

舞の橋歩道橋の計画と設計

井出 滋*¹・大山 光三*²

はじめに

本橋は多摩ニュータウンの西部地区の京王相模線「南大沢駅」と東京都立大学新キャンパスを結ぶ歩行路（プロムナード）線上に建設されたPCの歩道橋である。

多摩ニュータウンの建設は、この地域の恵まれた自然環境と調和した「住む機能」のほか、教育、文化、業務、商業の機能も備えた新市街地の形成を目指して整備が進められており、すでに計画人口の約半分にあたる15万人が居住している（図-1）。

この橋は単に学窓へのアクセス道路の一部であるに留まらず、地域住民が南大沢駅や、その周辺施設への交通路として利用する、ニュータウンのデザインのうえで重要な施設である。したがって、橋の計画、設計にあたっては、次のような命題が与えられた。

- 1) 「東京都における福祉のまちづくり」を象徴するものであること。
- 2) 南大沢地区センター計画の一環として周辺の景観との調和を図ること。

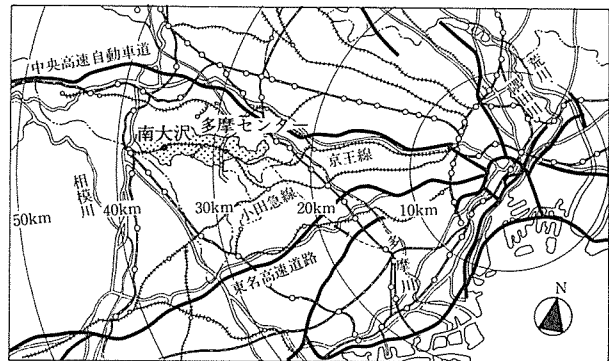


図-1 位置図

- 3) 南大沢地区センターと東京都立大学とのイメージの連続性を保つこと。

このため、橋梁のデザインは地区センター計画に携わった建築家と土木技術者との共同作業により練られる手法が採られた。

本稿ではデザインとエンジニアリングとの関わり、その作業過程や成果について報告する。

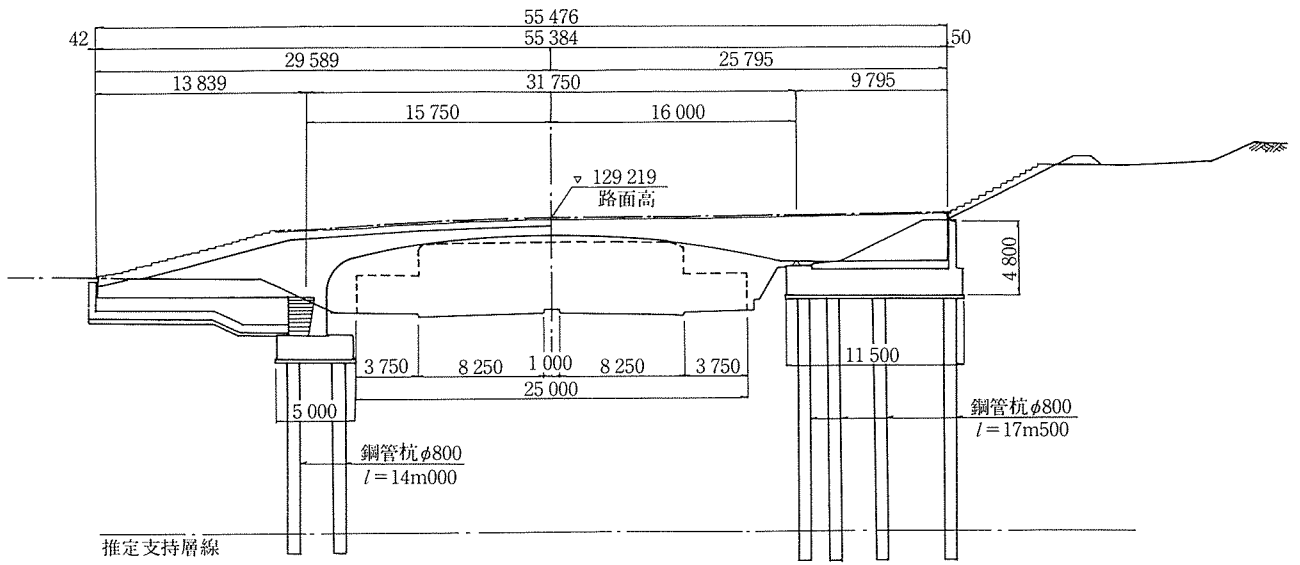


写真-1

*¹ Shigeru IDE：東京都多摩都市整備本部宅地造成事務所土木施設課長

*² Kozo OHYAMA：東京都多摩都市整備本部宅地造成事務所宅地造成課主任

側 面 図



平 面 図

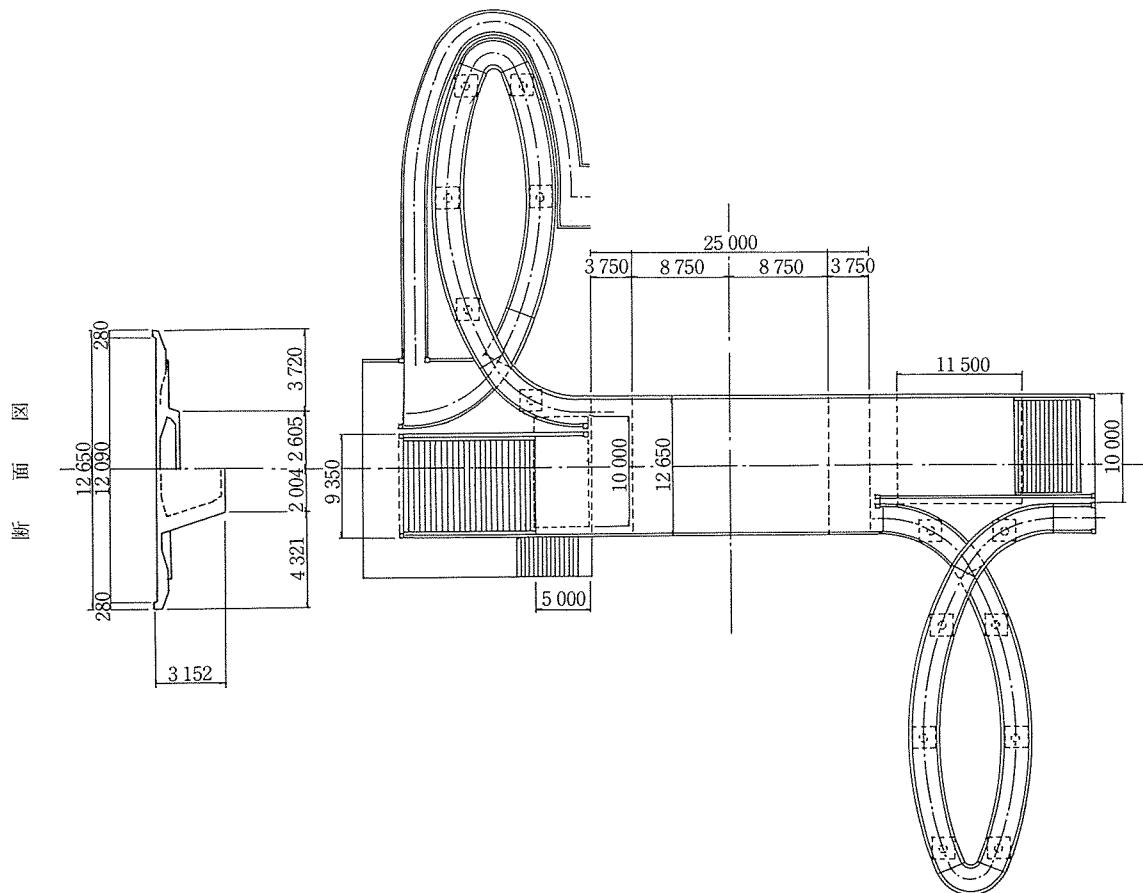


図-2 一般図

1. デザインとエンジニアリング

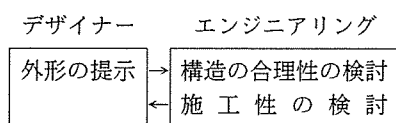
カタカナ文字のデザインという用語は英語の単語の持つ設計、意匠、筋書きなどの広い意味と異なる用いられ方がなされているので、タイトルの付け方に戸惑いを感じた。しかし、ここではデザインは建築家の仕事、エンジニアリングは土木技術者の仕事とさせていただきたい。

最近まで、土木技術者の仕事に意匠に対する配慮などは少なかったが、今日では土木部門でも景観が重視されるようになってきている。そこで、さまざまな工夫がなされ、デザイナーが関与するケースも多くなっている。しかし、デザインとエンジニアリングを分けた場合にはトラブルも多いようである。

例えば、

- ・エンジニアリング部門の都合でデザイナーの意図が無視される場合。
- ・デザイナーの構造に対する知識の不足から、意図した構造形式が一部分にしか使えない場合。
- ・デザイナーの発言力が強すぎたため不合理な設計がしいられた場合。

したがって、このようなトラブルを防ぐため、業務の推進手法は同時作業方式とし、下のように進められた。



共同作業におけるエンジニアリング側の基本姿勢は次のようにした。

- ① 形状が美しいとされてもエンジニアリング側が力学的な合理性に欠けると判断したものは、施工が極めて困難なものは採用しない。
- ② 建築家が提示したデザインコンセプトを努めて大切に、多少困難な点があっても設計、施工可能であれば実現させる。
- ③ 形状のアウトラインを重視しつつ、エンジニアリングの段階で合理性と両立させるべく図る。
- ④ 橋面から上（舗装、高欄、照明など）のデザインは全面的に建築家が決定する。

これらの基本姿勢を決めるにあたり、最近の乗用車など、工業デザインに用いられている手法がイメージされ

た。すなわち、最初にエクステリアデザイン（外形寸法）を決定し、このために制約された空間に新たに設計したエンジンなどを押し込む、技術開発を前提とする困難な手法である。

要するに既に決定されたデザインコンセプトがエンジニアリング段階において骨抜きされないためには、エンジニアリング部門がこのようなイメージを持ち、積極的な協力体制を敷くことも必要であろう。

2. 外観の決定

2.1 デザインコンセプト

建築家が与えた、この橋のデザインコンセプトは次のとおりである。

* ヒューマンスケールの橋

人のつどう空間に圧迫感を感じさせないストラクチャーとする。

* あげうらの美しい橋

橋のあげうらは、橋の下の空間の天井である。橋の下の空間に美しい天井をつくる。

* スロープの融合

スロープを積極的に全体デザインの中に取り込む。健常者でも歩いてみたくなるようなスロープを計画する。

* 装飾的デザインの回避

デザインするということと、装飾するということは全く違う行為であり、何の装飾もない従来の橋梁にも美しい橋は数多く存在する。見せかけの装飾を行わないように計画する。

2.2 外形寸法の決定

- 1) 駅前から大学に向けて水平なプロムナードを設けると、大学と駅前広場のレベルに高低差があるため、橋全体に勾配をつける（坂道とする）か、階段を用いるかの2通りの選択となる。ここでは橋の前後に同じ程度の高さの階段を設けた（図-3）。

その理由は道路空間にアクセントを与えるためである。すなわち、古くから神社などへの入り口の部分には空間を分ける機能（俗界→神域）のために、結果と呼ばれる障害物のような急な階段やタイコ橋が設けられるが、この橋にも、社会→大学のように異質な空間の境にあるため、同様のイメージを持つことができる。

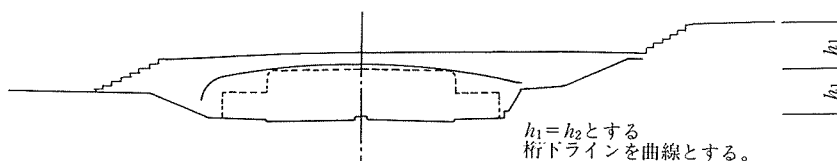


図-3 初期のデザインコンセプト

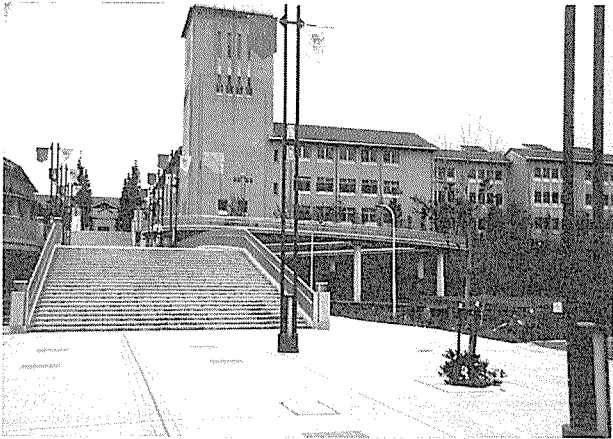


写真-2

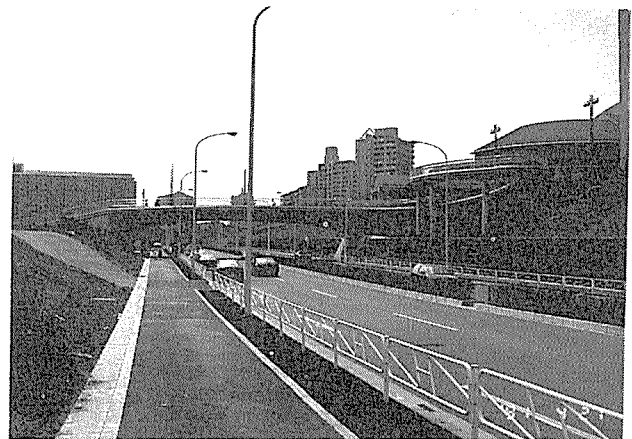


写真-3

このように空間のアクセントとなるべき性質の階段であるため、踊り場の存在はなじまない。そこで橋面に排水勾配を兼ねたわずかなスロープを付けて高さを調整し、踊り場を省いた。

- 2) 橋の前後に階段を設けたことは身障者、自転車の通行に障害となる。これを解消するため、交差道路の両側の法面上のスペースを利用して、特色のある楕円状（複合円）の斜路を導入する（図-4）。
- 3) デザインコンセプトとして桁下のラインはアーチ状とすることが提案された。また、桁下のラインは曲線であるが、部材のコーナーなどのディテールには曲線（サークルコーナーなど）を用いず、直線で構成された角ばったものとする（図-5）。

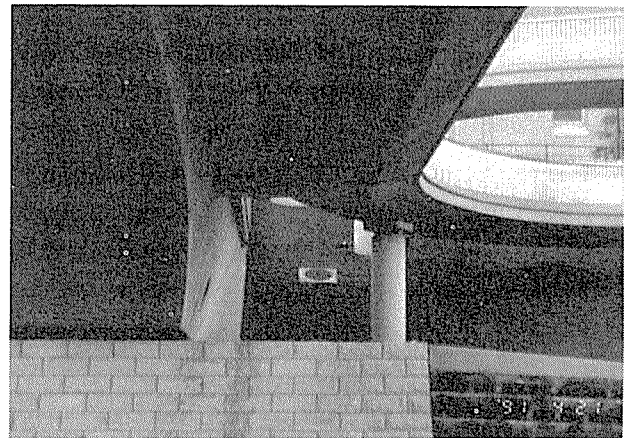


写真-4

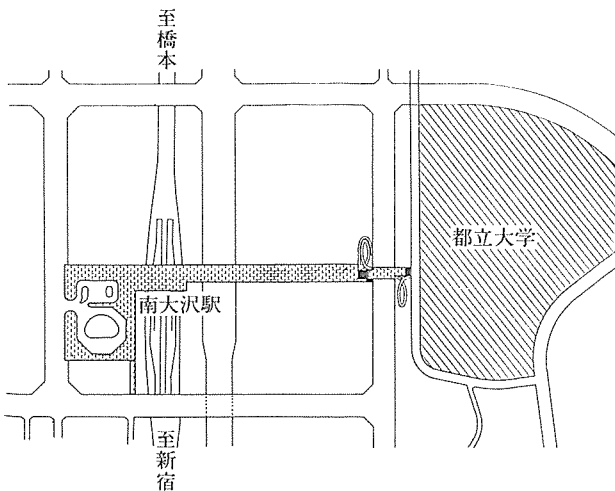


図-4

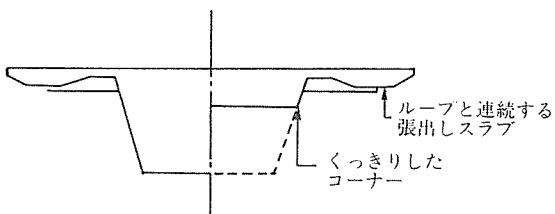


図-5 断面のコンセプト図

- 4) 極力張出しを大きくし、かつ、逆台形の桁断面を採用することにより、構造全体に立体感と陰影のあるものとする。また、斜路と桁の取合い部などに非連続な箇所が生じないようにする。
- 5) 石材による舗装の連続性を損なわないため、橋面には Exp. Joint のような継目となる箇所を無くする（具体的には階段下端に設けるなど）ように形状寸法を決定する。
- 6) 桁下や張出しの下が法面などに接近する（低くなる）部分の狭くて暗い空間は、擁壁で囲うなどの工夫をした（図-6）。
- 7) 排水管、照明灯用ケーブルなどを見えないようにする（予め設計図に記入し、施工後に配線を張り付けることなどを避ける）。

多くのスケッチや模型も交えての協議を重ねた結果、以上がデザイン部門とエンジニアリング部門の主な合意項目となった。

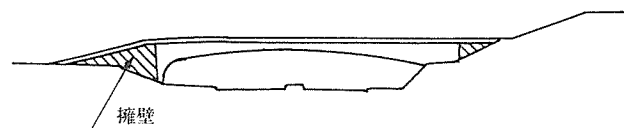


図-6

3. 主構造の決定

3.1 構造形式の選定

全項で述べたデザインコンセプトはすべてオールステージング施工のコンクリート橋を前提としてつくられている。

これは次のような判断による。

- ① この橋のように支間 30 m 程度では応力的に大きな問題は予想されない。
- ② 橋が建設される場所が丘陵地で地盤条件が良いため、橋の自重の大きさが問題とならない。
- ③ 橋の下の交差する街路の交通止めができる。
- ④ 場所打ちコンクリート橋は造形が自由。
- ⑤ 支保工が低いので、基本的に経済的になる。

主構造の形式決定にあたっての最大の制約条件は、橋の前後の階段を各々等しい高さ（約 3 m：踊り場が不要な範囲）としたため（図-3）、支間中央における桁高を低くせざるを得なかった点にある。

すなわち、橋面（デッキ）の位置を橋の起終点の地形上の高低差を概ね 2 分割したことが橋のたたずまいを良くしている反面、桁下の既設の街路の高さは変えられな

いので、橋面と街路の建築限界との間、つまり構造高が約 1.3 m しか得られないこととなった。また、デザインから桁下ラインをアーチ状とすることも、街路の建築限界との関連で中央部の桁高を制約する条件となった。このため、構造形式の決定は支間部のモーメントを減らせる形式を中心に考えた。結果として次の 3 案の構造形式が検討された（図-7）。

第 1 案) 片ラーメン橋

第 2 案) 門型ラーメン橋

第 3 案) 変断面 PC 箱桁（張出し付き単純桁）

門型ラーメン形式（第 2 案）は両側の脚注の拘束により、支間部のモーメントをわずかに（100 tm 程度）減らすことができ有利である。しかし、起終点の地形の高低差から、構造全体に偏った土圧が作用する点、および、橋面の目地が景観を損なうので採用しなかった。

また、単純桁形式（第 3 案）は、図-8 に示すような、支承間隔を拡げる措置が必要となるが、これは景観を損ない（デザイナーの意見）また、とくに構造上の利点も生じないので採用しなかった。

したがって、結論として第 1 案を採用した。

3.2 採用した構造について

最終的に PC 片ラーメン構造を採用した理由を改めて整理すると次のとおりである。なお、ここでは便宜的に片ラーメンという通称的な用語を用いる。

- 1) 張出しが大きく、かつ、逆台形の桁断面を採用したことで構造全体を転倒させないため、ラーメン構造として、基礎杭によって転倒防止を図った。
- 2) 起点側（駅側）の地盤面が低く、終点側（都立大学側）が高いため、ポータルラーメン構造を採用した場合には、構造全体に偏土圧（作用力として不明確）が作用する。よって、都大側に橋台を設け、上部工への土圧の作用を避けた。この構造では、一方の支点が上下部剛結となっているので、他方の支点の支承間隔が極端に狭くても、箱桁のねじり剛性によって転倒することはない。
- 3) 都立大側を上下部分離構造としたことは、両端固定梁の一方の端にヒンジを挿入したことに同じであり、支間中央部のモーメントが大きくなり不利である。この対策として、橋面積が拡がる難点があるが、支点部からの張出しを大きくすることで対応した。
- 4) 路面の途中に景観を損なう Exp.Joint を設けないためにも、都大側の桁の張出しは必要である。なお、橋長に端数があるのは橋面の石張り工のピッチ割りを重視したためである。

まとめると、橋梁の面積はやや大きくなったが、偏土圧を避けつつ支間部のモーメントを減じ、かつ、路面か

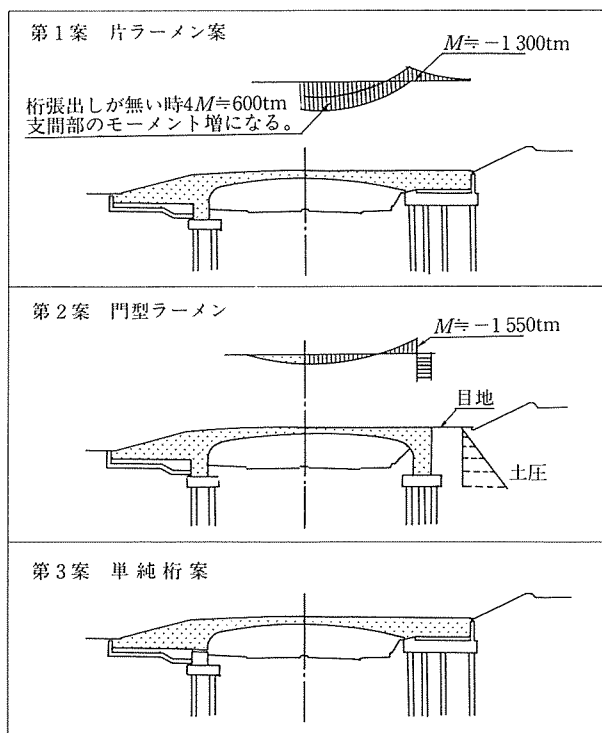


図-7

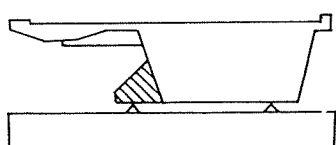


図-8

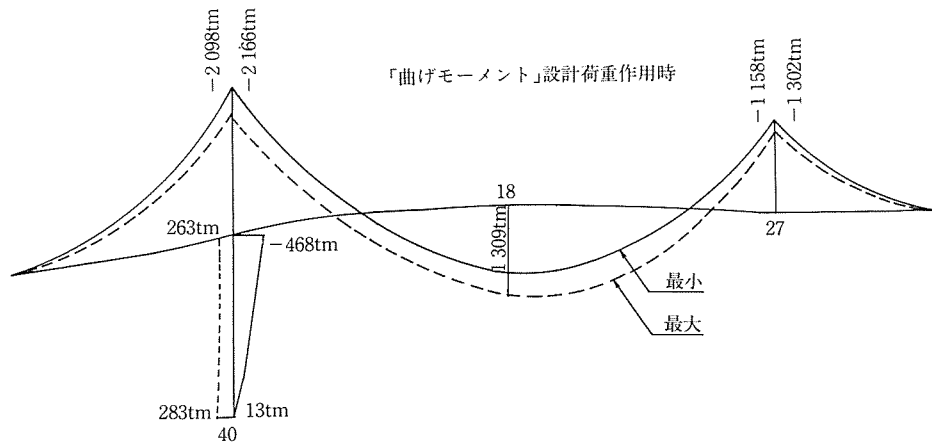


図-9

ら景観を損なう目地を除くことができた。

以上の説明と作用モーメント図から、この構造の合理性が理解されるであろう(図-9)。

また、 A_2 橋台の杭本数は基本的に鉛直力により決定されるが、その杭本数で受け持つことが可能な水平力(土圧、地震力)を A_2 橋台に負担させることが A_1 橋台の杭を減らすための合理的な手法であると考え、 A_2 側の支点に水平反力分散ゴム支承を採用した。 A_1 橋台が剛結構造であるにもかかわらず、結果として A_2 橋台の水平力の負担率は以外に大きくなり、約 40% となった。

なお、ゴム支承による水平力反力分散のため A_1 橋台の杭本数が減り(基礎全体の剛度が減り)、また、 A_2 側にゴムの鉛直バネが加えられたこともあつて、橋梁全体の支点条件が柔らかくなった。このため、広幅員の片ラーメン構造を採用する時点で危惧された「支点条件の違いによる桁への過大なねじり力の作用」は避けられた。

結論として、この地形条件で、大きな土圧力の作用する逆 T 橋台の上に載った単純ポステン T 桁橋など、従来の形の橋を採用しても、工費の差は殆ど生じない程度の構造的合理性が得られている。

4. ループ斜路

4.1 斜路の構造

前述したデザインコンセプトからもループ構造の斜路の計画が重視されたことが理解されよう。これが、この橋の特色となっている。

上部工を楕円状に立体化したことにより、構造全体が転倒しなくなったことから、1橋脚に1支承とでき、図-10に示すような簡単な構造となった。

PRC 構造の楕円状(複合円)のループ全体は温度による伸縮、乾燥収縮、およびクリープ変形にフレキシブルに対応するため、一体成型のゴム沓で支えられている。また、この種の高さの変化する橋脚群では、曲げ剛

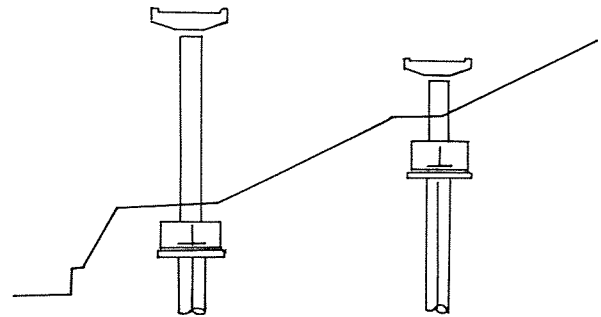


図-10

度の差から、背の低い橋脚が地震時水平力を負担する率が大きくなる傾向にある。しかし、高い橋脚→小さい水平力×大きな曲げモーメントアーム、低い橋脚→大きい水平力×小さい曲げモーメントアームとなるため、結果的に脚柱下端の断面力のオーダーが揃った。

しかし、多少のバラツキは避けられないため、支承のゴム厚を選定することで基礎杭が統一できた。

4.2 ループのデザイン

ループ斜路のデザインは、薄い逆台形状の断面のループ状のスラブを6本の円柱($\phi=700$)で支えた形である。

ここでの設計上でのポイントは下記の4点である。

- ① 通常の RC では施工が困難なループ状のコンクリート構造を、PRC とすることで達成している点。
- ② 上部工と下部工との接点、上部工間(本橋と斜路)の接点に通常の桁受を設けず、ゴムのヒンジを取り付けた点。
- ③ 地覆によって踊り場による勾配の変化を見せないようにした点。
- ④ 楕円状ループの先端から下がった位置に柱を設けた点。

【①について】

薄い曲線のコンクリートスラブを支間 10 m 程度で支えた構造のため、ねじりなどを考えれば D 25 程度の主

鉄筋が配置されることが予測できる。これは、数多い太径鉄筋を同心円となるよう加工することを意味するため、施工は困難である。PRC 構造とすれば鉄筋が細くなるので、現場での鉄筋組立は容易になる。

【②について】

跨線橋に取り付けられた段階などに見られる支承の受け台のようなものが橋の構造景観を損なっているケースは多い。これは構造の視覚上の連続性を断ち切るためであり、また、裏側のような印象も与えることにもなる。ここでは図-11 に示すようなヒンジを工夫した。なお、スラブが薄く、ゲルバーヒンジのような構造は採用できない。

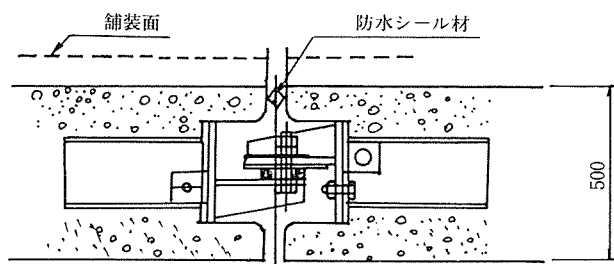


図-11

【③について】

斜路であっても車椅子に対応するための踊り場を設ける必要がある。しかし、このためにスラブ状のビームに折れ点が生じると外観を損なうと同時に PC ケーブルをストレートに通せなくなる。それゆえ、橋面舗装や地覆高に工夫して、踊り場による勾配差を吸収した。

【④について】

空中で U ターンするような印象にすることで形状がスマートになると同時に、応力状態が複雑な急カーブの部分に支点反力を作用させないので合理的である。

5. 施工について

場所打ちのコンクリート箱桁橋で、立体感のある形態の断面を選定し、あげうらの美しい橋を作ることを意図したとしても、型枠の跡が食い違っていたりすれば成果が損なわれることは明らかである。また、曲線構造のループについても同様である。

そこで、予め型枠の展開図と配置図を作成し、必要な箇所については事前にプレス加工を実施した。また、リブのついた張出し部があるため、箱桁のコンクリートの打継目が桁の側面に出ないように、リブの上縁にするなどの工夫もした。

さらに、現在の人手不足により、複雑な形状の場所打ちコンクリート桁の施工がコスト面で企業の負担になることも予測されたため、発注に先立って PC 建設業協会に加工度の高い型枠部分の費用算出手法についての資料

を求め、工費の積算に反映した。

この種の橋では、排水管を見えなくすることや、電気の配線を埋めるなど、建築の手法が用いられているので、施工時の管理には、従来の土木的な手法より高度なものが要求される。

ま と め

最近、橋の構造景観が重視されることが多くなったため、いわゆるデザイナーが土木部門の構造設計に関与することが多くなってきた。しかし、このためのトラブルも生じているようである。これは、デザイナーとエンジニアリング部門との意志の疎通を欠くことに原因があるようである。

この橋ではとりわけ景観を重視する必要があったため、そのようなトラブルを避けるべく、終始同一メンバーを維持し、お互いに納得したうえで共同作業を進めてきた。これによって、写真に示したような特色のある外形と構造的な合理性が両立した橋ができたと思う。

また、建築家の外形に対する強いこだわりは土木技術者にとって大いに参考になった。土木技術者のみで、この橋のような立体感のある断面形状を計画することは極めて困難であることが実感される。

さらに、ここでは構造形式を決定した経緯や、構造の特色についても述べた。現在では、この橋のように橋面のタイル割りで橋長が決められた橋があっても許されるであろう。橋の特色である支点からの長い張出しは、タイル割りや橋面に伸縮装置を設けないようにする景観上の目的と支間部のモーメントを減らす目的を両立させている。

外形的に最も印象的と思われる楕円状の斜路には、ゴム支承の活用と PRC 構造を採用したことにより達成されたものである。通常の折返し通路にせず、ループにしたことにより立体的な外観が得られ、かつ、構造全体が転倒しないようになったので、簡素な外観の 1 橋脚 1 支承とすることもできたと思う。

本橋は平成 3 年 4 月に無事竣工し、東京都立大学の新キャンパスのオープンに合わせ、4 月から共用を開始し、多くの人に利用されています。

計画、設計の手法も、また、構造形態のうえでもユニークな PC 橋であり、本報告が今後同様な施設を創る際、何らかの参考になれば幸いです。

最後に、本稿をまとめるにあたり、協力頂いた、設計担当機関の大高建築事務所および（株）構造技研、そして限られた期間で複雑な構造の橋を完成に導いた住友建設（株）および日本海洋土木（株）の関係各位に心から謝意を表する次第です。

【1991 年 9 月 13 日受付】