
[共通セッション] 新設および大規模改修時における橋梁計画

新設および大規模改修時における橋梁計画 (3)

2019年9月3日(火) 14:55 ~ 16:25 CS-4 (幸町研究交流棟 5F会議室)

[CS3-25] 橋梁におけるコンセプトデザインについて Conceptual Design in Bridge Construction

*春日 昭夫¹ (1. 三井住友建設株式会社)

キーワード：コンセプトデザイン、性能照査、制約条件

Conceptual Design, Performance Verification, Constraints

橋梁におけるコンセプチュアルデザインについて

三井住友建設(株) 正会員 春日 昭夫

1. はじめに

1930年代にプレストレストコンクリートがドイツとフランスで発明され、戦後にフレシネーやフィンスタバルダーらがその発展に大きく貢献した。彼らはなぜあのような独創性のある技術に挑戦できたのであろう。それは技術者として新しいことに取り組みたいという強い欲求もさることながら、鋼構造だけに限られた構造の自由度をコンクリートももつことや、物資のない時代の経済性への要求などが影響したものと思われる。現在は、彼らの時代に比べて様々な面で技術が進歩しているが、我々ははたして彼らのような創造的な構造物を造っているであろうか。過去の事例を見てもわかるように、イノベーションとなる技術は、そのときにある技術を一段階あがらないと解決できない制約条件が起爆剤となる。現在は精緻な解析ツールがあり、基準はかゆいところに手が届くがごとく整備され、考えなくても構造物を建設することができる。我々は、いったい過去とどんな違いがあるのであろうか。それは、「コンセプチュアルデザイン」の欠落であると考え。設計とは、オブジェクトに付加価値を与える行為であり、その価値の大部分は設計で決定する。そして、設計の中でも最も重要なプロセスがコンセプチュアルデザインなのである。

2. コンセプチュアルデザインというプロセス

性能にかかわる要求事項と制約条件を満たすために、コンセプチュアルデザインの段階で設計者は性能を創造し付与する。そして、創造された性能は、性能にかかわる要求事項にしたがって照査される。また、制約条件には、例えば、工費や工期など物理的な式で表現できないものもあるが、様々な手法を用いて定量的に性能を照査する必要がある。そして設計図化され、これら一連の行為が設計である(図-1)。厳しい制約条件下の最適解は、社会的側面、環境側面、経済的側面からなる持続可能性を追求したものになる。

コンセプチュアルデザインには精緻な解析ツールや細部まで網羅した基準は必要ない。これは過去の偉大な技術者たちが証明している。プレストレストコンクリートや張出し施工などのイノベーションは、創造性無くしては生まれてこなかった。人が生み出すオブジェクトは、本来創造的なものである。そしてこのことが技術の進歩を促してきた。

3. 制約条件と性能にかかわる要求事項

調査のあと建設における制約条件が示される。これは工期短縮、経済性、周辺の経済活動に与える影響の最小化、環境負荷の低減など様々な側面を持ち、制約条件が多ければ多いほど、コンセプチュアルデザインの重要性が増す。そして、構造検討において、安全性、供用性、復旧性、耐久性などの性能にかかわる要求事項に基づいて性能照査が行われる。この時、照査は物理的な式や客観的な手法によっておこなわれる。過去はもとより現在でも、コンセプチュアルデザインにおいては設計者のスケッチが重要で、極論すれば紙と鉛筆があればコンセプチュアルデザインができるのである。

よいコンセプチュアルデザイン事例は、構造という言葉¹⁾を通して設計者と会話することができる。以下、コンセプチュアルデザインの好事例を示し、設計者がどのように最適解にいたったかを論ずる。

キーワード コンセプチュアルデザイン, 性能照査, 制約条件

連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃 2-1-6 三井住友建設(株) TEL 03-4582-3122

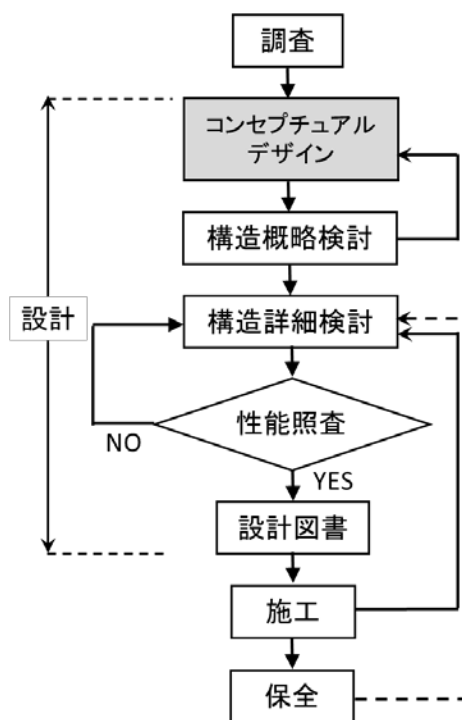


図-1 橋梁建設のフロー

4. 事例 1

図-2は首都高速のかつしかハープ橋である。平面線形に S 字を持つ場所に斜張橋を建設しなければならない、という厳しい制約条件のもと、設計者は一つの解決策を見出した。それは、S 字の変曲点に主塔を配置することで斜材配置が点対称になり、面外に作用する力が打ち消されてスレンダーな独立 1 本柱の主塔を実現することが可能になる、という最適解である。これは構造美だけでなく、周辺環境との調和という機能美、そしてもちろん造形美という美の三要素²⁾「用・強・美」を兼ね備えていて、設計者の橋に対するコンセプトが非常に明確な事例だといえる。このような独立 1 本柱の S 字曲線斜張橋は世界でも寡聞にして知らない。



図-2 かつしかハープ橋

5. 事例 2

図-3は米国の CD 運河橋である。J. Muller の設計で、この橋も設計者のコンセプトが非常に明快な事例である。写真は斜張橋部の断面を示しているが、両サイドの箱桁はアプローチ部からの断面である。その箱桁がそのままメインの斜張橋部へつながるのであるが、大きな課題は一面吊の斜材をどうやって主桁に定着するか、ということである。そこで J. Muller は、三角形のコンクリートフレームを二つの箱桁間に配置し、そこに斜材を定着する、という解決策を見出した。そして、主桁構造の横方向剛性を増すために、箱桁内にもストラットを配置している。この解決策は、同じく J. Muller が設計したプロトンス橋が布石になっているが、斜材の張力をコンクリートトラスで伝達させるという手法は、構造の軽量化に大きく寄与し、その後も多くの斜張橋でこの構造が採用されていることを考えると、ある意味、イノベーションであるといえる。



図-3 CD 運河橋

斜張橋では、一面吊であれ二面吊であれ、主桁の横方向剛性をいかに大きくするか、という課題が広幅員になればなるほど重要である。そして、明快な力の流れと、斜材張力が最短で主桁に伝達されるという原則を守りつつ、構造の軽量化を図る、という非常に高度なコンセプトチュアルデザインが要求されるのである。

6. まとめ

コンセプトチュアルデザインに相当する適切な日本語はない。このことは、我々がそのような概念をあまり持ってこなかった証なのかもしれない。ここで述べてきた橋のコンセプトチュアルデザインは、建築でいう抽象的なコンセプトとは少し違い、制約条件を満たすための構造上・施工上の具体的な最適解にいたる過程をいう。そしてそれは、時間や空間を超えて構造物を通して伝わるものである。現代は、フレシネーやドイツのシェル構造のように鋼への憧れや極端な材料最小を要求された時代とは異なる。しかし、厳しい制約条件が設計者の創造性を掻き立て、創造的で画期的なオブジェクトを作り出すことは、今も昔も構造物の設計者が持つ特権であるといえる。したがって、恵まれた今の時代こそ、思考停止に陥らないで創造性をフルに発揮することが求められる。設計の大部分が AI で置き換えられたとき、このコンセプトチュアルデザインだけが人に残された仕事となるかもしれない、ということは今肝に銘じる必要がある。

参考文献

- 1) M. Astiz、(春日訳)、橋梁における構造美、橋梁と基礎、2006年8月
- 2) 春日、橋にとっての Structural Elegance とは何か、コンクリート工学、2007年1月