

橋梁の耐震設計と景観デザイン評価への利用

THE DEVELOPMENT OF BRIDGE PLANNING SUPPORT SYSTEM IN CONSIDERATION OF
SEISMIC DESIGN AND LANDSCAPE DESIGN

丹 羽 信 弘

Nobuhiro NIWA

正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社（〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 MB33）

This paper deals with the bridge planning taken both seismic design and landscape design into consideration. These designs are often trade-off and it depends on engineer how much the landscape design is thought of. This paper proposes support system in the process of bridge planning.

Key Words : Bridge, Seismic design, Landscape design, Support system

1. はじめに

阪神淡路大震災以降の橋梁耐震設計は、震度法および地震時保有水平耐力法や動的解析によって行われるようになり、安全を目的とした要求性能から、下部工（橋脚）の柱等部材断面は変形性能（じん性）と耐力とを兼ね備えるために、柱方向や横方向（拘束効果確保）に多くの鋼材を配置し、大型化するようになった。

一方、社会のソフト化、成熟化により公共構造物である橋梁や高架橋の形態には、高度経済成長期の大量、迅速、安価な標準設計タイプのものから、美しさを目的とした要求性能から、質的な豊かさ、個性といったランドスケープを重視した景観デザインが求められ、橋梁形態は上下部工全体系として、構造系のスレンダー化、連続化や部材形状の直線・曲線形状、スリットなどの表面処理や付属物を隠す工夫を施している。

この二つの要求性能はトレードオフの関係となることが多く、設計者の判断に委ねられるところが多い。

そこで、本論文では、特に連続高架橋形状に着目しこれらを両立させることの問題点を紹介し、これらの関係と利用者の実評価を体系化することにより、ケースバイケースで一定の妥協案を調整する、もしくは計画・設計作業の支援をするシステム構築への利用を提案するものである。

2. 橋梁の耐震性能向上策

橋梁・高架橋の耐震性能向上策として、構造形式全体系とRC橋脚に着目すると次のとおりである。

2.1 耐震設計上望ましい構造形式

現在わが国における道路橋の耐震設計は、震度法と地震時保有水平耐力法により設計されており、耐震性能向上策として、構造部材の強度を向上させると同時に変形性能（じん性）を高めて橋全体として地震に耐える構造系を目指しており、具体的に耐震設計上望ましい構造形式としては次のものが考えられている。¹⁾

- ①多径間連続構造
- ②地震時水平力分散構造
- ③免震設計（構造）
- ④ゴム支承構造（免震支承）
- ⑤ラーメン構造（不静定構造）
- ⑥常時死荷重による偏心モーメントを避けた構造系
- ⑦適切な落橋防止システムの設置

2.2 RC橋脚の耐震性能向上策

曲げ破壊型の鉄筋コンクリート橋脚の損傷は、一般に、ひび割れの発生→ひび割れの進展→かぶりコンクリートの剥離→軸方向鉄筋の座屈・破断あるいは圧縮側コンクリートの圧壊と進展して、最終的に破壊に至る過程をたどる。²⁾（図-1）

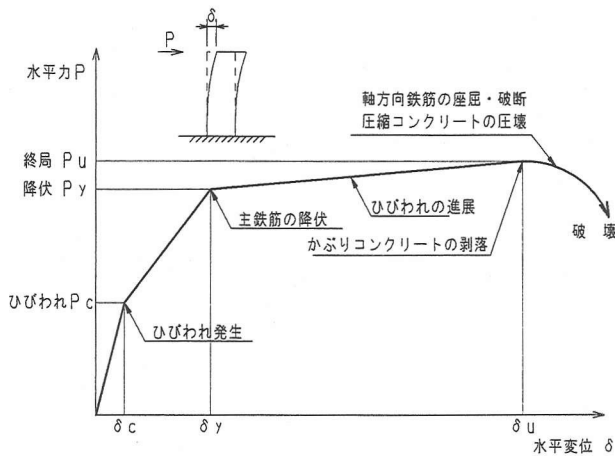


図-1 RC橋脚柱の曲げ破壊形態

(1) RC柱部材の強度向上策

①高強度材料化：通常橋梁下部工にはRC構造が用いられ、その材料強度は一般に、コンクリート $\sigma_{ck}=21\sim30\text{N/mm}^2$ 、鉄筋SD345が使用されており、これを高強度材料である $\sigma_{ck}=36\sim40\text{N/mm}^2$ 、鉄筋SD490、SD685を使用することによって、耐力を向上させる方法。

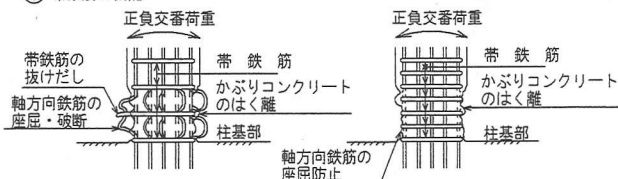
②部材断面の大型化：材料強度をそのままに、断面を大型化することによって耐力を向上させる方法。

(2) RC柱部材の変形性能（じん性）向上策

帯鉄筋および中間帯鉄筋による拘束効果：RC橋脚においては、地震時の変形によりかぶりコンクリートが剥落し鉄筋が露出しても、軸方向鉄筋の座屈防止、コンクリートの横拘束、せん断補強を目的に、図-2に示す帯鉄筋および中間帯鉄筋の配置が義務付けられている。

ここで、重要なことは主鉄筋を帯鉄筋が取囲み中間帯鉄筋により拘束することである。

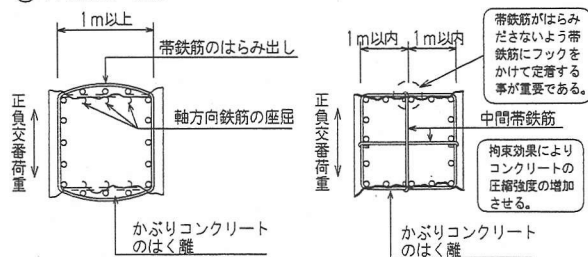
① 帯鉄筋の機能



(a) 帯鉄筋の間隔が粗い
帯鉄筋の定着が悪い場合

(b) 帯鉄筋の間隔が適切
帯鉄筋の定着が良い場合

② 中間帯鉄筋の機能



(a) 中間帯鉄筋のない大型断面の場合

(b) 中間帯鉄筋を配置した大型断面の場合

図-2 RC橋脚における帯鉄筋・中間帯鉄筋の機能³⁾

3. 橋梁の景観向上策

橋梁・高架橋の景観向上策として、キーワードと実施例を幾つか紹介する。

3.1 景観向上のためのキーワード

『景観とは人間をとりまく環境の眺め』⁴⁾、『多様な価値観で捉えられた、人間を取り巻く環境の視覚的・心理的な認識（眺め）』⁵⁾と規定されている。

また、橋梁といった構造デザインの基本は、機能的・構造的必然性を重んじ、過度な装飾を避け、シンプルで分かり易い形を旨とすることにある。⁶⁾

橋梁の景観向上のためのキーワードは次のとおりである。

- ①連続性
- ②バランス（つり合い、平衡）
- ③調和（ハーモニー）
- ④かたち
- ⑤テクスチャー（物体の表面のきめ、肌合い、質感）
- ⑥色
- ⑦細部ディテールのおさまり
- ⑧視点場と背景

3.2 景観デザインされた高架橋・橋脚形状

ここで、高架橋の橋脚形状に着目し、景観デザインされた幾つかの事例を写真-1～写真-4に示す。

このように、美しいと感じられる高架橋形状は、上記の8つのキーワードを全て満足したものであり、スレンダーでリズム感があり伸びやかな形状となっている。

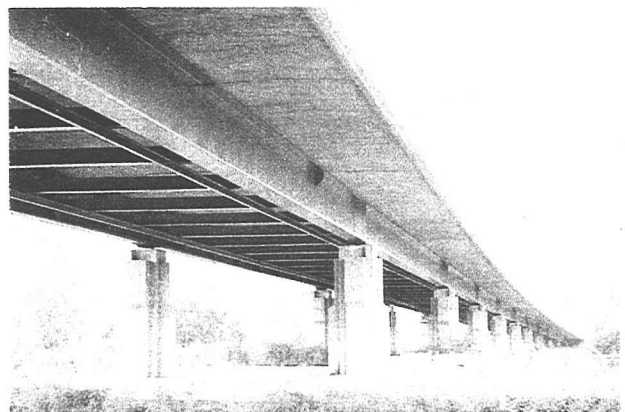


写真-1 ソンム川橋

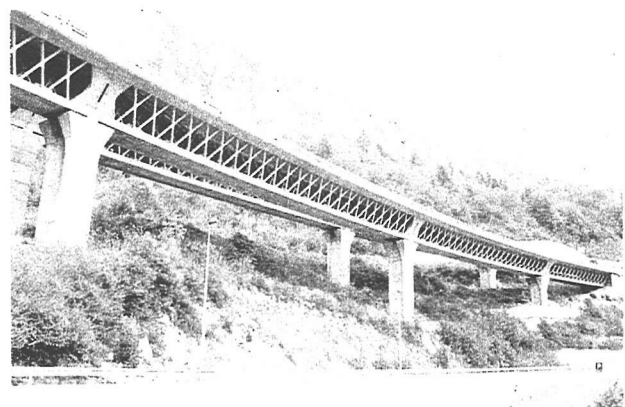
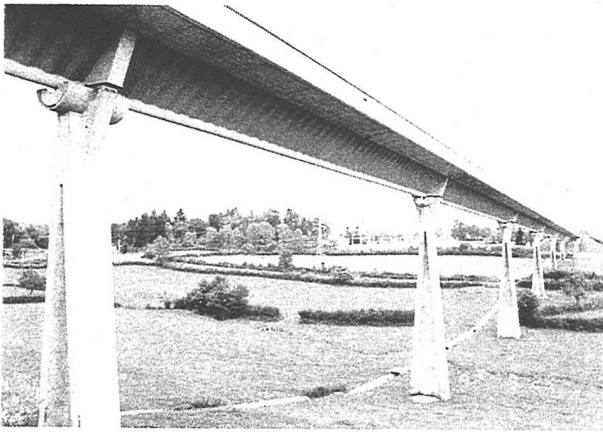


写真-2 グラシエ・シラン高架橋



写真－３ モーブレ高架橋



写真－４ ＰＩ－８高架橋

４．橋梁の耐震性能向上策と景観向上策との関係

橋梁・高架橋の耐震性能向上策と景観向上策との関係を表－１に示す。

表より、各種の連続化とバランス化についてはトレードオン（両立）の関係にあるが、かたちの自由度（特殊形状化・スレンダー化など）については、トレードオフ（相反）の関係にある。

わが国においては、地震に対する安全性確保のための橋脚部材寸法への制約は避けられず、耐力確保のために部材の寸法規模が、変形性能（じん性）向上のための帯鉄筋配置から部材形状が限られ、細く薄くといったスレンダー化や柱断面の複雑化には制限がある。

高架橋は道路や河川といった交差物を跨ぐために高架橋としており、交差物から決まる支間長により経済的な橋梁構造形式が選定され、一連の高架橋においていくつもの構造形式が採用されるケースや、構造形式の違いから高架橋形状かたちが統一できないケースが多々ある。

細部ディテールのおさまりについては、橋面排水処理のための排水管設備が景観に与える影響が大きい。

市街地の高架橋においては、遠景ではなく周辺の歩行者や運転者といった近景による景観が重要であり、一般的には橋面排水設備を上下部工に沿わせることがほとんどで、橋脚の柱内部に埋設する場合でも柱下端で外出しが生じ、橋脚にスリットを設けて排水管を隠す場合でも、柱有効断面の欠損と配筋の煩雑化が避けられず、耐震性能への影響がある。

もちろん、これら全ては、コスト縮減の観点から経済性にも優れたものでなければならない。

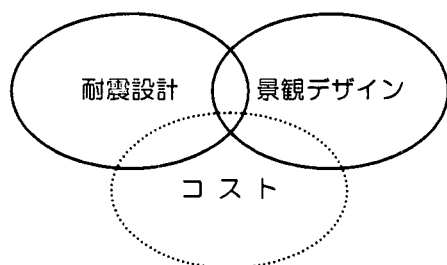
表－１ 耐震性能向上策と景観向上策との関係

耐震性能向上策	景観向上策		適 用
	トレードオン（両立）	トレードオフ（相反）	
①多径間連続構造 連続化・複合化・混合化	連続性 バランス 調和 テクスチャー かたち 色		連続桁化 同構造の連続化 異種構造の連続化 構造形状・かたちの連続化 構造色の連続化
②地震時水平力分散構造 ③免震設計・構造	連続性 バランス 調和 かたち		橋脚柱寸法の均等化 柱断面の小型化（スレンダー）
④ラーメン構造	連続性 バランス 調和 テクスチャー	かたち	ラーメン橋：上下部工の連続化 ラーメン橋脚： 上部工受け梁（トップ・ヘビー）
⑤偏心を避けた構造	バランス		上部工受け梁（トップ・ヘビー） 対象形
⑥落橋防止システム		細部ディテールのおさまり	
⑦ＲＣ脚柱の強度向上	かたち		柱断面の小型化（スレンダー）
⑧ＲＣ脚柱の変形性能向上 帯鉄筋・中間帯鉄筋配置		かたち 細部ディテールのおさまり テクスチャー	単純（矩形・円形）断面 複雑（特殊形状）断面 スリット（排水管処理）

ここで、景観向上策の一つである視点場と背景については、橋梁が置かれている場所固有の問題であり、耐震性能とは直接関係がない。

5. 橋梁計画・設計支援システムの構築に向けて

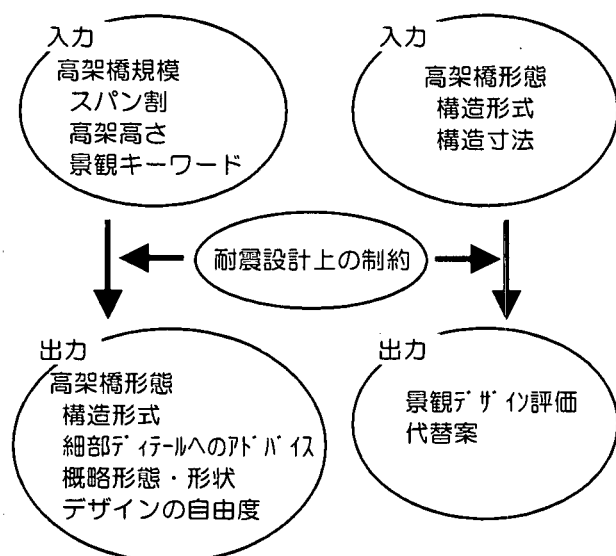
実際の橋梁計画・設計にあたっては、耐震性能向上策と景観向上策の判断は設計担当者に委ねられているのが実情であり、両者を満足させる中間解を導きだすのに、景観に関する教育を満足に受けていない技術者に、適切な判断を求めることは難しい。



図－3 設計者の判断

そこで、この設計者判断の分野に人工生命技術の適用が期待できないだろうか？

例えば、図－4のような支援システムができないか。



図－4 耐震設計－景観デザイン評価支援システム

6. おわりに

シビックデザインという言葉が生れたのは 1988 年の土木学会誌で、『地域の歴史・文化と生態系に配慮した、使いやすく美しい公共土木施設の計画・設計』と定義され、デザインに求められる要件として、①永続性：短期の流行に左右されず、オーソドクシー（正調性）を備えている、②公共性：大多数の人に親しまれ、地域の共有財産として誇れるものであること（特定の傾向に偏らない健全な公共感覚が求められる）、③環境性：地域の歴史・文化、自然、さらに生態系に配慮することによって環境に組み込まれるデザイン、さらには環境そのものを創造するデザインであることとされている。

これからの橋梁など土木構造物の建設にあたっては、国民に対するアカウンタビリティに十分耐えうるものでなくてはならず、安全で経済的にも容認できる美しい橋梁・高架橋の計画・設計が望まれる。この意味からも設計者の判断を支援するシステムの構築が望まれており、そのための最適なアプローチ手法を今後研究してゆくとともに、皆様よりご教授頂きたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，1996. 12
- 2) 土木学会地震工学委員会：地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発，土木学会，2001. 3
- 3) 国土交通省 近畿地方整備局：橋梁下部構造の配筋に関する参考資料(案)，1998. 6
- 4) 中村良夫ほか：土木工学大系 13，景観論，彰国社，1977
- 5) 馬場俊介ほか：景観と意匠の歴史的展開－土木構造物・都市・ランドスケープ，信山社サイテック，1998. 9
- 6) 景観デザイン研究会：景観用語辞典，彰国社，1998. 11