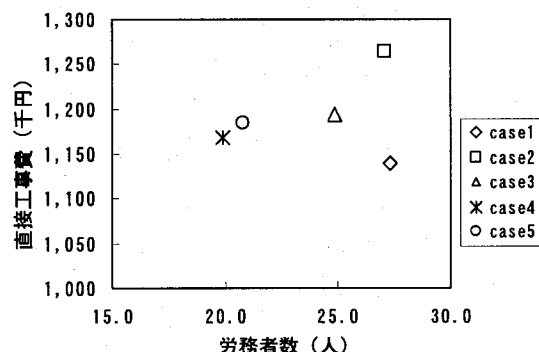


図-6 直接工事費と労務者数との関係 (m 当り)

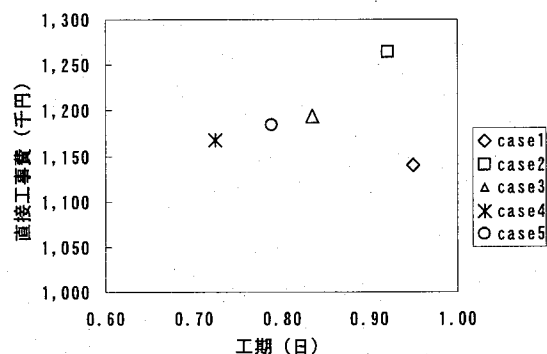


図-7 直接工事費と工期との関係 (m 当り)

9.2~27.1%の省人化が図られている。また図-5に示した直接工事費の内訳からもわかるように、機械経費が縮減されているだけでなく、省力化も図られている。工期については、図-7に示す直接工事費と工期との関係からわかるように、case2は養生日数の短縮のみとなっており、短縮率はcase1に対して3.2%と小さく、case3~5については、養生日数の短縮および部材数量の減少により、短縮率はcase1に対して11.6~23.2%と大きい。

これらの結果から、SQCの特性により長スパン化、地中梁を省略したケースが従来の高架橋形式であるcase1に対して直接工事費が5%以内の増加率にとどまっており、工期、省力化についても有利となっている。

今後、これらのSQC構造物では、工期短縮、省力化、SQCの特性である高耐久性をコスト評価することで、ライフサイクルコストの縮減が期待できる。

## 5. まとめ

本研究での結果をまとめると以下ようになる。

1) SQCの特性である自己充てん性のみを考慮した場合では、材料単価が高価なため、材料費の増加率

が33%と大きく、直接工事費の増加率が11%であり、工期、省力化についても工事全体に対してはその効果が少ない。

2) SQCの特性である自己充てん性、高強度性を活かし、長スパン化および地中梁の省略を図った構造形式では、下部工の部材数量が減少することにより直接工事費の増加が5%以内にとどめることができる。また、工期短縮、省力化、高耐久性を考慮したコスト評価を行うことでライフサイクルコストの縮減が期待できる。

【謝辞】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) 自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計・施工指針（案）：社団法人土木学会
- 2) 建設物価平成13年4月：財団法人建設物価調査会
- 3) アーチスラブ式ラーメン高架橋の省力化施工：土木施工41巻6号(2000.5),p.29~34

# THE PROPOSAL OF THE RAILROAD VIADUCT CONSTRUCTION SYSTEM UTILIZING THE SELF-COMPACTING HIGH STRENGTH AND HIGH DURABLE CONCRETE

By Yasushi TAKEDA, Hiroshi SAKANOUÉ, Hiroyuki SUMI, Kazumasa OZAWA

To convert from a minimum material to minimum manpower, the research of the structure which replaces a past beam slab type viaduct is actively done in the railway viaduct. Recently, it is necessary to increase a concrete quality and durability because the accident concerning the concrete of the tunnel and the viaduct occurred. Moreover, it is expected to become cheap in the life cycle cost though an initial construction cost of the self-compacting high strength and high durable concrete structure is comparatively expensive.

Then, to establish the construction system utilizing the self-compacting high strength and high durable concrete, authors paid attention to the term of works shortening and the labor saving, and did the cost analysis of the railway viaduct. As a result, the structural type utilizing the self-compacting high strength and high durable concrete almost becomes equal with a past structure in an initial construction cost. Moreover, the structural type confirmed becoming in the life cycle cost the advantage by the high durability of the self-compacting high strength and high durable concrete.