

全建富山

70周年記念号



No.63. 2017

富山県建設技術協会

「橋を設計するという仕事～富山大橋を題材に～」

大日本コンサルタント（株） 松井 幹雄 氏

（プロフィール）

昭和35年大阪府に生まれる。
 大阪大学大学院修了後、昭和60年に大日本コンサルタント㈱に入社。主に橋梁設計及び土木デザインに携わる。
 これまで橋梁をはじめとする数多くの設計・デザインに従事。
 平成26年に富山大橋の設計で土木学会デザイン賞奨励賞を受賞、ほかデザインコンペ優勝など受賞歴多数。
 また、現在、東京工業大学と大阪大学の非常勤講師も務め、教育・研究の場においても活躍中。

今日は、いろいろ盛りだくさんにお話させていただく予定です。

まず、社会基盤とは何か、という話をします。国土交通省のOBでいらっしゃいます竹村公太郎さんの受け売りですが、それを紹介します。

その次に、自己紹介を兼ねて、私が携わってきた仕事を通じて、どういうことを考えて橋のデザインをしているのか、それをご紹介します。

それから、私は今、大学で非常勤講師をやらせていただいておりますが、その講義の中から、学生に、設計の本質を理解してもらうために用意している話の一部をご披露させていただきます。その後、橋のデザインの定石を紹介し、それらを踏まえて、富山大橋のデザインの考え方をお話します。

最後に、いったいデザインとは何か、どのように制度設計を考えていけば、よりよく進むのかという私の考えを紹介して、今日のお話にさせていただきたいと思えます。

まず、最初は「社会基盤とは何か」です。（図1）

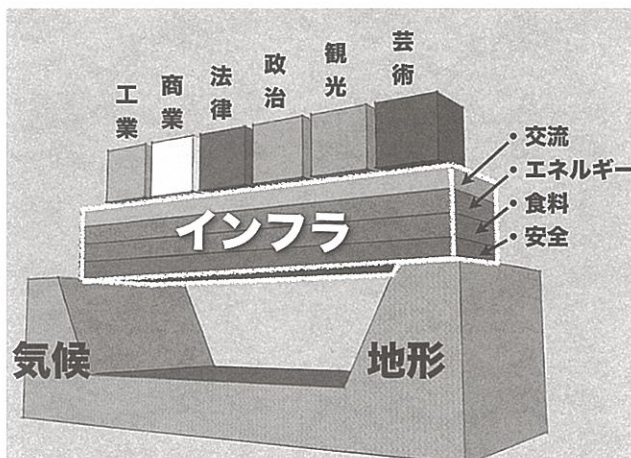


図1 インフラ（社会基盤）とは何か

社会基盤は英語ではインフラストラクチャー、下部構

造と訳されます。

私共の土木の仕事は、どんな場合でも、気候と地形は変えられない制約条件、前提条件になっています。

この前提条件に対して、まず安全な暮らしを成立させる仕事があります。それは例えば、洪水を防ぐ、崖崩れを防ぐ、あるいは外敵から守る城壁をつくる、ことで安全を確保します。

次に、食料の確保です。これは、江戸時代に新田が多く造られて、川から水を引っ張ってくる、あるいは非常に微妙な地形の中に灌漑施設をつくる、そういった技術も含む、食料の確保につながる土木の仕事です。

その次は、エネルギーの確保です。これは、昔なら、集落のそばに里山があつて、薪炭林としてのエネルギー源であつたり、また材木を採ってきて建材であつたりしたわけですが、そこから始まって、水力、風力、地熱、原子力発電も含めて電力、エネルギーをとることを支える仕事も土木の大事な仕事になります。

そして4つ目が、交流基盤をつくる仕事です。道路整備がその代表格です。道路の前に鉄道が明治以降の日本では始まりになるかもしれませんが、道路、鉄道、そして空港、港湾、こういう交流基盤をつくるのが土木の大事な仕事になります。

そして、社会が成熟していきますと、広場とか都市計画、そういったソフトの方へどんどん向かっていっておりますけれども、それも土木です。

最近では、コミュニティを再生することも、土木の仕事として非常にウエイトを占めつつありますけれども、そういう交流基盤をつくるのも土木の仕事です。

これらを含めて、インフラストラクチャー、社会の下部構造をつくるのが土木です。

これらが整備されて初めて、工業とか商業、法律、政

治、観光、芸術などが発展していくんだよと、竹村さんは解説されていました。

なるほど、まさに我々の仕事というのは縁の下の力持ちだけれども、その上に日々我々の生活に直接かかわる文明、文化、いわゆる生活が成り立っているんだなということを理解したわけです。

ですから、インフラがしっかりしていると、その上に花咲くものも大きくなりますし、しっかり実になるということだと理解しております。

以上、土木という仕事のやりがいを実感できる理解の仕方を紹介させていただきました。

続きまして、デザインをする際に大事にしている話に移りますが、まず簡単に自己紹介をさせていただきます。

85年に大阪大学大学院の土木を出ました。「好きこそ物の上手なれ」ということで、大学時代に目覚めた、橋のデザインをやりたいということで、会社を探して、橋梁に強い会社に入りまして、虎視眈々と機会を待ちました。ちょうど社会人2年目の後半、27歳のときに、世の中に吹く風が変わってきまして、そんなにやりたかったらやってみたらと言っていたら、それ以来、シンプルな美しさを求めて土木デザインに関わってまいりました。

設計コンペの優勝とか土木学会のデザイン賞、グッドデザイン賞、あるいは国土交通省の優秀技術者表彰など、楽しい思いもさせていただきつつ現在に至っています。

実務のほか、土木学会や大学の講師を通して、社内外の土木デザインに関心のある方々との交流も活発です。

それでは、4つの実績を通して、景観をつくる際の拠り所を紹介させていただきたいと思います。

まず1つ目は、横浜のはまみらいウォークという歩道橋です。(図2)



図2 はまみらいウォーク (側面景)

横浜駅からみなとみらい地区へアクセスする歩行者ルートが川を渡ってビルに直結する箇所に計画されたものです。その場所は、2006年頃に日産自動車が本社移転を計画していた敷地で、事業者の横浜市は、一流グローバル企業を誘致するための投資としてこの橋を考えていたように聞いております。

橋に対する要望としては、通勤動線でもありますから、雨風をしのげるというのが第一です。しかし、晴れた日には、海側に空間が開けた気持ちの良い場所でもありましたので、その両立を狙って、このような片持ちのシェルターを提案しました。(図3)



図3 はまみらいウォーク (橋面)

10.4mの路面のうち、7mの範囲に屋根がありますが、片側を開けたおかげで開放的な歩行空間となっています。

一方、海風がそのまま路面に入ると使い勝手が悪いということで、風のシミュレーションも一緒にやりながら、ガラス高欄の高さ、傾き、位置をシミュレーションして、エンジニアリングとデザインを両方考えて設計に反映しています。

夜景も大事ですので、設計当初から電気配線計画も同時に行い、全ての照明器具を構造物に埋め込みました。配線と言うと簡単ですが、武骨にならないように管を通すため、いろんな構造部材にあらかじめ必要な手当てを施しています。細かい設備のこともチームとして対処していく、総合的な仕事をやらせていただきました。

結構、立派な橋になりましたが、市として一流企業を誘致するリターンも見込めるということで、ちゃんとお金を使うところには使っていいよという、発注者に恵まれた、思い出深い仕事になりました。

続いて紹介するのが、岐阜の各務原大橋です。(図4)



図4 各務原大橋

木曾川を挟む各務原市と川島町が合併したことを契機に合併特例債を使って、架けられた橋です。重視された役割は、合併した後も、この大きな木曾川を挟みながらも、しっかりコミュニケーションがとれるようにすることでした。設計コンペが開催されて、全国23社の応募の中から私どもの提案が選ばれたものです。

周辺の山並み、川の流れ、歩いても楽しいということに大事にして、11径間連続のPCフィンバック構造を提案しました。支点上で必要な桁高は4.4mくらいあるなかで、見えるのは2.3mで、残りの2m部分が、橋の上を山のように連なりまして、歩いても楽しくて、構造的にもちょっと面白みがある橋です。

続いて紹介するのが、四万十川をまたぐ新四万十川橋梁です。(図5)



図5 新四万十川橋梁(側面景)

自動車専用の高規格道路です。重視されたのは、四万十川の風景に馴染むことです。

計画当初は、地域の反対等も少々あり、しばらく事業が止まりましたが、その再開にあたり、どういう橋だったら地元の方に受け入れてもらえるかを考える景観委員会がまず開催されました。

この場所における通常の制約条件通りに設計すると、並行して流れる中筋川との背割堤をまたぐ箇所では150mの支間が必要で、四万十川の本流が流れている箇所では50mで良しとする橋の姿となりました。そうすると、陸地をまたぐ箇所に大きな支間があって、四万十川の雄大な景色のところを小さく刻むという姿になり、それは四万十川の景色を毀損するという意見が委員会では大勢を占めました。

それに加えて、橋の終点部には大きな切土法面が出現して、これがせつかくの場所の自然風景を壊すので、何とか改善する方向で考えてくださいという要望をいただきました。

それらの要望を踏まえて、縦断線形を調整して切土部分をトンネルに変更する等の検討をし、橋梁予備設計で支間割り、構造形式を工夫しました。加えて、詳細設計では、橋台とトンネル坑口を一体に施工する等の技術的なチャレンジもして、周辺景観への影響を最小化する工夫を加えています。

細かい話ですけども、この橋はS字を描いた斜橋になっていて、形が納まりにくい状況でした。納まりに破綻が出ないように橋脚断面を、楕円(三心円)にする等、細かいところも工夫をしています。(図6)

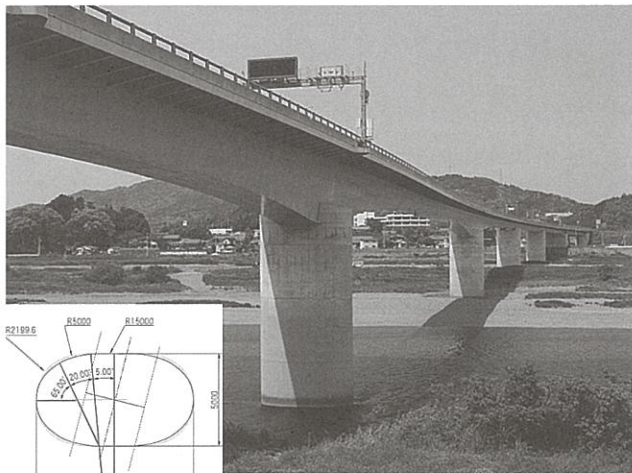


図6 新四万十川橋梁（見上げ）

四万十川の雄大な景観に合うとともに、繊細なところにまで配慮して、その結果として普通の橋に見えるになった事例かと思えます。

最後に、ほぼ施工は終わっていますが、現在開通待ちの築地大橋です。（図7）

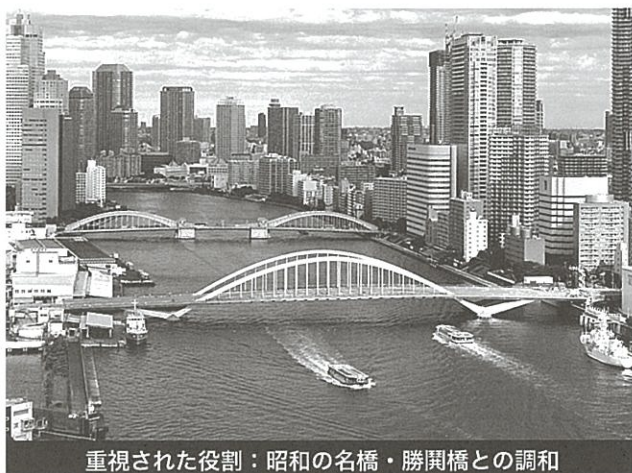


図7 築地大橋（側面景）

この橋で重視された役割は、隣接する昭和の名橋と言われた勝関橋との調和です。隅田川の橋梁は、橋梁群として非常に歴史があって、それに加わる新しい橋として、何がふさわしいか、多くの議論を重ねました。勝関橋に対して影響が一番少ない桁橋の案。勝関橋のシルエットを全部包み込むような大きなアーチ。そしてそれらの中間的な規模のアーチ、の3つの形式まで絞り、最後は当時の都知事を選んでいただいたという経緯で最終案が定まりました。

この写真はビルの屋上から見たものです。（図8）



築地大橋(2015施工中) / 隅田川

図8 築地大橋（上空から）

通常、アーチ橋ですと、2つのアーチをつなぐ横つなぎ材がありますが、この橋では構造的な工夫を加えて、それを無くしたすっきりした空間としています。勝関橋の橋面は繊細な横つなぎ材が特徴ですが、それとの新旧の対比を見せる意図もありました。

また、架設方法が非常にダイナミックでしたので、見物客も多く、多くのテレビでも取材されました。

〔ビデオ上映〕

工場で作製された中央のアーチ径間をFC（3000t級海上起重機船）で架設しました。

架設の現場は見物客が大勢集まり、お祭りのような雰囲気があって、都市の歴史の一ページとして市民の方々の記憶に残ってもらえたのではないかと思います。

最後にまとめます。

景観デザインというと、最後にお化粧するデザインのことだと思われている方がまだまだ多いと思いますが、実はそうではなくて、一番最初から、橋に望まれる役割を言葉にするところから、取りかかることが大切だと訴えたいと思います。

山とか川とか、あるいは都市の歴史とか、先に存在しているもの、これを「場所の履歴」と呼んでいます、それに敬意を払いながら景観を考えているということを理解していただくと幸いです。

なお、この「場所の履歴」という言葉は、哲学者の桑子敏雄さんが名付けた「空間の履歴」という言葉も参考にしながら使わせていただいております。

先程お話した土木＝インフラストラクチャーと同じで、「地形」と「気候」を制約条件として、それに「場所の履歴」を加味して組み立てているのが景観デザインということを理解していただければと思います。

せっかくですので、富山県内の仕事も3つ紹介させていただきます。

1つ目は、すでに名所になっております新湊大橋です。

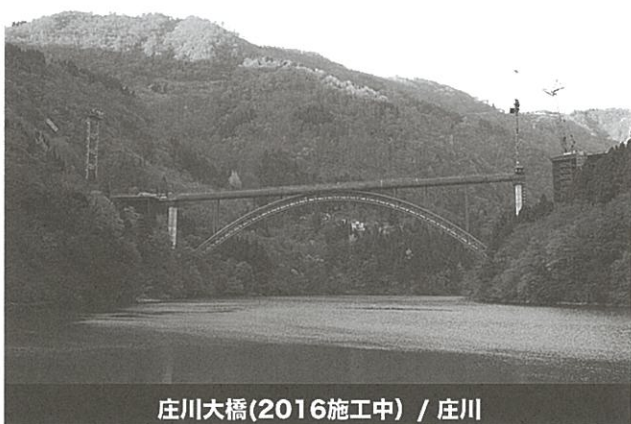
(図9)



新湊大橋(2013) / 射水市・伏木富山港

図9 新湊大橋

二つ目は、今、架設中の庄川大橋です。(図10)これは小牧ダムから大牧温泉に船で行く途中にあって、利賀ダムの工事用道路ということで架設中です。



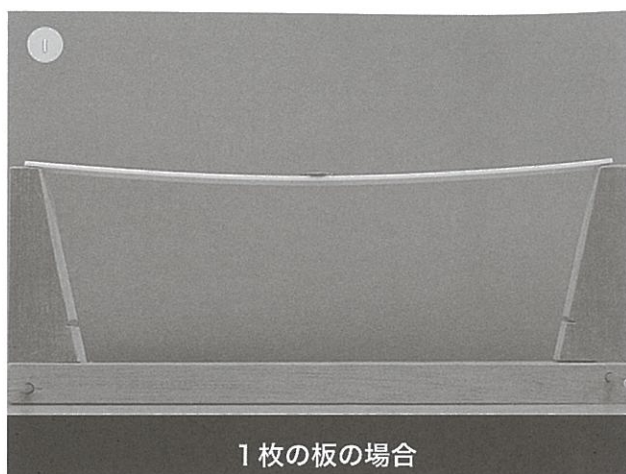
庄川大橋(2016施工中) / 庄川

図10 庄川大橋

そして、後ほど説明させていただきます富山大橋です。

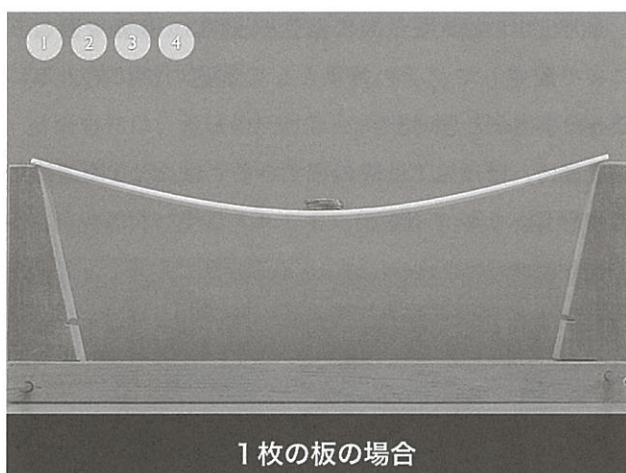
続いて、設計の本質について、お話をさせていただきます。まず、皆さんの基礎知識のレベルを揃えたいと思ひまして、僭越ながら設計のイロハをお話しさせていただきます。

基本的に、こういう谷地形がありまして、そこへスチレンペーパーというやわらかいプラスチックを置きます。ここに100円玉を乗せていく実験をやります。(図11)



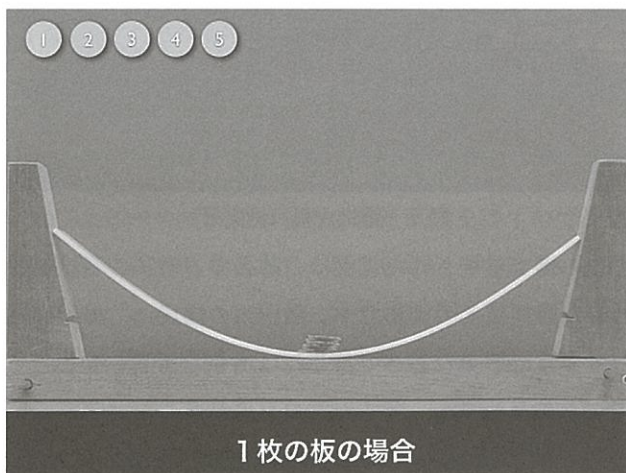
1枚の板の場合

図11 荷重とたわみの関係(1)



1枚の板の場合

図12 荷重とたわみの関係(2)



1枚の板の場合

図13 荷重とたわみの関係(3)

1枚乗せると、たわみます。2枚乗せると、さらにたわみます。柔らかいスチレンペーパーですから、壊れるということではなくて、大きくたわんで土台からすべり落ちます。このたわみがおおきくなって、何枚乗せると落ちますかという実験をやります。

今2枚ですけれども、皆さん、何枚ぐらい乗せると落ちると思いますか。自分なりに仮定を持ってみて下さい。

それでは事件します。3枚、4枚、5枚。1枚の板の場合、5枚乗せると滑り落ちました。(図12、13) 続いては、2枚の板を重ねた場合、単に重ねた場合です。さて、何枚までもつでしょうか。まず1枚、2枚、3枚、4枚、5枚、6枚、7、8、9、10。さっき5枚でしたから、ちょうど倍です。単純な足し算が成り立ちます。(図14、15)

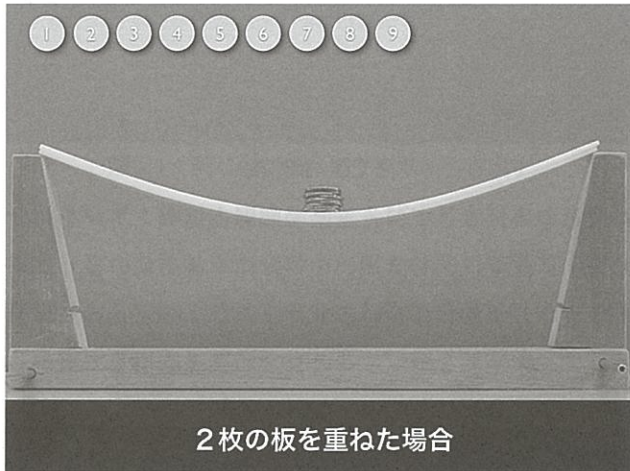


図14 荷重とたわみの関係(4)

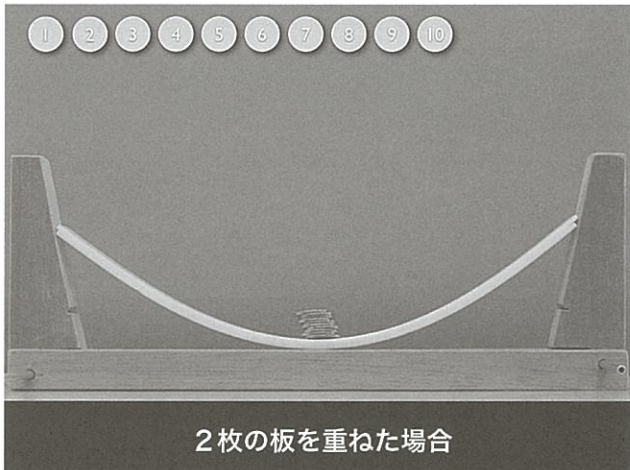


図15 荷重とたわみの関係(5)

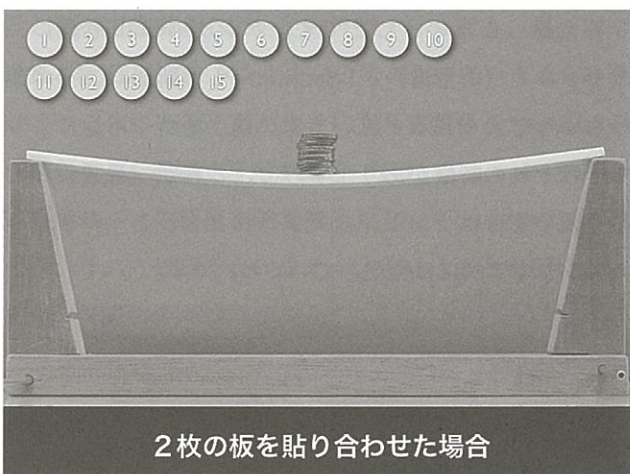


図16 荷重とたわみの関係(6)

さて、今度は2枚の板を両面テープあるいはのりで貼り付けた場合です。これはどうなりますでしょうか。

1枚、5枚、10枚、15枚と。所持金が1,500円だったのでこれ以上実験できませんでしたという落ちを言って次に行くんですけども。…ともかくも、急に強くなったことが認識できると思います。(図16)

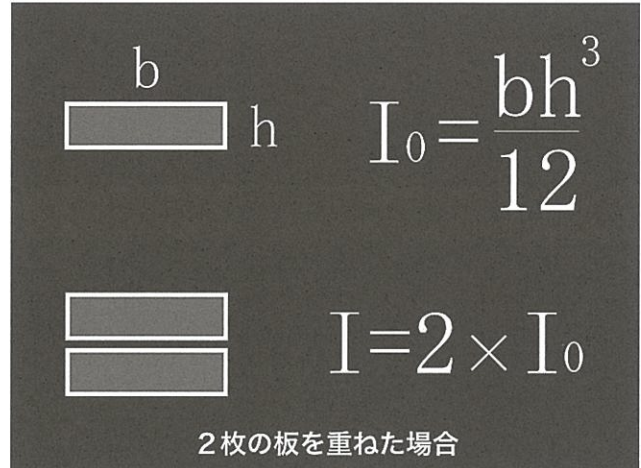


図17 断面二次モーメントの計算式(1)

このときに、何枚まで持つのか枚数を推測することが、設計行為そのものです。そこで便利な概念が、断面二次モーメントです。学生相手には公式を覚えていますかという質問をしますが、今日はやめておきます。長方形の場合の断面二次モーメントは、 $bh^3/12$ 、寸法の4乗で示されます。そうすると、1枚の時に**b**と**h**ですと I_0 は $bh^3/12$ 、2枚だと2倍の I_0 となります。さっきの実験のたわみと合点がいきますね。(図17)

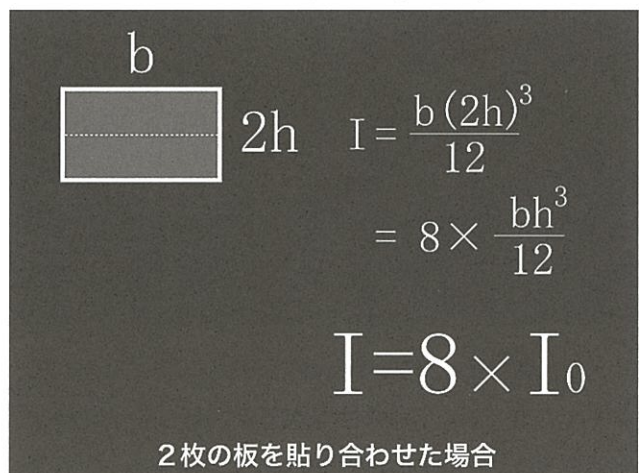


図18 断面二次モーメントの計算式(2)

そして、2枚の板をくっつけますと、**h**が**2h**になりますから、**2h**は3乗するので8倍になります。(図18)

つまり、2枚を重ねた場合は2倍の I_0 、2枚の板を貼った場合は8倍ということで4倍強くなる。つまり、

40枚乗るといことがわかります。(図18)

このように、設計というのは、ある仮定とか理論を適用して、強さを予測することと理解してください。

もう一度、スライドを見てください。こちらが2枚の板を重ねた場合。こちらは貼り合わせたもの。随分強さが変わることわかります。

この重ね梁ですが、理論だけの話かという、そうではなくて実際にも応用されています。この写真は古いJRの鉄橋ですが、昔は鉄板をつくるのが大変でもあったということで、同じ規格のものを使って、強さが必要なところはリベットなどで繋げて重ねて利用しています。先ほどの重ね梁、そのものです。(図19)

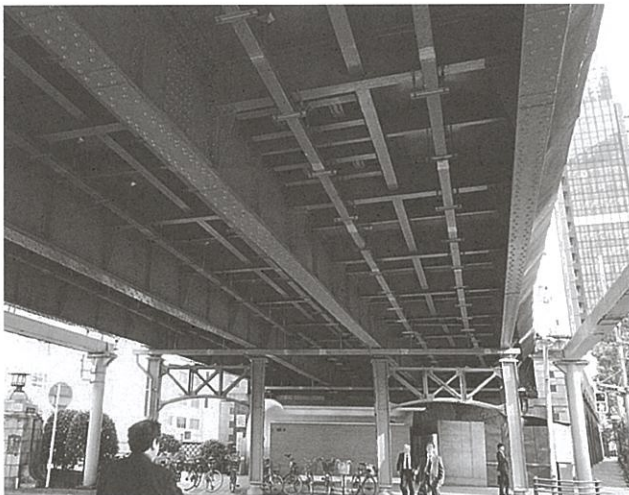


図19 昔の桁に見る重ね梁の様子

このスライドは、300年以上も前の木造の錦帯橋です。(図20) どういう断面になっているかという、かすがいと巻金でそれぞれつなぎ合わせて、まさに重ね梁、剛性を高める工夫のもとに30mのアーチ橋を成り立たせていることがわかると思います。構造力学の知識がなくても、経験で見えていたということが先人の知恵かと思えます。

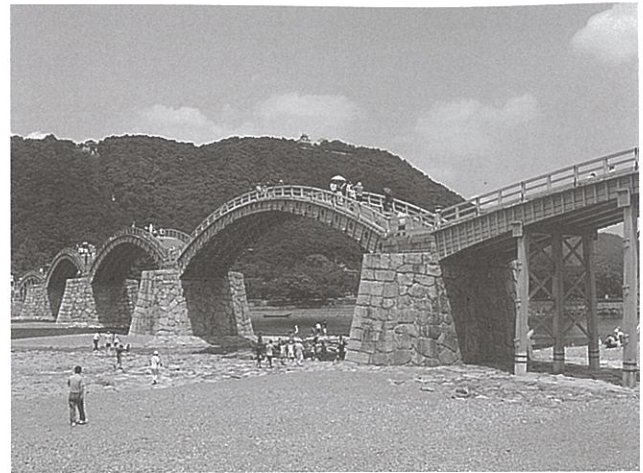


図20 錦帯橋

最近の事例として、三重県の熊野古道センターを紹介します。近年は、林業振興を視野に木材を使いましょうということが言われています。ここでは135mmの角材を使って、大空間を飛ばすことを重ね梁を応用して実現しています。

どのように重ねているかという、ステンレスリングを木材の間にに入れて、それらをPC鋼材で締めて、ばらけないようにして重ねています。先に見たかすがいと巻金の現代版ですね。

このように、簡単な原理ですが、応用することによって、現在も十分使えるということになります。

ここまでが力学的理解です。

今度は、エンジニアリング的な発想の訓練となります。先ほどは、2枚のステンペーパーでより強いものというのを考えていただきましたが、今度は、紙も、はさみも、のりも、何を使ってもいいですよ、といいます。この2枚の材料を与えて、どういう形にしたら強くなりますかという問いかけをします。(図21)

答えは、こういうことです。アングル(山形鋼)、チャンネル(溝形溝)、I-Section(I型断面)、その他いろいろ考えられると思います。使う場所や用途によってそれぞれの特徴がありますので、どれが一番強いのかという問いかけはナンセンスですけれども、こういうふうにエンジニア的には発展していくわけです。

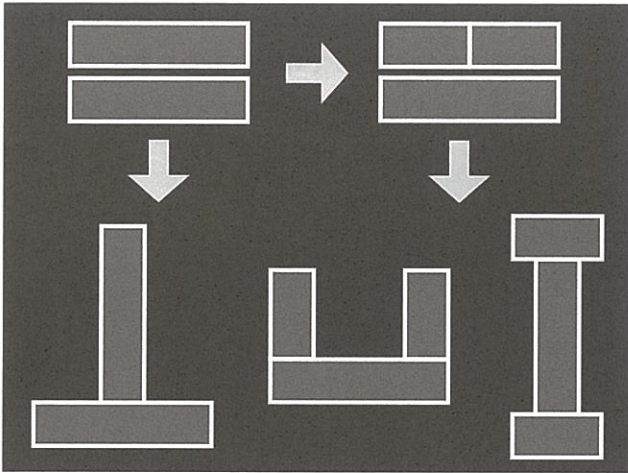


図 21 同じ材料から様々な形を引き出す

こちら、I断面は15枚乗せてもびくともしません重ね梁でもこれだけたわむものが、同じ材料でも工夫次第でびくともしない。計算すると、23倍の断面二次モーメントを有しています。(図22)

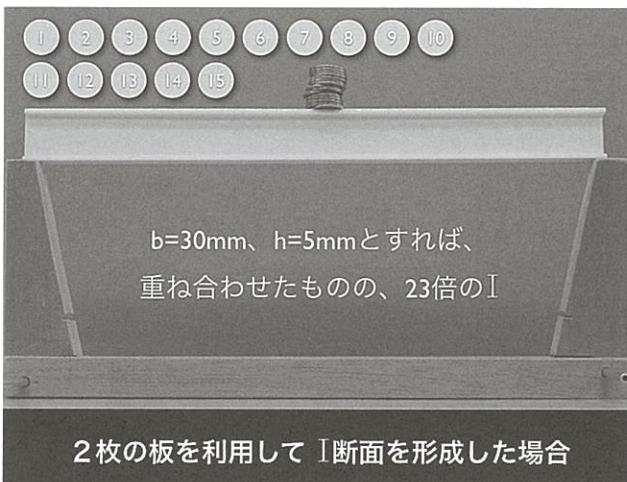


図 22 荷重とたわみの関係 (6)

実際の剛性は、材料強度のヤング率Eがあって、断面2次モーメントのIとEを掛け合わせたEIが部材の剛性となって設計をしていくわけですが、形だけで決まる断面2次モーメントというものがこういうふうに出発のベースにある。形が強さに大きく関係している、そういうことを理解できたかと思います。

今度は、この模型を架橋場所だとして、2枚の板で、どういうふうに橋をかけますか、ということを問いかけます。(図23)

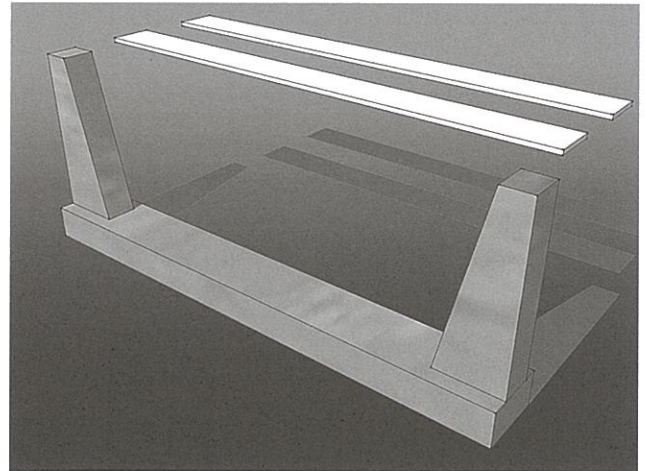


図 23 2枚の板で橋を作ってみよう (1)

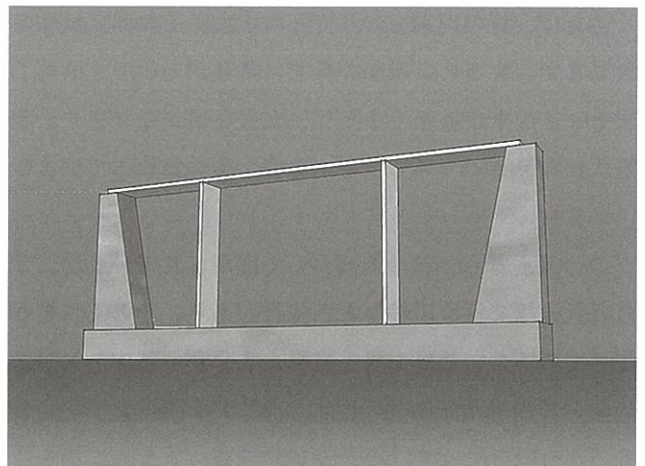


図 24 2枚の板で橋を作ってみよう (2)

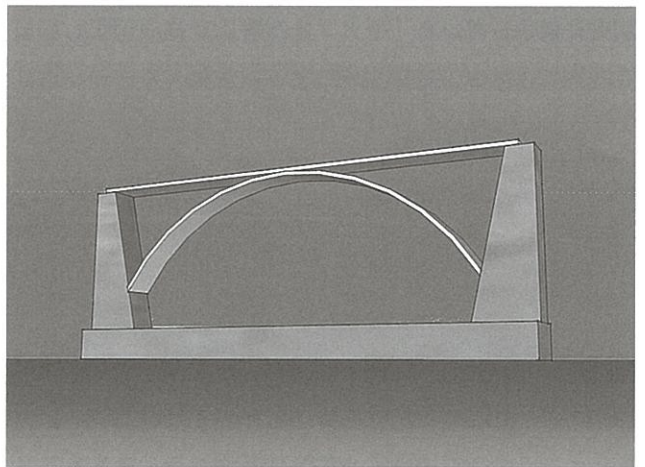


図 25 2枚の板で橋を作ってみよう (3)

3径間の橋。他にもV脚にする案、あるいは、アーチをつくるとか、そういった感じでいろいろと出てきます。(図24、25)

次に、この2枚の板に風船を使ってもいいです、といたらどうなりますか、という問いかけです。

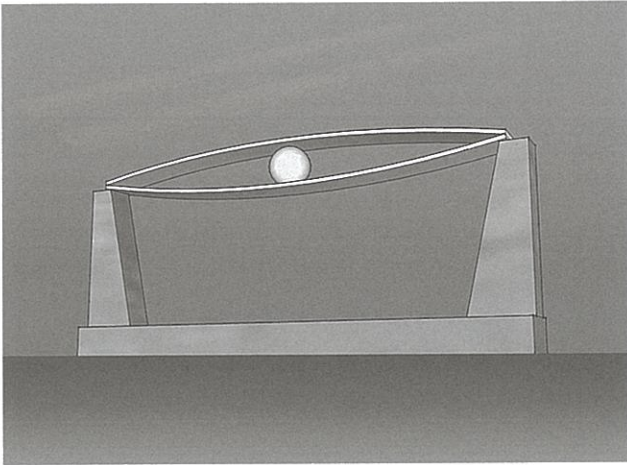


図 26 2枚の板と風船で橋を作ってみよう(4)

答えは、板の両端をのりでもめます。その間に風船を入れます。すると、風船の分だけ高さが効いて、断面二次モーメントが大きくなって、丈夫な梁になります。実際に1,500円乗せてもびくともしないものになっています。(図26)

この考え方も、昔の橋において応用されています。これは鉄道橋です。圧縮材と引張材があり、その下に桁が走っているので複雑な構造に見えますが、基本的にはこのレンズの形が先ほどの理屈と同じ梁を構成していて、そこから桁を吊っている構造です。

現代にもこのような原理を応用した歩道橋があります。別府に架かっている「イナコスの橋」です。(図27)



図 27 イナコスの橋

床版に石材を使って圧縮を持たせて、引張材をチェーン構造にして、ところどころに斜材を配置した「不完全トラス」と言う工夫した構造で橋を成立させています。あるいは、こういう風船状の空気膜をつくって、上にベニアを載せて、下にワイヤーをつけて、先ほどの原理を応用したような橋も研究されています。

このように、部材の上弦材と下弦材を上手に離してあげれば、橋の構造が出来上がっていきます。そこに気が

ついていくと、上弦材と下弦材をどのように組んでいくかという発想になっていっていろいろとアイデアが出やすくなります。これは渋谷の歩道橋です。(図28)



図 28 渋谷の歩道橋(希望の橋)

トラスでもなく、フィーレンディールでもなく、各斜材を少し離して構造システムを構成しています。こうすると、部材の接合部をピン構造にしても、せん断変形に耐えられる形になって、合理的かつ現代風な見え方になってきます。

新宿にトラスとフィーレンディールの組み合わせた同規模の橋がありますが、それと比べるとデザイン的な洗練に差があることが見えてきます。

このように、頭の体操をしていきますと、ラティス(格子)で、モーメントが支配的なところは疎にして、せん断が支配的なところは密にするとか、こういう発想につながっていきます。見え方、構造効率、ここを歩く人の楽しみ、そういったものが多様になっていく。それを手助けしているのが構造を理解した上でのデザイン思考だと理解してもらえればと思います。

これが、本質をとらえてシンプルに考える、ということかと思えます。

例えば、PC道路橋は、ウェブが重いのがネックになるので、ここを軽くする工夫がいろいろと検討されて、ウェブをコンクリートから鋼部材に置き換えることが試行されています。上弦材と下弦材をどのように離してあげればいいのか、ということに通じると私は勝手に解釈しています。正統な考え方ではありませんが、トラスウェブやバタフライウェブという発想も、そう考えることもできるのではないかと考えています。

脱線ですが、バタフライウェブという厚さ6cmの版を

利用するPC橋は、桁の中も光が入って非常に点検がしやすく、日本で生まれたオリジナルの新しい形です。

アプローチの仕方は異なっても、重要な原理原則の本質をつかむことによって、それを現場の状況に合わせて応用していく中でアイデアが生まれて、アイデアを検証する中で現実化していく。そういったことで、デザインも技術の開発も進んでいく。それも土木のデザインと捉えて、私共も取り組んでいるということを理解していただければ幸いです。

続きまして、橋のデザインの定石というものをお話しさせていただきます。

このスライドは、ある場所にある本当に架かっている橋の写真です。(図29)



図 29 橋梁形式の洗練 (1)

挙手をお願いしてよろしいですか?。このシチュエーションでこの橋が架かっている、きれいだなと思う方、手を挙げてもらえますか。—

うーん、ちょっと問題があると思われる方、挙手してもらえますか。—

ありがとうございます。

ちょっと問題があると感じられている方がたくさんいらっしゃいました。

これを、デザインの定石を使って、改良するということをやっていきたいと思います。

まず、スライドの右上方に示している模式図は、今の単純梁の状態を表しています。

スライドをひとつ前に進めます。何かを変えましたが、どこが変わったかわかりになりますか。構造系は何も変わっていません。変わったのは橋台のところ。橋に合わせて、少し床板を張出しました。

実は、この桁から出た地覆のラインのことを、橋梁デザインの世界では「フェイスライン」と呼んでいます。フェイスです。顔です。ここが橋の顔だと橋梁デザインの教科書には書いてあります。

橋というのは、桁が架かっているところだけでなく、橋台を含めた、端から端までが橋です。それを視覚的にも表現するためにラインを通すことがデザインの基本になっております。

これだけでも、多少はましになりますが、次に進みます。お気づきになりましたでしょうか。桁高を若干絞りました。現在の設計では、一番安い状態を狙って形を決めていくのが一般です。そうすると、さっきの $b h^3 / 12$ のとおり、 h を高くすることが剛性に効きます。傾向としても安くなります。しかし、限度というものがあるので、折り合いをつけて、少しフランジを分厚くして桁高を薄くしてあげることができます。少々お金をかけて、見た目のスレンダーさを獲得するという一手です。

この辺からコストが絡みだすので、多分、社会問題化してくると思いますが、原理的にできます。コスト増分に見合う価値があれば、それが良いという人もいらっしゃるでしょう。投資対効果がどうかということです。

スライドを見て下さい。続いての手当をしました。先ほどは、桁の高さを変えましたが、次は構造系を変えました。ラーメン構造にしました。実はこの場所は河川です。堤防のところにラーメン構造にして橋台が動くのは許されません。現実には鞘管構造にするとか、工夫しないとだめですけども、教材と思って大目に見てください。

ラーメン構造にしますと、構造系が変わります。曲げモーメントを一番受持つところが一番分厚くなるわけですが、土に隠れる場所になって見え方としてはすっきりしてきます。維持管理が必要な支承がなくなることも利点です。そのかわり設計はややこしくなります。モーメントの分布も変わりますから、支間中央の桁高をさらに小さくすることができます。ここまで来ますと、構造系としてはコントロールとなる重要な場所の厚さが確保されていれば、その間を曲線で結ぶことも直線で構成することもエンジニアリング的には自由です。あとは、型枠のコストをどう考えるとか、人々好みとか、それをどう捉えるかという課題になります。

もう1つ劇的に効くポイントがあります。高欄の色を変えました。写真のような自然風景を背景にしている場合、高欄を濃い色にしますと、風景に溶け込みます。

(図30) そうするとフェイスラインが浮き立ち、本当の意味を持てきます。このフェイスラインが効いて橋全体がよりスレンダーに見える、そういう効果を持つようになります。

橋梁形式洗練の検討(変更6)



図30 橋梁形式の洗練(2)

フェイスラインもここまでやって、はじめて生かすことができます。デザインというのは、部分だけ改良してもあまり効果がありません。効果を引き出すためには、全部いじらないといけないということです。ですから、最後にデザインをやって、お化粧直しというのは効果があまりないのです。最初から全体を考え、最後まで仕上げないといけないということです。

このシチュエーションでは、さっき申したように鞘管構造という話がありますから、なかなかこのとおりにはいきませんが、少しの工夫の積み重ねで橋はすっきりするというのが、デザインの定石が教えてくれることです。

このようなことは新しい発見ではなく、実は1940年代に、ドイツのアウトバーンでやられています。こちらは60年代、70年代のオーバーブリッジです。このように形を整えるということは、1970年には全部出そろっております。それをきっちり適用するかどうかだけです。

デザインの定石というのは先人の知恵だと思います。これは勉強すれば頭へ入ってきます。とりあえずこれは知っておく。知っておいて、型の習得をして訓練する。

何のために型を覚えるかという、仕事が早くなるからです。無駄なところに行かなくていいから、効率がよ

いです。なぜ、効率良くするかといたら、先人のその先に我々は事を進めなきゃいけないからです。だから、型を習得する。だから、若いうちにやらなきゃだめだということ。

結局、仕事を組み立てる基本要素としては、地形、気候があつて場所の履歴、これを押さえることで状況が理解されます。その状況の中で設計する準備として、我々アイデアを出す側は、本質をシンプルに把握して応用を効かせる。そのための、型を習得する。そうしておいて、先人の知恵の先へ行こうとする。その先は荒野ですから、全部オリジナリティなんです。やったことのない世界に行くということです。こういうことを日々仕事の中でチェックしながらやっているというのがデザインなんだと理解していただければうれしいと思います。

それでは、富山大橋を見ていきたいと思います。

架替事業です。皆さんよくご存じだと思うんですけども、初めて聞くという方のために概要を用意させていただきました。

昭和11年竣工の橋の老朽化等に伴う架替事業です。市電の軌道を1条から2条へ、車は1車線から2車線へ、歩道も2m×2を4.5m×2へ、総幅員は16.5mから31.3m、倍増にしました。(図31)

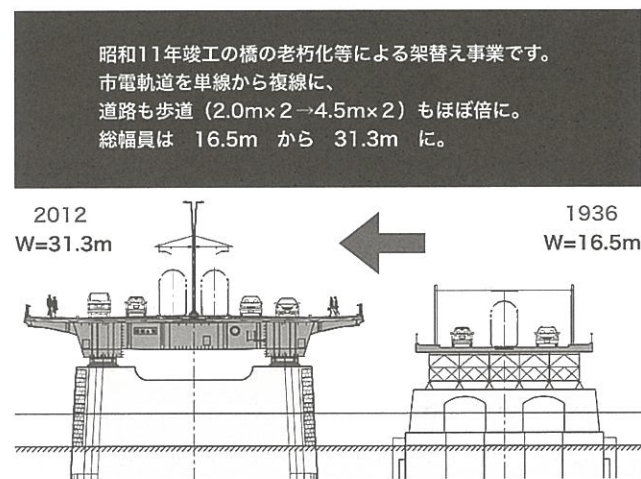


図31 富山大橋の架け替え(変更点)

事業の主な流れは、まず1998年に景観検討プラス橋梁予備設計が始まります。個人的にはここから参加しました。この前にもいろいろな検討があり、いろいろ条件は決まっておりました。予備設計のあと、軌道と床版等の構造検討をして、詳細設計をして、さらにまた修正設

今でこそ、白井芳樹氏が富山の歴史を調べて、本も出されて、この橋が小池啓吉という人物が設計した橋である、といった情報は皆さんの手元に届いておりますけれども、私どもがこれを設計している時はまだよくわかっていない状況でした。

それでも、見るからに何かすばらしく丁寧な仕事がされていて、この橋の姿から感じるものを言葉にまず整理して、その言葉を新しい橋に展開するという方法で取り組みました。

まずリズムです。桁高変化が橋脚ごとにトントントントントントントというリズムが非常にすばらしい。これは新しい橋でも生かしたい。それから、桁と脚、脚は非常に素直ですっきりした形をしている。沓がまた良い味を出しています。足首のようにきゅっと引き締まって、いかにも構造物を支えている緊張感を感じます。加えて、垂直スチフナーが外に出ていることによって、桁に表情がついていると思いました。構造物のリズム、納まり、緊張感、表情、これらは新しい橋でも大事にしましょうということで取り組みました。

リズムですが、支間は倍になり、連続箱桁になり、構造物としては全然違う状況となりましたが、曲線の形によってリズムが出ますので、そこにまず工夫しました。結果的には3次放物線をここに適用しました。2次放物線ですと重たい印象、4次だと尖り気味、ということで、3次だとちょうどバランスであると判断しました。

欧米の橋では、難しい数式の曲線を使うこともありますが、設計する側にとっては、すぐ逆算できる2次や3次等のn次放物線でないと計算が大変なものですから、そういったことも踏まえてこの曲線の形を決めています。これでリズムを確保しました。

緊張感の表現ですが、今は地震の関係とかいろいろありまして、ゴム支承が主流で、四角四面の形になります。すると、以前の橋のような緊張感は出せないんですね。

どうするかということで、桁構造は2本主桁にして、橋脚もハイウォーターより上のところを削って空間をあけて、橋脚が支承を介して桁を支えている緊張感を表現しようとして、このような造形を提案しました。

もう1つは表情です。これはもう如何ともしがたくて、箱桁の垂直スチフナーを外に出すわけにもいきませんので、気持ちよい表情は高欄に任せることにしました。

機能を持っていない化粧的な対応方法で、これは賛否両論があると思います。機能を有することしか許さないストイックな態度だけでは、表情は作れないと割り切りました。無駄と言えば無駄です。ですが、人間ってそんな割り切れるものではないので、この提案に好き嫌いはあると思いますが、我々は高欄に表情をつける選択をしたということです。



図 36 旧富山大橋の側面景



図 37 新富山大橋の側面景

それから、先程フェイスラインが非常に大事と言いましたが、この橋でも色々工夫しています。橋がスレンダーに見える地覆の高さが目立つようにフェイスラインを形成する断面にアール部分を入れたりしています。そこは演出用の照明器具を配置するための工夫でもあったのですが、そういう化粧的なデザインもしています。

加えて、下から見上げたときにやわらかく見えるように、ブラケットに曲線形状をつけています。

それから、人の滞留空間ということで、バルコニーの設置が要望されましたが、すーっと流れるような長い橋の中で、バルコニーを何も考えずに設置すると、そこで

連続性が途切れてしまいます。そうならないように、平面的に三角形状で出して高欄支柱のリズム感が途切れなような工夫を加えて対応しています。

表情という意味では、橋脚の両端に石を張りました。風格が出ると思いましたのと、神通川の流れにも負けない橋のイメージを表現したかったためです。昔の橋では、このように橋脚の端部に石が張ってある事例がありますが、これは化粧ではなくて、流水でコンクリートが削られるのを防いでいたようです。昔のまだ生き残っているコンクリートの橋を見て驚いたことがあります。川の流水に含まれる砂がサンドブラストのように橋脚に当たってコンクリート表面が削れていたのです。それを防ぎ、長持ちする橋にしようということから水に当たるところに石を張って対処していたんだなと思いました。そういったことにもあやかかって、こういう形にしています。

さらに富山大橋の架替事業で特筆されるのは、関連して多くのイベントが企画されたことです。

架設の現場見学会の頻繁な開催のほか、床版ができたときに小学生たちが落書きを描いて思い出づくりをしたり、高欄に小学生たちが制作したガラス玉を取り付ける、といったことが行われています。

また、役目が終わった（旧の）富山大橋に関しては、「ありがとう、富山大橋」との趣旨で、渡り納め式をしたり、花火大会に栈敷を設けて見ていただいたりして、市民の心に残るようなイベントも開催されています。（図38）

開通後も、橋の両岸の地元小学校である五福小学校、安野屋小学校の児童たちが、交互にガラスの高欄の清掃をやっているとも聞いています。（図39）



図 38 旧富山大橋関連イベント



図 39 小学生による高欄の清掃

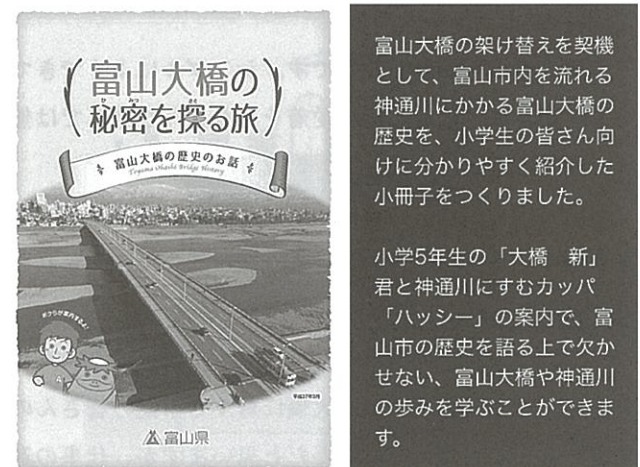


図 40 小学生向け事業説明用冊子

最近、久しぶりに富山県のホームページを見てみますと、こういう冊子が出てきまして、本当にびっくりしました。（図40）「富山大橋の秘密を探る旅」という冊子で、去年でき上がって、多分小学校に配られているのだと思いますが、「富山大橋の架け替えを契機として、富山市内を流れる神通川にかかる富山大橋の歴史を、小学生の皆さん向けに分かりやすく紹介した小冊子をつく

りました。小学5年生の「大橋 新」君と神通川にすむカップ「ハッシー」の案内で、富山市の歴史を語る上で欠かせない、富山大橋や神通川の歩みを学ぶことができます」ということで、すばらしいパンフレットができていて感激しております。

改めて、富山大橋にかかわることができた設計者の一人として大変光栄に思いますし、よくできた橋になったなど、とても誇らしく思っています。

さて、振り返ってみますと、通常の設計では、ここまでできなかったらと思うと思います。こういう言い方をすると誤解を受けるかもしれませんが、通常の橋の設計はほとんどが経済性優先設計という形で進んでいます。基本的には、道路計画決定が終わりますと、架橋位置、線形等、ほぼ決まります。その段階で橋梁予備設計が始まります。何径間がいいのか、形式選定はどうする、アーチがいいのか何がいいのか、材料はメタルがいいのかコンクリートがいいのか、そういったことを予備設計で検討し、最終案を選定し、その案で詳細設計を実施していきます。しかし、ここには、場所の履歴をどうしましょうかとか、入ってくる余地は余りないんですね。

この写真は、富山大橋と同じような旧橋、1930年竣工で、同じように非常に表情もあって由緒もある橋の架替工事のものです。

上側の赤い橋が新しい橋です。シンプルによくできていますが、表情に乏しく、愛着を生むような感じでは無いように思えて、心配になります。

富山大橋も、通常の設計手順でしたら、ある手順を踏まなかったら、もしかしたらこうなっていたかもしれないと思うとぞっとするわけです。

では、なぜ富山大橋はそうならなかったのかということを考えてみました。富山大橋に対する市民の皆さんの愛着があった点は大きなことだと思いますが、仕事の進め方においても、2つの要因が大きかったと振り返っております。

1つは、予備設計の前に、つまり、形式決定をする前に計画検討委員会を立ち上げて、どのような橋の姿がこの場所にふさわしいか、エンジニアリングの側面以外の、文明上、文化上、市民感情のことなどを、しっかり吟味する場を設けたことが大きかったと思います。

もう一つは、後戻りできない詳細設計の直前に、先の計画検討委員会の答申を受けて、進めてきた設計案に対して、再度、一旦解散している委員会の委員長に、これでよかったですねと確認する場を設けたこととっております。通常はやらないこういう手続きを事業者様が主体的に企画し実行されたこと、これが大変大きかったと思います。

当初の計画検討委員会では、従来どおりの機能性を満足するだけではなくて、立山連峰の眺望を確保すること、絵になる橋にしたいこと、人がたまる場所を整備すること、の3つが設計条件として正式に位置付けられました。これは言葉を換えると、設計への要求性能として設計者に課せられたといえます。その結果として、この3つを実現するコストは、事業推進に必要なコストであるとの認識が共有されて、この3つを実現するのに馴染まないコストカット案、例えば、絵になる橋にならなくていいから、高欄は安い市販品でいいよ、という話がなくなりました。

誰しも、結婚式に出席する場面と、家の周りを散歩する場面では、出かけていく状況に応じて着ていく洋服選びが変わるように、橋に対するコストのかけ方も橋が架かる状況に応じて変えるのが自然だと思います。その定義が、当初の計画検討委員会でされたと思います。結果として、それを実現するためのコストは必要コストですよという合意がそこでできたことになったと思います。それが効いたと思っております。

このスライドは富山大橋の平成11年度の委員会の報告書の抜粋ですが、さっき述べた3つの方針が書いてあります。推奨案の表現は、桁高変化を有する鋼の桁橋ですと淡々と書いてあります。何径間かも書いていないです。予備設計で決めてください、というやわらかい立場です。

ただ、デザインに留意すべき項目として、桁高変化のあり方、ブラケット形状、高欄とフェイスデザイン、と必要十分な項目を列挙して、そういったこともよく考えてください、と書いてあります。加えて、橋脚デザイン、橋面デザイン、ライトアップ、色彩計画、さらには橋詰と周辺整備についても注文が書いてあります。これらが要求性能として書かれていて、これを実現する予備設計が始まりました。

しかしながら、実際の子備設計段階では、エンジニアリングの要求が色濃く出てきて、当初は2箱桁2支承でやりましょう、ということでしたが、市電が通っている真下に桁を置きたいということで3箱桁3支承の橋に変化していきました。それはその方が安全に思えますから、当然かもしれません。しかし、技術というのは、設計条件を決めればそれに対応した設計で応えることが出来るので、科学的な安全性についてはいずれの方法も同等といえ、2箱にするか3箱にするかというのは、設計において何を重視するのかという哲学的な課題になってしまいます。

その解決を求めて、当初の計画検討委員会の委員長にアドバイスを求めたという手続きを実施したわけです。そこで、「2支承にして橋脚上部に空間をあけるとするのがこの場所では効くので、もうちょっと何とか考えてもらえないかな」という助言をいただいて、またそちらの方向で設計の更新をしています。これによって、当初に定めた要求性能が実現したという経緯があります。

その際の主要な議論が、主桁本数、支承配置、橋脚形状です。まさに橋梁の構造設計の本質がデザインの問題として議論されました。富山大橋はそれをしっかり手続きとしてオープンに議論しています。3箱桁3支承と3箱桁2支承という形の比較検討が、模型とパースによって吟味されました。こういう手続きがあったということがすごく大事なことだと思います。

おさらいとして、計画当初からの変遷を見てみたいと思います。(図41～44)

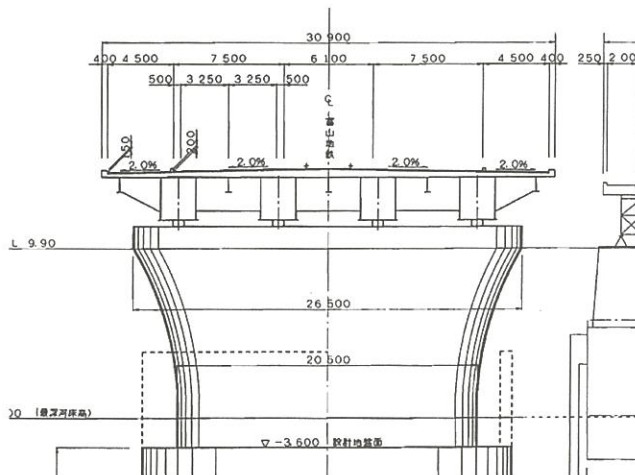


図 41 桁断面と橋脚形状の変遷 (1)

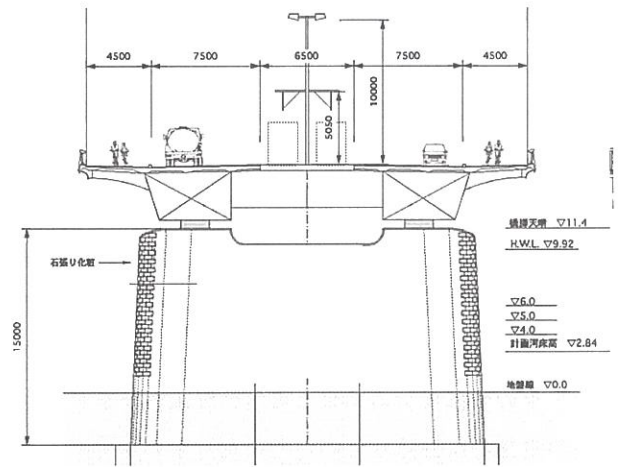


図 42 桁断面と橋脚形状の変遷 (2)

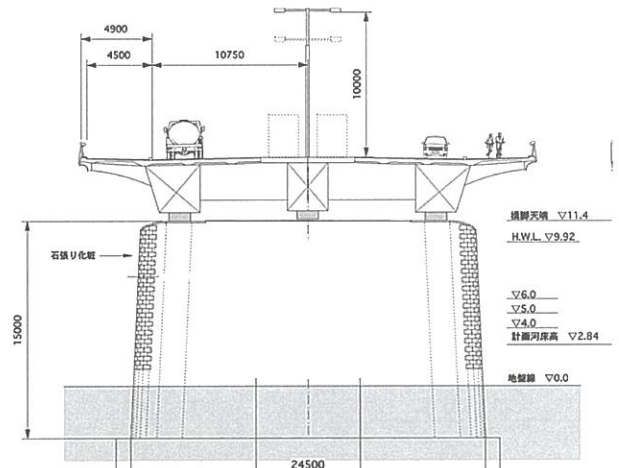


図 43 桁断面と橋脚形状の変遷 (3)

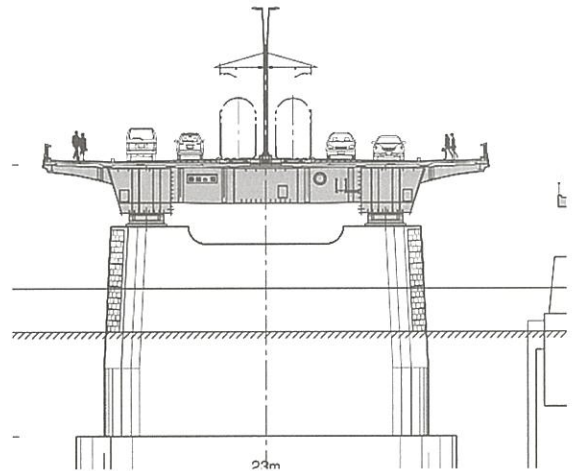


図 44 桁断面と橋脚形状の変遷 (4)

これが平成11年度の委員会を始めるときに前提となった案です。4箱桁で、壁のような橋脚です。これをデザインの観点から2箱桁2支承の桁にすっきりした橋脚を組み合わせる案が出てきました。次は、市電の直下に桁を置く3箱桁3支承案が出てきます。そして、最終的に、3箱桁2支承の桁にすっきりした橋脚を組み合わせる案になりました。

この議論が一つの価値観に基づいてクローズに行われたのではなく、手続きに基づいて、外部の価値観を取り入れながら実施されたことが、富山大橋の事業手続として特筆されると思います。(図45)

通常であれば、道路計画決定があつて、橋梁予備設計があり、橋梁詳細設計して着工となります。この予備設計の前に、計画検討委員会を開催して、いろんなことを考えて要求性能を整理した。それに基づいて予備設計をした。その予備設計の結果を再度、要求性能を考えた委員会の責任者に確認していただいた。このフィードバックもされたことが大事なことだつたと思っております。

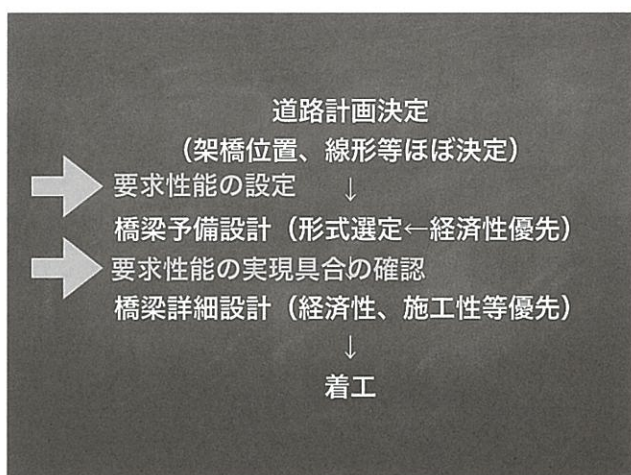


図45 通常事業の流れに追加された手続き

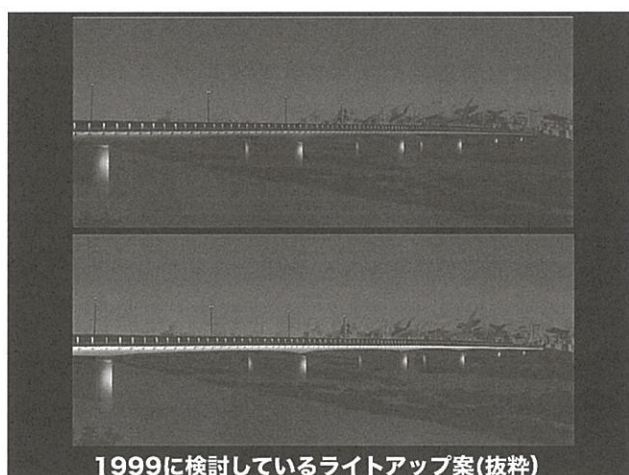
昨日の夕方、富山大橋の夜景を見てきました。(図46) 高欄笠木に取付けた歩道照明は高欄のガラス部分で外にも漏れて橋の夜景を彩るようにしています。これは1999年の計画当初から橋全体の夜景を演出するライトアップデザインの一部として考えてしつらえたものです。このスライドに見るように、これに桁の側面を照射するものを加えると当初のイメージが実現します。余談ではありますが、富山県においても投資余力が出来ましたら、このような夜景の実現も検討いただければと思う次第です(図47)。

従前の富山大橋のライトアップは器具の光がまぶしかったので、そうでないライトアップを意識して提案しております。



2016/11/16の夜景

図46 富山大橋の夜景



1999に検討しているライトアップ案(抜粋)

図47 ライトアップ検討時のパース(2案)

最後に、デザインとは何かということ、本日のまとめとしてお話しさせていただきます。

ある先生の言葉ですが、デザインとは「見えてはいるが、見えていないものを見えるようにする」こととありました。「見えてはいるが見えないもの」とは、まさに「地形」と「気候」と「場所の履歴」だと思います。冬の立山連峰を富山の市街地を前景に眺望、できるのが富山大橋のひとつの特徴ですが、そこにはこれら3つの要素が網羅されています。この風景に土木デザインの成果が凝縮されています。

土木デザインの仕事には正解がありません。解は考えただけありますが、実現できるのは1つだけです。どの解が最も価値を生むのか、具体案をたくさん考えて、その中からひとつを選ぶ行為がデザインです。そして、選んで、施工していただいて、見えるようになったときに初めて、良かったとか、駄目だったとか、市民の方々から言われる訳です。プロセスはほとんど評価されません。

だから、勇気が不可欠です。前例踏襲では創造性は発揮されず、出来たものもただの便利な道具として、人々の心には何も働きかけず、したがって愛着も生まれません。インフラを利用する場面で、利用の楽しみを組み込むためには、土木にもデザインの考え方が不可欠で、その実行のためには前例踏襲を乗り越える勇気が必要である、ということかと思えます。

先程も話しましたが、うまくいった仕事は、プロセスに時間をかけている例が多いように思います。一般業務では、富山大橋のように委員会を設けているいろいろな価値観を議論し合意形成する段階で時間を使っています。一方、コンペで選ばれた案は、とんとん拍子に行くことが多いですが、それは、コンペを開催する側では要項づくりに、提案する側では、提案そのものを考え抜いて提案していますから、双方合わせて十分な時間も労力も充てられています。

通常の手続きに約半年から1年ぐらいの余裕を設けることで、予備設計前の土木デザインは大きく前進します。これからの事業にも、富山大橋のような手続きを、是非組み入れていただけるようお願いいたします。

さて、皆さん、発注者さんは通常、2年か3年で部署を異動されます。デザインというのは合意されたコンセプトを継続することが大事ですので、手続きに則って継続する仕組みがほしいところです。そうでないと、担当者が替わるたびにコンセプトが変わるといったことになります。まずは、予備設計前に、工学的な示方書やマニュアルに記載されていない、市民の側からの要求性能を定める手続を確保することを検討いただければ、と思っています。

先日、面白い記事を見つけました。「谷底まで200mの橋、建設で最も怖いのは「住民」～開発と環境の両立、スイス流の答えとは～」というものです。

直接民主主義のスイスでは、気に入らない公共事業があると、ある程度の人数を集めて、あの事業をやめさせろという請求ができるそうです。実際にそういうふうにしてやめさせられている事業もあるそうです。

ですから、プロジェクトマネジャーは、技術的にも難易度の高い仕事をこなすだけでなく、住民にストップをかけられるという怖さを考えながらやっているということだそうです。すごい国だなと思いました。

記事には「スイス土木建築協会の副会長は次のように話します」と書いてあります。

～スイス人は地形的なこともあって土木へ高い注目があり、橋やトンネルは非常に重要です。そして「環境にフィットしたものをつくらねばならない」という価値観があり、点と点を結ぶだけではなく、「環境の一部」としてつくります。そのため、同じ橋は二つとないはずで～、とありました。

このタミナ橋もデザインコンペを経て選ばれた案で、プロジェクトマネジャーもそのコンペにおいて、「自己主張の強いものは排除し、和を重視した」とのことだそうです。

このスイスの記事を見て、例えば橋における、予備設計を経て詳細設計へと繋がる、工学的にしっかり組み立てられた仕事の流れに対して、人文的、文化的な、あるいは住民の本当の気持ちを探るといような要求性能の設定を、出来るだけ早い段階取り入れていくのが、これから土木に求められているとの思いを強くしています。一方、このことは、今回説明しました富山大橋では実現できていることですので、これを遍く実現していければとの思いを強くしています。

そして私達、提案する民間企業としては「見えてはいるけれども、見えないものを見えるようにする」提案スキルを、さらにしっかり磨いていきたいと思っております。

私の話は以上でございます。ご清聴ありがとうございました。