

代官山人道橋のデザイン

鈴木圭¹, Filippo Brogini²

¹ 正会員 株式会社 アバンアソシエイツ (〒150-0002 東京都渋谷区渋谷2-1-5)

Email:suzukke@aaa.email.ne.jp

² 非会員 Blue Office (Vicolo pasta vecchia 5 Bellinzona, 6500 Swizerland)

「代官山アドレス」は、旧同順会アパートの跡地に住民主導で実施した再開発事業であり、公共施設、商業施設、住居を含む複合型都市施設として2000年8月にオープンした。代官山人道橋2橋は、代官山市街地再開発の条件として計画され、中心広場であるセントラルプラザと代官山駅ならびに同駅跨線橋を結ぶ歩道橋である。景観デザインを実施するに当たり接続条件、交差条件、架設条件等様々な課題が存在した。これらを事業者、建築家、移管後橋梁管理者等との協働で解決しながら、施行に至るまで一貫してデザイン監理を実施した。本論文は、各設計プロセスにおける課題を整理し、それを解決するためにどのような発想や協働によってデザインおよび構造を考え、具体化していったのかを述べるものである。

キーワード: 歩道橋, 景観設計, コンセプトデザイン, 自旋式吊り橋, T型ラーメン

1. はじめに

旧同潤会代官山アパートは、1923（大正13）年に発生した関東大震災の災害復興アパートとして、「壊れにくい、燃えにくい住宅」を目指し、（財）同潤会が代官山女学院跡に建てた鉄筋コンクリート製のアパートである。1927（昭和1）年から1928（昭和3）年に竣工し、全36棟337室、部屋は2Kを中心とする近代的集合住宅として先駆的な仕様を備えていた（写真-1）。娯楽室、食堂、水洗トイレ、ダストシュート、自家水道施設、児童公園や公衆浴場等を完備し、当時のまちづくり精神が活かされていた¹⁾。完成後50年が経過した1980（昭和55）年、インフラ設備の老朽化と生活環境改善のため、建替えを検討する「再開発を考える会」が町会役員を中心として設立され、1983（昭和58）年には住民代表とし

て谷口壮一郎氏を理事長とする「再開発準備組合」が発足した³⁾。旧同潤会アパートの建替えは、都市再開発法に基づく組合施行の事業方式であり、様々な利害関係者との調整や地権者全員の合意形成を粘り強く図っていかねばならなかった。資金調達は大きな課題であったが、地下変電所の建設を前提として東京電力が事業協力者として参画し、高層マンションを建設して分譲するデベロッパーとして鹿島建設と大成建設が加わったことにより、事業のめどが立った。建物の設計は日本設計・NTTの2社が担当し、36階建の超高層住宅を中心とした集合住宅501戸と商業施設、公共施設等を備える都市居住空間となった。ランドスケープの基本計画は、ニューヨーク近代美術館を設計したロバート・ザイオン氏が担当した。

代官山人道橋2橋は、高低差のある「代官山アドレ

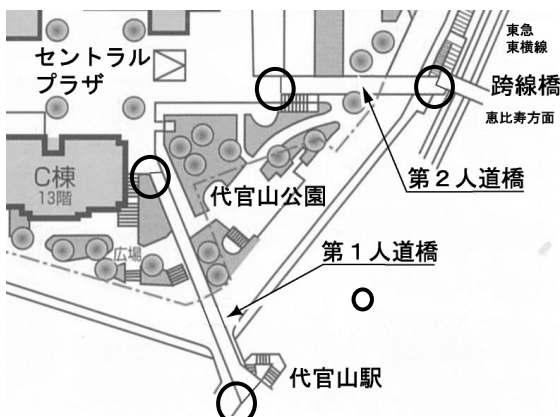


図-1 代官山人道橋位置図⁴⁾



写真-1 旧同潤会代官山アパート²⁾

ス」と代官山駅相互間のアクセスを容易にするため、階段を使わずになだらかなスロープで結んだ第1人道橋と代官山駅上空を横断し恵比寿方面に渡る跨線橋に接続する第2人道橋からなる(図-1)。これらの整備は、再開発地区と周辺地域に住む住民および代官山訪問者の交通利便性を高めるためには不可欠のインフラ施設であり、東京都と渋谷区から開発条件として与えられ、代官山再開発組合が整備した後に渋谷区に移管するものである。

橋梁デザイナーは、プロジェクトの初期段階から橋梁に求められる目的と機能を明らかにし、様々な課題に対する解決策とコストとのバランスを考え、企業者や使用者の満足するデザインを提案する役割を担っている。以下にデザインのプロセスを追って、どのように新しい構造やフォルムを考えたのか報告する。

2. デザインプロセス⁵⁾

(1) 景観デザインの流れ

景観デザインのプロセスは、大きく以下に示す3つの段階からなる(図-2)。第一段階のConcept Researchは、デザインコンセプトの方向性を調査する段階であり、人道橋を架けるにあたって様々な課題を抽出する。再開発事業の計画方針を確認し、架設条件として接続条件、道路占有に関する課題、さらに周辺住民の要望等を踏まえ、人道橋に要求される性能、設計上の課題を、利害関係者との協議を踏まえて確認する。また、橋と風景との関係について、橋が風景の主役であるべきか、あるいは風景を引き立てる脇役となるのか、明確な考えを持つことが要求される。第二段階のConcept Designは、

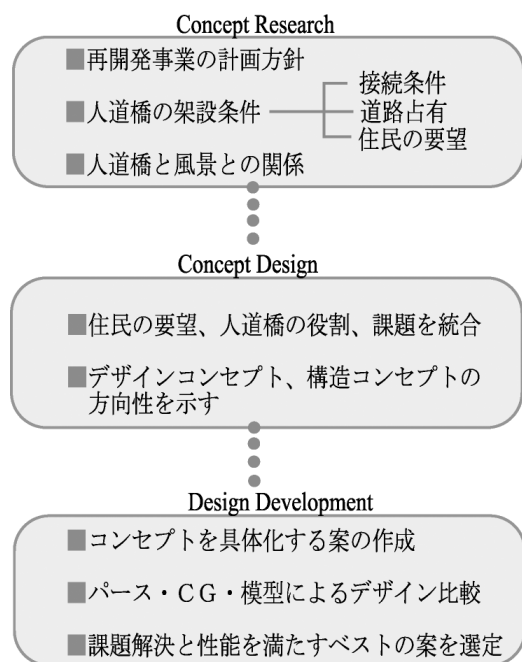


図-2 景観デザインの流れ

第一段階で得られた橋の役割や課題を統合し、デザインの方向性を示すコンセプトを考える。コンセプトには2通りあり、「橋と風景との関係をどう捉えるか」を示したものがデザインコンセプト、それを実現するために「どのような材料を使い、構造的にどのようなフォルムとするか」を示すものが構造コンセプトであるとする。これらのコンセプトはデザインチームで動く時は、それがチームの意志を統一し、新しいデザインや構造を創造する原動力となる。第三段階のDesin Developmentは、第二段階のコンセプトに従って、デザイン上の課題を解決し、具体的な形にするための様々な案をつくる段階であり、もっともデザイナーの力量が問われる。フォルム、デザイン、構造、材料において様々な可能性にチャレンジすることが独創性を生む。さらにパース、CGまたは模型を製作し、それぞれのモデルを比較検討してベストの案を選定する。

(2) Concept Reaserch (コンセプトリサーチ)

a) 再開発事業の計画方針

代官山再開発事業は、21世紀に向けた新たな都心居住環境づくりを柱とし、「代官山ルネッサンス」をコンセプトに、旧同潤会アパートの建築精神とまちづくり精神の継承、高品質で個性豊かな代官山のイメージに相応しい都市アメニティ空間の創出を目指した。再開発事業の計画方針を(表-1)に示す。

表-1 再開発事業の計画方針

- ・公益施設や多彩なオープンスペースの確保により豊かなコミュニティ空間を創造
- ・モールを中心に商業・業務・スポーツ施設等を配し、魅力あるアメニティゾーンを創出
- ・同潤会アパート時代を偲ばせる緑豊かな散策路、往年の樹木を残した公園等を整備
- ・旧同潤会アパートの建築精神を継承し、耐震性耐火性を追及した安全な住環境を創造

第1人道橋は代官山駅から「代官山アドレス」のモールを中心とした商業施設に至る主動線であるため、人々の足取りを軽くさせるデザインが望まれた。一方、往年の樹木であるヒマラヤスギを移植した代官山公園の上空を通過するため、できるだけ存在感の薄い橋が必要だと考えた。つまり、橋を風景の脇役として位置付け、構造的には桁形式として極端にスレンダーな桁とするか、透過性の高い桁とすることが予想できた。橋長は約48m、中間橋脚を再開発の敷地内に設置するため、スパン割は20m+28mの非対称2径間と想定した。

第2人道橋は、代官山公園とコミュニティーセンターや公共プール施設を中心とした公益施設との境界に位置

する。また、代官山駅上空を横断する跨線橋に接続して恵比寿方面に至る副動線である。デザイン的には2つの異なるエリアの風景を分節する役割を与えること、第1人道橋との関係性として、同様に存在感を薄くするか、対照的に強調するかのかのいずれかになることが想定された。橋長は約30m、スパン割りは15m+15mの2径間であり、特に、桁形式としても問題ない規模であった。しかし、この段階の課題は、跨線橋への接続方法であり、橋脚の設置を前提とすると道路脇の歩道部に位置し、歩行者の障害となることが考えられる。これらを想定して利害関係者と協議に臨んだところ、架設条件がさらに厳しいものになった。

b) 架設条件

人道橋が開発敷地境界を越えて、それぞれ異なる事業者の建造物に接続する場合、様々な利害関係者と架設条件に関する事前協議をする。架設条件として人道橋の接続条件（橋脚の設置位置、敷地確保、接続部の形状等）、維持管理区分および道路占有協議をはじめとして、相手事業者や近隣住民の要望を確認しなければならない。著者は、これらの協議事項（表-2）について再開発組合の立場で参画し、課題を確認した。

表-2 事前協議項目の一覧と内容

接続協議	駅舎、跨線橋への接続条件に関し、第1人道橋は東急電鉄、第2人道橋は渋谷区と協議する。
道路占有協議	第1人道橋下の駅舎から外周道路までの区間には、東急電鉄、近隣住民所有の民地があり、道路占有を協議するにあたり、民地の取扱いと架設中の桁下交通の扱いを協議する。
維持管理区分協議	完成後の維持管理について二事業者と維持管理の範囲と対象を協議をする。
近隣住民協議	覗き・投石防止施設の設置、橋の設置により周辺店舗の訪問者数低下に対する対策を協議する。

c) 接続条件の課題

事前協議の結果、接続条件について大きな課題が浮かび上がった。（図-1）に示す第1、第2人道橋の接続部において、人道橋の荷重を駅舎、再開発側建物、及び跨線橋に作用させてはならないという条件である。それぞれの理由と協議の結果得られた対策を（表-3）に示す。

特に、駅舎と跨線橋との接続において、第1人道橋は8mの片持ち構造、第2人道橋は19mの片持ち構造となる。当然、桁の先端部において活荷重が作用した時に桁の振動が問題になることが予想された。この段階で第2人道橋については、架橋自体が不可能になることが懸念されたため、少なくとも桁の自重は跨線橋に作用させないが、歩行者により渡橋時に発生する活荷重は一時的であるため、振動防止を目的として活荷重のみ跨線橋に作用させるという、これまでに例のない接続条件を提案

表-3 各建造物に対する荷重非載荷の理由とその対策

接続側	荷重非載荷の理由	対策
駅舎建物 (第1)	都営13号線乗入れに伴い、将来の駅舎改造をする。	橋脚は駅舎に近接せず、8m離れた道路脇の旧河川の中（国有地）に設置する。
再開発側建物 (第1、2)	構造評定申請時、人道橋の荷重を想定していない。	第1人道橋端部には橋脚を設置できるが、第2人道橋側は、荷重を一切作用させない。
跨線橋 (第2)	既存の基礎に耐力的な余裕がない。	橋脚設置は不可。ただし振動防止のため、一時的に活荷重分は跨線橋に作用させてよい。

た。いずれの場合においても、桁端の振動をどのように抑えるかが構造上の課題の一つであった。このように代官山人道橋のデザインは、厳しい接続条件を満足させる構造形式を考案することが前提にあり、それを踏まえたデザインを提案しなければならなかった。

（3）Concept Design（コンセプトデザイン）

人道橋のコンセプトデザインは、ヨーロッパで活躍するスイスの橋梁アーキテクト、フィリッポ・ブロッジーニ（Filippo Broggin）氏と共同で実施した。デザインの共同作業は1997年12月26日から28日の3日間に亘って、スイスのベリンツォーナ（Bellinzona）にあるブロッジーニ氏の設計事務所で、コンセプトリサーチの結果と接続条件を踏まえ、2人道橋のデザインコンセプトについて議論を重ねた。

a) デザインコンセプト

第1人道橋は、代官山駅からセントラルプラザに至る主動線であり、人々を歓迎するメインゲートとして位置付けた。また、代官山駅と区道の間は幅員4.5mの狭い私道の上空を通過することから、桁下への採光性を高めること、さらに緑豊かな旧同潤会の面影を残す代官山公園の上空を通過することを考慮して、できるだけ周辺の風景を主役、橋は脇役と位置付け、透明感（Transparent）をデザインコンセプトとした。

第2人道橋は、恵比寿側からセントラルプラザに至るサブゲートであり、代官山公園と公益施設（区営プール、集会場）との境界に位置する。そこで1号橋との対比を考慮し、2号橋は2つの施設を視覚的に分節するために存在感のあるマッシブ（Massive）な橋、かつ緊張感のある橋をデザインコンセプトとした。

b) 主構造の材料選定

2橋ともに上部工自重は、接続する駅舎および跨線橋に作用させないことが接続条件であり、主桁の先端部が片持ち構造となることから、上部工の桁重量をできるだけ軽くする必要があった。また、2橋とも区道を跨ぎ、

施工中も交通を遮断してならないという施工中の道路占有に関する条件を踏まえ、コンクリート構造よりも軽く、工場でブロック製作し、現場で組立て、クレーンで一括架設ができる鋼構造とした。

c) 第1人道橋の構造フォルム

第1人道橋は、厳しい設計条件から構造的には斜張橋、または、吊り形式の構造が考えられたが、2タイプについて構造フォルムを比較検討した結果、代官山のように密集した都市空間の街路上空を横断する斜張橋の場合には、(表-4)に示す景観的な課題が明らかになった。

表-4 斜張橋タイプの場合の景観的な課題

街路からの景観	橋の全体像を認識する視点が少なく、ケーブルの一部が見えた時、橋の全体スケールを認識できない(図-3)。
橋上景観	渡橋時にケーブルが歩道に近接しているため圧迫感がある(図-4)。

上記の問題に対する解決策は、ケーブル形状と桁のなす形が一つの閉じた系となるケーブル配置にすると橋のスケール感を抑えることができる(図-5)。また、渡橋時のケーブル近接による圧迫感を軽減するためには、できるだけケーブル定着点を歩道部から離すとともに、主塔を外側に傾斜させて、できるだけ外側から主桁を吊ることであった(図-6)。主塔を傾斜させる構造的なメリットは、主ケーブルが橋軸に対して外側に開くことにより、

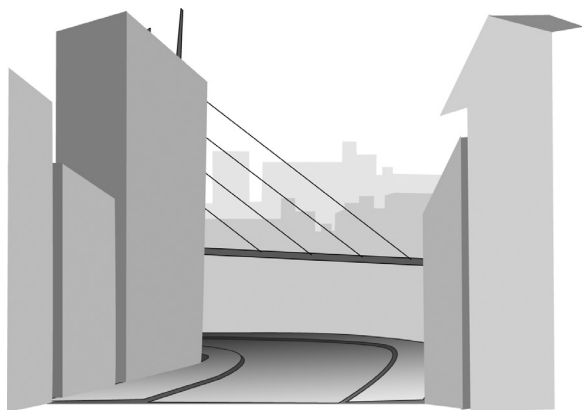


図-3 橋のスケールが認識できない状況(斜張橋)



図-4 ケーブルが近接する橋上景観(斜張橋)

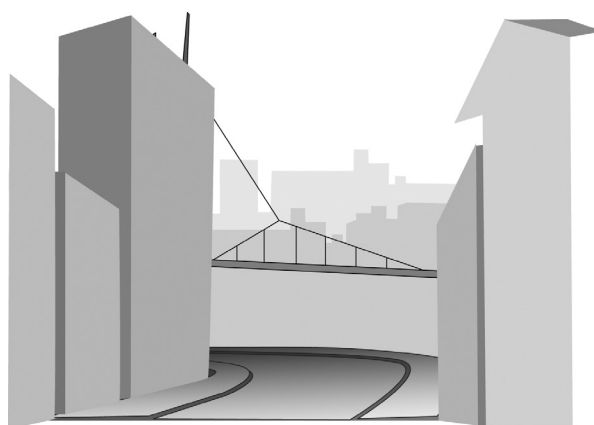


図-5 橋のスケール感を抑えた状況(吊り形式)



図-6 主塔を傾斜させケーブルを歩道部から離れた場合の橋上景観・照明柱なし(吊り形式)

橋軸直角方向にケーブル張力の水平成分が作用し、これが桁に作用する地震力や歩行者による振動を減衰させる効果を発揮する(図-7)。斜めに傾斜したケーブルで主桁を吊った場合(A案)と、鉛直に主桁を吊った場合(B案)のモデルの比較を示す。A案は、桁が左右に揺れようとする、その振動を抑えるようにケーブル張力の水平方向成分が働くため、B案に比較して桁の揺れが早く収まる。地震力に対しても同様に、橋軸直角方向の揺れを減衰される効果が得られる。これは著者等が1995(平成7)年に考案した特許を適用したものである⁶⁾。

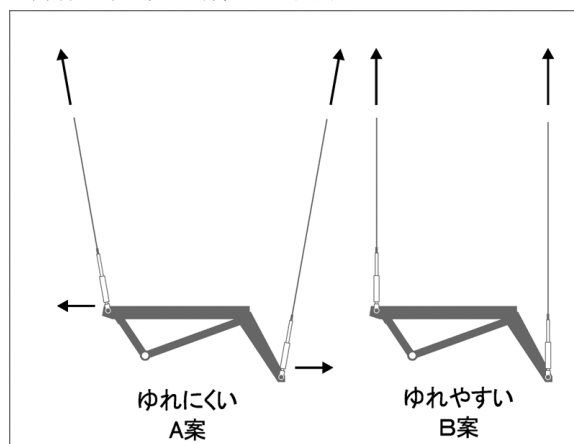


図-7 ケーブル傾斜による制振効果

d) 第1人道橋の構造コンセプト

透明感を表現するためには、桁は箱桁構造よりもフレーム構造の方が望ましいと考え、斜め材のないフィレンデール形式かスペーストラス鋼管構造を想定した。さらに桁下への採光性を確保するために、床版はガラス床版を想定した。夜間照明は、従来は桁上に配置されるが、照明柱とケーブルが緩衝し、すっきりとした橋上景観が演出できない。そこで照明は片側の鋼管に片持ち梁を取付けて、先端を斜材の吊り点とし、かつこれを照明ライトの柱として兼用することにした。そこで、第1人道橋の構造コンセプトは、スパン割り、主桁断面も非対称であるため「非対称性 (Unsymmetry) を活かした構造」とし、主塔形状、桁断面をすべて非対称にすることで上記の問題を解決することにした。デザインコンセプト段階での主桁断面を(図-8)に示す。

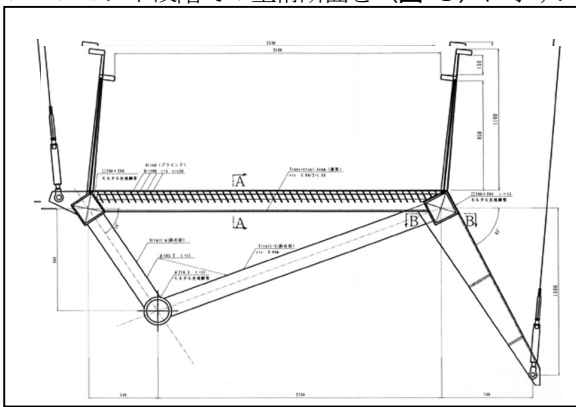


図-8 非対称の主桁断面 (吊り形式)

e) 第2人道橋の構造コンセプト

第2人道橋は、桁端の自重を建物、跨線橋に作用させないことが条件であったため、中央の橋脚自体で主桁の自重を支持する構造を考案する必要があった。また、第1人道橋は吊り構造であり、対比性を考慮して桁構造で検討を進めた。構造形式のヒントはワイン立てにあった(写真-2)。見た目は緊張感があるが、構造的にはワインの重心が斜めに支える板の底面内にあるためバランスしている。これを第2人道橋の構造デザインに応用し、



写真-2 第2人道橋の構造形式のヒント

橋脚1本で桁の全自重を支持するTラーメン構造とした。つまり第2人道橋の構造コンセプトは「緊張感を感じさせながら、構造的に安定した橋」である。

構造部材である主桁と橋脚のフォルムは、光の陰影効果を取り入れて多面体を美しく見せることを狙った。張出し部が長くなることから主桁付根に作用する曲げモーメントが大きくなるため、壁高欄も構造体として機能させ、曲げモーメントの大きさに従って桁高が変化する多角形とした。この形状の面白さは、昼は太陽光を浴びて桁の上面が明るくなり、夜になれば桁下のライトアップによって、橋脚の面と桁下が浮かび上がる効果が得られる。

(4) Design Development

(デザインディベロップメント)

a) ラフスケッチによるデザインのスタディ

2橋のコンセプトが定まったので、これらのコンセプトに従って基本フォルムを検討した。建築家と話しをしながら、簡単なスケッチを描き、背景とは独立した橋のフォルムのイメージを作成したものを(図-9)に示す。

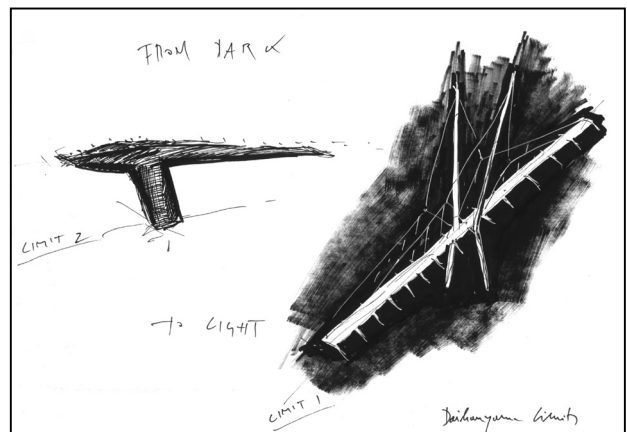


図-9 第1人道橋(右)、第2人道橋(左)の基本フォルム

ブロッジーニ氏は、夏目漱石の「明暗」を愛読されており、2橋の対称性を表す言葉として、軽快で透明感のある第1人道橋には「Mei bashi」、マッシブで存在感のある第2人道橋には「An bashi」と命名した。第1人道橋のスケッチでは2本の主塔を外側に傾斜させ、その角度も異なっていることがわかる。第2人道橋のスケッチでは、緊張感を演出するため、橋脚を後方に傾斜させている意図が読み取れる。

b) 模型による構造フォルムのスタディ

続いて、模型を制作し立体的なフォルムを検討した。模型は、周辺建物を含めて、周辺風景との関係性を検討する場合もあるが、最初に人道橋の構造フォルムそのものの美しさを検討するために製作した。第1人道橋の模型の床版部は、板構造であるが、理想的にはコンクリート床版を採用するのが好ましいと考えていた。

しかしながら、第1人道橋の代官山駅から8mの道路脇には、両側に民家と店舗があり、支保工施工の場合にはクリアランスの確保が厳しいことが予想されたため、一括架設の可能な鋼構造とし、検討段階における主桁はフイーレンディール形式の鋼製立体トラスを想定した(写真-3)。透明感を演出するために、手摺のデザインも重要な要素になる。模型では、線材でシンプルに表現しているが、できるだけそれに近い手摺とすることが望まれた。さらに、照明柱が立っていないと、スッキリとした橋上景観を得られることも確認できた。

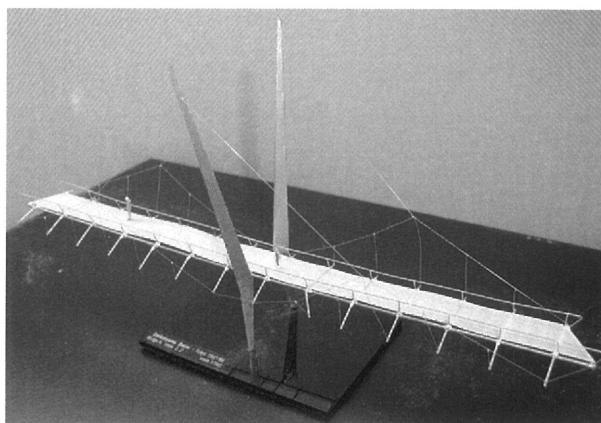


写真-3 第1人道橋の初期模型

第2人道橋は、マッシブな多面体をいかに美しく見せるかということが造形上の課題であったため、主桁と橋脚形状について、(写真-2)に示すモデルを数個製作しながら比較検討した。第2人道橋の正面図、側面図を(図-11)に示す。平面図であるが、陰影を付けることによって立体感を表現できる。第2人道橋はマッシブであるため、手摺の支柱を鉛直にすると視覚的な動きを失うことが予想されたため(A案)、支柱を前傾させ、1フレームの幅を中心から先端に向かって等差数列的に

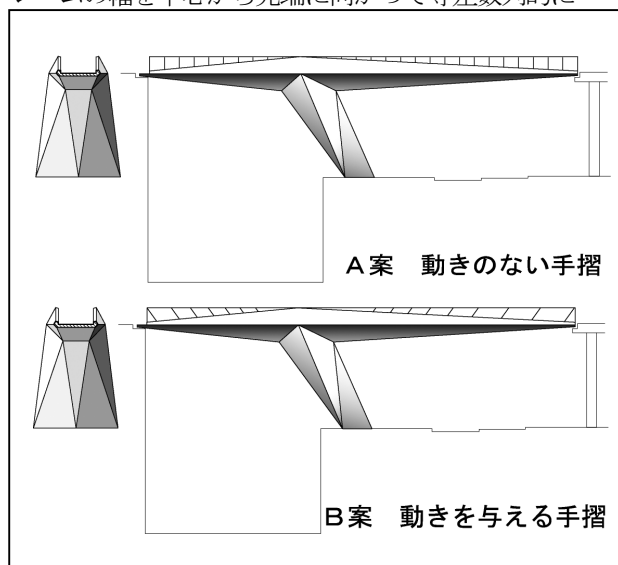


図-11 第2人道橋のイメージ(手摺を鉛直にした場合 上図、手摺を傾斜した場合 下図)

広げていくと、視覚的な動き演出することも分かった(B案)。左側側径間部の真下には、B1階に公共プールのサンクンガーデンがある。そこから桁裏の見え方もフォルムのチェックポイントになる。主桁の地覆部分は橋脚の中心から跨線橋に向かって低く変化させ、橋脚は下端が三角形で上端に向かって八角形に変化していく。

c) CGIによるデザインディテールのスタディ

CGは様々な目的のために使われるが、唯一の利点は、見る視点を変化を変えて構造物のフォルムを検討できることである。橋のフォルムを置き換えて、それぞれ比較検討したり、詳細なデザインディテールも検討できるため便利なツールといえる。

第1人道橋の場合、斜張橋と吊り形式の2案をCGで製作したものを(図-12)と(図-13)に示す。斜張橋案は主塔の高さをできるだけ低く抑える必要があると考え、斜材の張り方を塔頂部のサドルから放射状に伸びるファン型とした。この場合、視覚的な問題は左右の斜材が交錯して、スッキリとしたフォルムが得られないことである。一方、吊り形式案は、視点がどのような位置にあってもケーブルが交錯することはなく、斜張橋案に比較してスッキリとしたフォルムとなっていることがわかる。

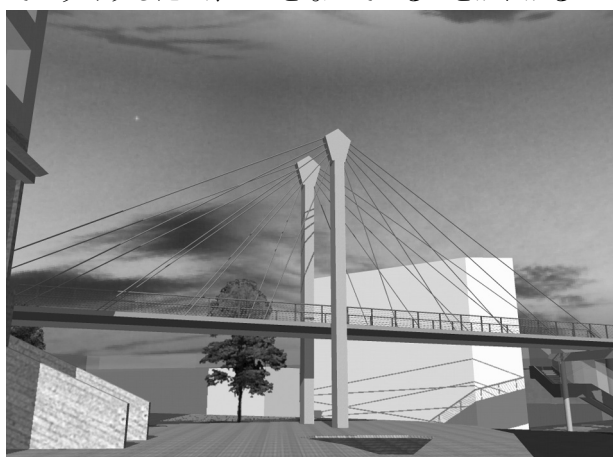


図-12 第1人道橋 斜張橋案のCG(斜材形状:ファン型)

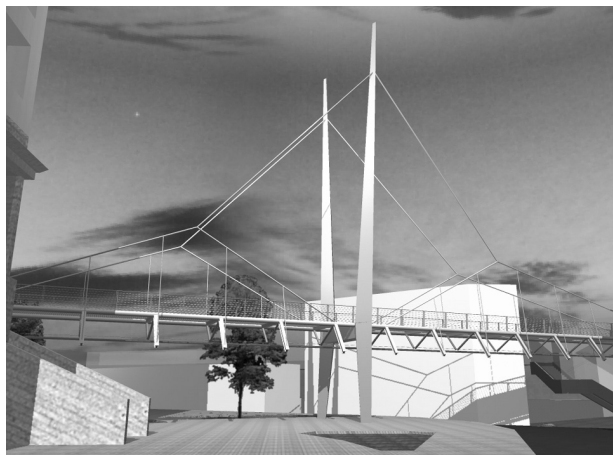


図-13 第1人道橋 吊り形式案のCG

橋上景観を示したCGで、斜張橋の場合を(図-4)に、吊り形式の場合を(図-6)に示す。第1人道橋の有効幅員は2.3mと比較的狭いため、斜張橋の場合は、斜材が近接すると圧迫感を与えることがわかる。

手摺のデザイン、主塔の断面形状、桁下の照明用アームの形状についても、課題が明らかになった。一般に手摺は支柱を約1.5m間隔で配置するが、その縦方向のラインが視覚的に強くなるため、できるだけ支柱の存在を意識させないデザインが望まれた。また、建築の事例では、ステンレスワイヤーを支柱間に水平に張る場合があるが、公共人道橋の場合、子供が手摺に足を掛けて登ることを防止するために認められないことが多い。そこで手摺のデザインは、支柱をできるだけ細い縦材で統一し、連続した面を構成することにした。完成後のすっきりとした橋上景観を(写真-4)に示す。



写真-4 第1人道橋の橋上景観

主塔形状について、CGでは斜張橋の場合を四角形断面、吊り形式の場合を三角形断面として表現している。明らかに、(図-13)に示す三角形断面の方がシャープな印象を与えることがわかる。同様に、照明用アームの断面はCGでは四角形になっているため、取って付けた印象を拭えない。そこで三角形断面にすることにより、第1人道橋の全体デザインに統一性が生まれてくる。



図-14 第2人道橋のCG

第2人道橋については、模型スタディの結果を反映してCGを作成した(図-14)。主桁の下側面に陰をはっきりとつけるために、上部の鋼板端部の処理を、水切り機能も付加させて(図-15)のように若干の張出し部を設けている。

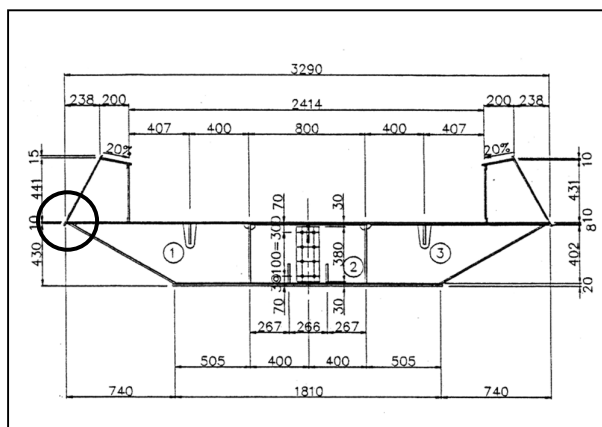


図-15 第2人道橋の断面図(○の部分は、エッジ処理を示す)

(5) 住民説明会におけるデザイン案の承認

第1、第2人道橋のデザイン案が完成した後、デザイン案に対する意見を聴取するため、同潤会アパート住民代表の方々に対して、人道橋計画に関する説明会を実施した。ご年配の方々が多く、代官山駅と恵比寿方面に至る平坦な通路が確保できることを喜ぶ意見が多く寄せられた。デザイン案については、普段あまり見られないデザインであったため、斬新さに驚かれる方々も少なくなかった。しかし、我々設計担当者のデザインに掛ける思いを説明し、谷口理事長からのフォローも頂いた結果、この2つのデザイン案を住民代表の方々に承認して頂いた。

2. 基本設計

(1) 基本設計の方針

基本設計はデザインコンセプト及び構造コンセプトを実現するために、構造エンジニアと橋梁デザイナーがコラボレーションし、材料、構造について様々なチャレンジをする段階である。したがって従来の示方書や既成概念には捕らわれず、できるかぎり自由な発想をし、振動問題や、たわみなどについて使用状態での問題が明らかになった場合には、柔軟に変更する方針とした。

第1人道橋および第2人道橋の構造設計上の課題を(表-5)に示す。第1人道橋の場合3つの課題があった。透明感を演出するためには主部材となる3本の鋼管は、できるだけ細い径のものが望ましい。しかも、立体フレーム構造として、斜め部材のないフィーレンディール構造を想定している。当然ながら、部材が細くなり、斜め材が無くなれば、主桁は全体座屈しやすく、

表-5 第1, 第2人道橋の構造設計上の課題

第1人道橋	a) 主桁3本の鋼管の全体座屈問題.
	b) フィーレンディール形式に伴う桁の振動特性の把握.
	c) ケーブルシステムの効果の確認.
第2人道橋	a) 橋全体の荷重バランスの検討.
	b) 長い桁の先端たわみを抑えるため、活荷重作用時の桁の挙動を検証.

たわみ易く、かつ揺れやすくなる。従来の道路橋示方書では、構造物の使用状態において問題が生じないように最小部材の規定はしているものの、構造物全体の座屈問題については規定がない。そこで、主桁の全体座屈問題どのように解決するかが第一の課題である。第二の課題は、主桁の固有周期の問題であるが、桁の振動を制御しながら主桁部材をどこまで細くできるかである。第三の課題は、主ケーブルが直線ではなく、途中で折れた場合、このケーブルシステムに導入される張力の大きさと効果の確認である。これらの問題をどう解決するかが、第1人道橋の構造デザインの鍵となった。

第2人道橋の課題は2つある。第一に、橋脚を後方に傾斜させた場合に主桁と橋脚の重心位置を、橋脚下端の三角形断面内に納めるように荷重バランスを調整しながら断面形状を決定すること。第二の課題は、(図-14)に示す先端の主桁の長さが約19mになるため、活荷重が作用した時に、桁先端が支承に触れて振動を防止できることの検証であった。以下に第1人道橋の基本設計について述べる。

(1) 第1人道橋の基本設計

第1人道橋の基本設計は、(図-16)に示す設計フローに従って実施した。主桁断面を仮定し、構造全体系の安全性を確認した後、使用状態での構造特性を把握した。

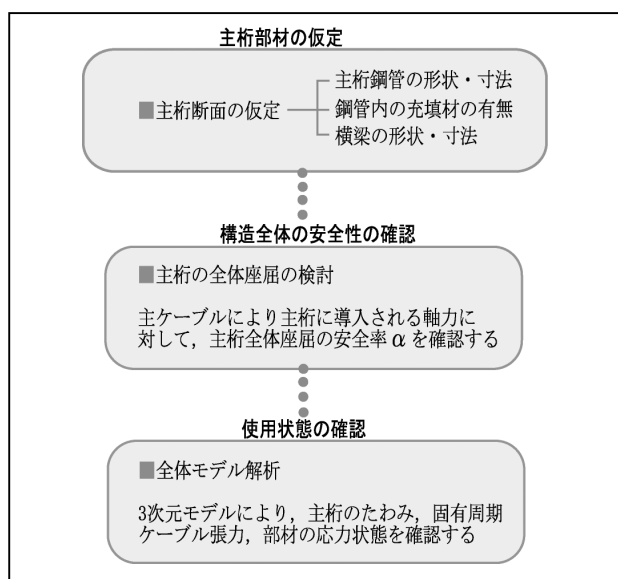


図-16 第1人道橋の設計フロー

a) 主桁の全体座屈に対する検討

基本設計の段階であるが、斬新な構造であるため、構造解析は最初から三次元有限要素法 (FEM) の構造解析プログラムであるNastranを使って検討した。主桁断面の検討に際し、先ず主桁の全体座屈に対する検討を行った。駅舎側のスパン28mの主桁を対象に、一端固定、一端フリーの条件で先端の鋼管2本にそれぞれ70tfを作用させ、座屈荷重を算定した(図-17)。ここで、全体座屈に対する安全率の指標として、建築ドームの設計に用いる安全率 $\alpha = 7.0 \sim 8.0$ を許容値とした。桁高80cm、主桁に角鋼管 $\square 200 \times 200 \times 12$ を2本と鋼管 $\phi 216, 3 \times 12$ にコンクリートを充填した部材を想定している。主桁先端の軸力が12tfであるため安全率 $\alpha = 7.5$ となる。

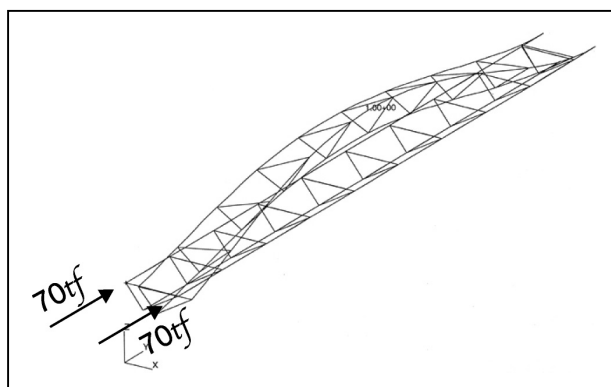


図-17 全体座屈に対する検討

b) 全体モデルによる解析

主塔、主桁断面の非対称形状に伴う影響を確認主塔の傾斜に伴うケーブルシステムの効果の確認、主桁のたわみ、桁の固有振周期及び部材の応力を確認するために、Nastranによる3次元立体フレーム解析を行った。検討事例を(図-18)に示す。

検討の結果、主塔が斜めに傾斜している場合の効果は、地震時直角方向の支承部に作用する水平反力を低減することがわかった。しかし、振動問題に対してフィーレンディール形式では、固有周期が制限値の1.5Hz~2.3Hzの間にあるため、歩行者に不快感を与えることが予想された。そのため主桁をフィーレンディール形式からスペースストラス形式に変更して剛性を上げることにした。また新しい材料の試みとして、コンクリート充填鋼管を主

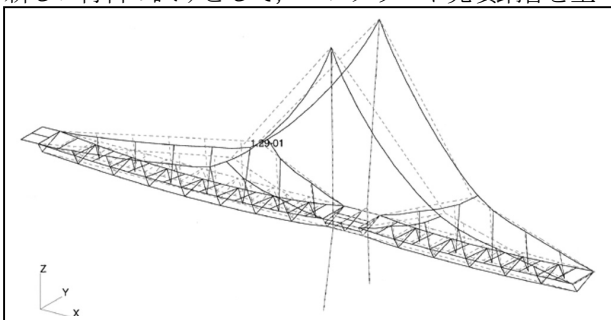


図-18 3次元FEMモデルによる解析結果

主桁に3本に使用する予定であったが、98年当時はコンクリートと鋼管の付着の問題が明確になっていないことを理由に断念した。主桁は、架設時に主桁を一括架設した時に、スパン28mの単純梁として一定期間機能させることを考慮して、最終的にはコンクリートを充填した角鋼管□200×200×12から鋼管2本φ366.5 t=11.1に変更している。

(2) 工事概要及び構造概要

第1、第2人道橋の工事概要を(表-5)に構造概要を(表-6)に示す。また、第1人道橋、第2人道橋の構造一般図をそれぞれ(図-19)、(図-20)に示す。

表-5 工事概要

発注者	代官山市街地再開発組合
企業者	鹿島・大成・東急人道橋工事JV
工事名	代官山再開発地区第1種市街地開発事業に伴う人道橋工事
橋種	歩道橋
工期	平成11年6月～平成12年12月

表-6 構造概要

第1人道橋	
橋梁形式	2径間連続自旋式鋼製吊り橋
橋長	47.7 m
支間割	28.3 m + 19.4 m
幅員(有効幅員)	2.7 m, (2.34 m)
使用材料(上部工)	
スペーストラス	25.6 t (STK400)
主塔	18.1 t (SM400A)
橋脚	4.1 t (SM400A)
総重量	48.1 t
床版	強化ガラス (t=12mm ×2枚)
ケーブル	構造用ストランドロープST1570

第2人道橋	
橋梁形式	2径間連続鋼製箱桁橋
橋長	30.2 m
幅員(有効幅員)	4.21 m, (2.41 m)
使用材料(上部工)	
主桁	37.6 t (SM400A)
橋脚	18.6 t (SM400A)
総重量	56.2 t (SM400A)

2. おわりに

代官山第1人道橋と第2人道橋は、2000年8月、代官山アドレスのオープンに合わせて供用を開始した。第1人道橋については、基本設計終了時において、近隣

店舗から、このままでは店の売りに影響があるので、主塔の位置にデッキレベルから階下に降りられる階段をつけて欲しいとの要望が出された。橋梁デザイナーとしては、橋のフォルムをシンプルに見せるためには、避けたデザイン変更であったが、開発地域外に住む住民の意向や代官山公園から駅へのアクセスの利便性の向上を考慮して、螺旋階段を設置することになった。代官山駅近隣の民家からは、橋をできるだけ遠ざけるとの要望があり、幅員の幅を狭めている部分がある。このように、必ずしも、橋梁デザイナーの意図どおり実施できない部分もあったが、様々な関係者の地道な努力と協力により、2橋が完成した。すでに6年が経過したが、代官山町会長からは人道橋が住民をはじめとして、高齢者にとってなくてはならない存在であると、感謝の言葉を頂いた。

第1人道橋の完成状況を(写真-5)、(写真-6)、(写真-7)に、第2人道橋の完成状況を(写真-8)、(写真-9)、(写真-10)に示す。



写真-5 第1人道橋 代官山公園側から主塔を見る



写真-6 第1人道橋 桁下から見上げた状況

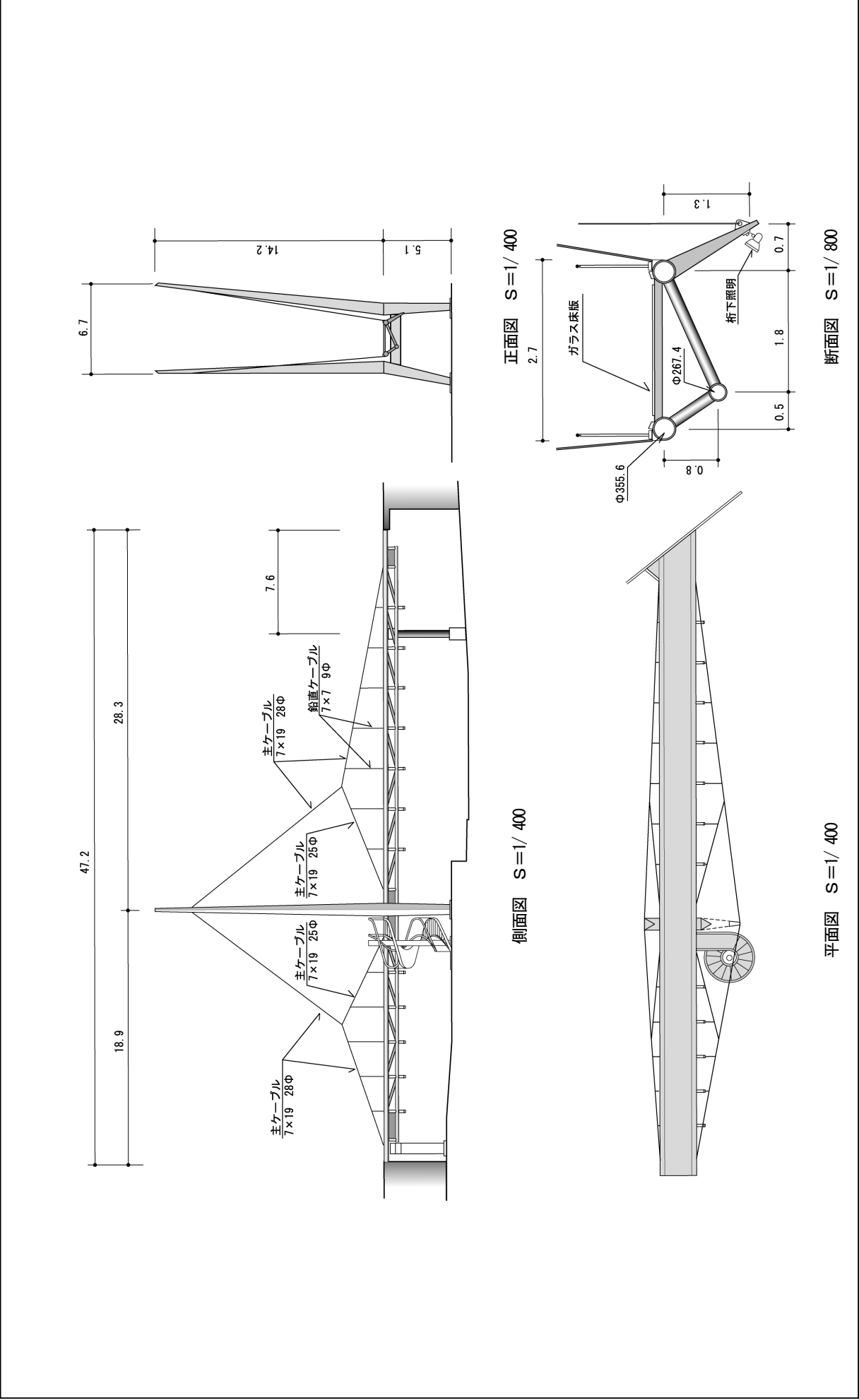


図-19 代官山第1人道橋 構造一般図

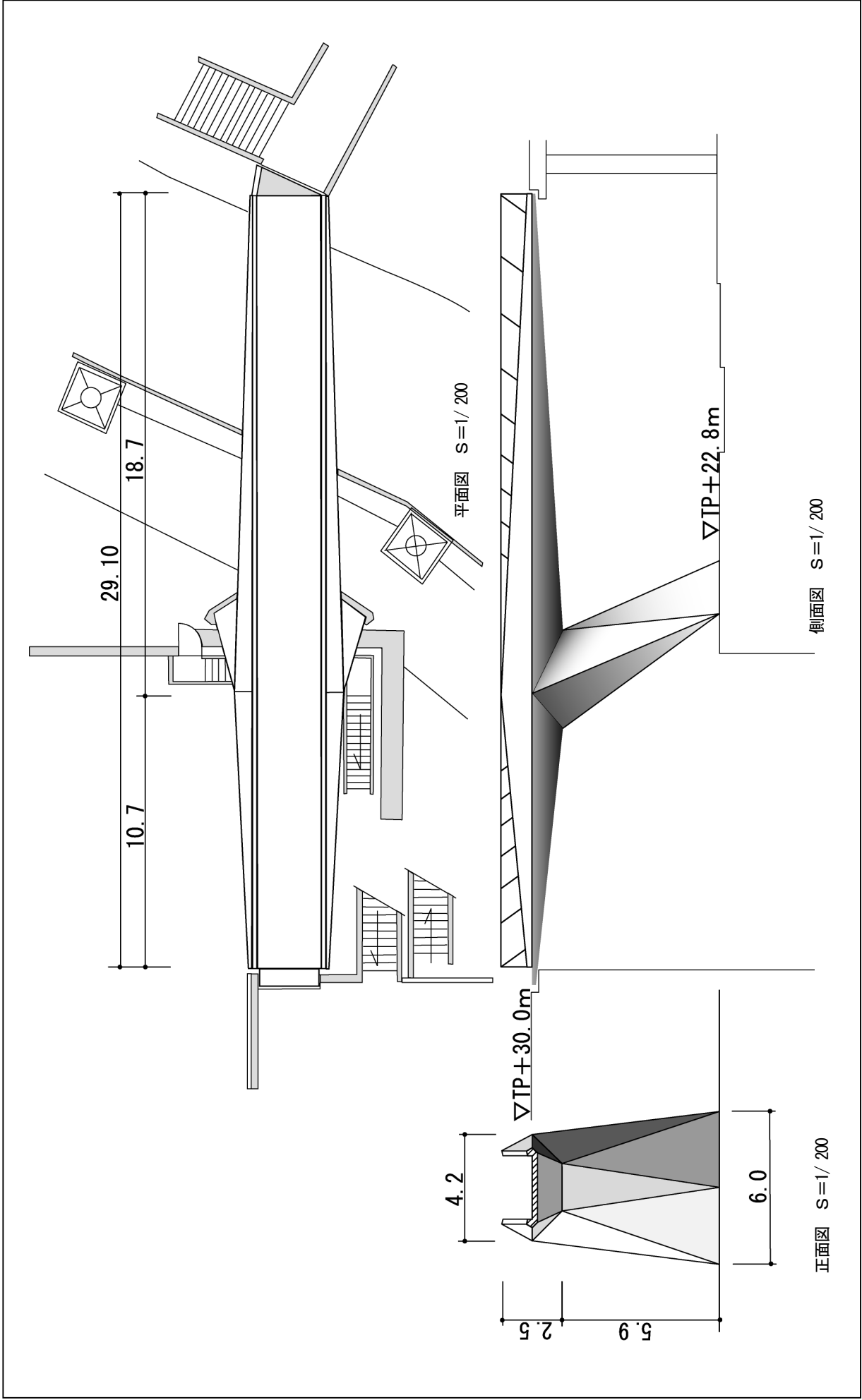


图-20 代官山第2人行道桥 构造一般图



写真-7 第1人道橋 夕方の橋上空間 ライトアップ



写真-8 第2人道橋 跨線橋側からアドレス側を見る



写真-9 第2人道橋 夕方の橋上空間 ライトアップ



写真-10 第2人道橋 アドレス側から跨線橋側を見る

謝辞：本人道橋の実現に向けて、代官山再開発組合理事長であった谷口壮一郎氏、近隣住民や関係部署との地道な折衝に当たられた設計監理の佐藤慎一氏、構造上の問題解決に協力して頂いた住友重機工業の池田茂氏、架設指導に当たられた住重横須賀工業の永井正流氏、工事管理を担当された鹿島道路の宮本義己氏、並びに渋谷区土木部の須藤課長には多大なご協力を頂いた。厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 鹿島建設月報，特集：代官山再開発 回想・旧同潤会代官山アパート，1999
- 2) 同上
- 3) 鹿島建設月報，特集：代官山再開発・インタビュー 代官山アパートの建替え，1999
- 4) 代官山地区市街地再開発組合，再刊山地区第1種市街地再開発事業 パンフレット，1996
- 5) 加筆修正，鹿島建設土木設計本部編：新・土木設計の要点 景観設計，pp. 54-63，鹿島出版会，2003
- 6) 鈴木圭 安永正道 深田敦宏，主塔を傾斜させた斜張橋，特許広報 特公平7-6529，日本国特許庁，1995