

ら ん ど

(79) 南大沢輪舞歩道橋の設計及び施工

東京都 多摩都市整備本部 宅地造成事務所	正会員	刑部貞男
(株) マエダ 東京支社 技術第二部技術第二課	正会員	○片山英一郎
(株) ピー・エス 東京支店 土木技術部設計課	正会員	尾崎健治
(株) ピー・エス 東京支店 土木部工事課	正会員	武田哲朗

1. はじめに

多摩ニュータウンは、東京都の西部八王子・多摩市・稲城の各市の多摩丘陵に展開する、新しいスタイルの複合都市として発展している。

都は多摩ニュータウンの建設にあたり、多摩地区の優れた自然環境と調和した良好な住居環境の充実を図るとともに、教育文化・業務商業の機能をも備えた活力ある新市街地の形成を目指し、また、周辺他地域と連携して多摩地域全体の自立化を推進している。

14J歩道橋は、多摩ニュータウンの西部地区センターとの位置付けで整備を進めている京王相模原線南大沢駅地域に、景観的配慮と地域のランドマーク的なるものとして計画・建設された。(図-1)

本橋梁の構造は、半径27.0mのリング状の曲線桁(360° 4径間)であり、4つのゴム支承で支持された桁端のない連続橋で、主桁断面は曲線で結ばれた1室の箱桁断面をしている。

プレストレストコンクリート橋(以下、PC橋)では、わが国では初めての構造であるため、構造解析の方法とその妥当性及び構造物の安全性を確認するための実橋載荷試験を行った。

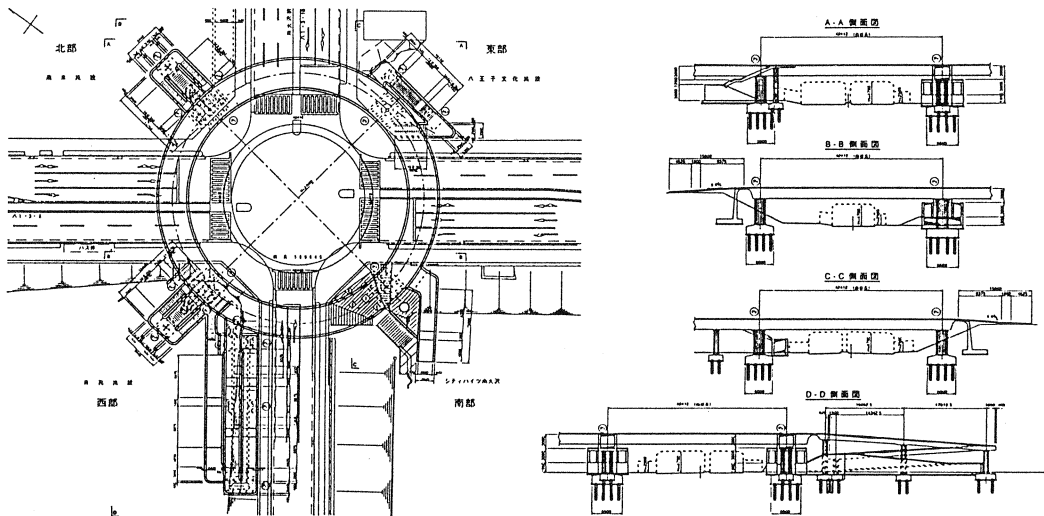


図-1 全体一般図

2. 橋梁形式の選定と景観設計

2-1 計画概要

本橋は、歩道橋として階段・スロープにより歩道間の連絡を図るだけでなく、北側は駅前商業施設の3階部に、東側は八王子市の文化施設と2階で、南側は住宅地域に直結し、さらに西側は将来建設される業務施

設にスロープでつなぐ歩行者専用通路としての機能も持っている。また、歩道橋の上部には多摩モノレールの構想があり、駅舎が隣接し建設される予定であるため、この将来計画をも考慮に入れて計画された。

### 2-2 景観設計

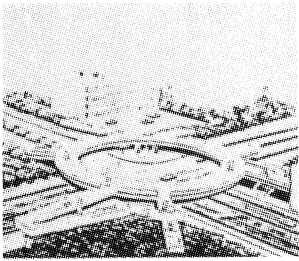
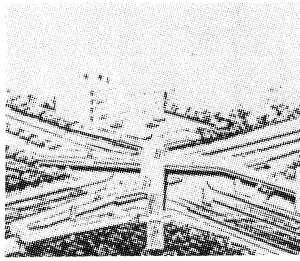
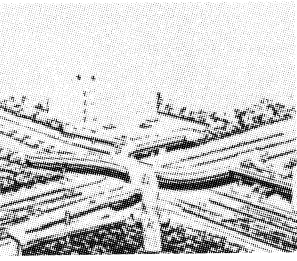
景観設計は将来管理者の八王子市と事前調整を行い、東京都の本部施設デザイン検討委員会において、表-1の3案（リング型、エックス型、フィッシュ型）について比較検討を行った結果、第1案のPC箱桁橋（リング型）を採用した。

### 2-3 景観的特徴

景観的特徴の主なものを、以下に示す。

- ・橋面舗装は、ひまわりと日時計(太陽)をイメージしたモザイクタイルの配色と文字盤を設置した。
- ・橋本体は昼間の太陽をイメージし、それに対応する夜の月をあらわすモニュメントとして、半月をイメージした彫刻を配置した。
- ・夜間、内蔵の照明により浮かび上がり、空間をあらわす4カ所のアーチを設置した。
- ・平面、断面、側面をそれぞれに曲線で表現し、橋下から見ると立体的な曲面を有した橋体構造とした。
- ・歩行者に安心感を与えるように、本橋部の幅員を広く(6m)するとともに、高欄は「反り」の曲線を生かしてふくらみを持たせたものを設置した。
- ・橋脚は円柱型とし縦方向にストラット刻んだ。また、橋面排水装置は主桁内部に設置し、脚部はストラットを利用してカモフラージュした。
- ・本橋と取り付く階段、スロープの擁壁はコンクリート表面に化粧型枠を使用し、自然石に近い表情を出した。

表-1 景観設計等比較表

	第一案 PC箱桁橋(リング型)	第二案 PC箱桁橋(エックス型)	第三案 鋼桁橋(フィッシュ型)
パース			
構造性	円形構造物であるが、構造解析は明解である。橋長が長く、また円形構造である為、プレストレストコンクリートはロスが少ない分断施工が必要となる。	○ 一般的な形状であり、構造形式も単純で明解である。	③ 平面的に変形曲線で構成されているため、計算は煩雑となるが、鋼橋であるため、特に問題はない。
施工性	主桁製作は、全仮保工による施工で行う。交差点内に仮設構造物(仮保工)を設けずに施工ができるため、交差点の処理が容易である。	○ 主桁製作は、全仮保工による一括施工で行う。交差点の中央部に支柱(鉄×鉄)が必要となるため、交差点の処理が複雑になる。	△ 施工は、主桁を地盤した後、ベント併用のトラクタレーン架設で行うものとする。また、現場の工期が最も短い案である。
美観	上から見るとインパクトがあり、モニュメントとして最善である。また、交差点が明なく、通交車両に対する圧迫感が最も少ない。	① 一般的な形状である。	○ 化粧板によって、色の選択を考慮することができる。またどこから見ても、ソフトなイメージを感じる案である。
快適性	14住区の歩行者が、商業用地に行く場合など対角線に行くのに、多少遠くなるが、曲線で移動するので、特に問題ない。	③ 14住区の歩行者が、交差施設用地に行く場合など、対角線以外に行くのに、多少遠くなるが、問題にならない距離である。	③ 交差点を中心に2つの曲線で、4点を結んでいるため、どこへ行くにも、スムーズに行ける案である。
維持管理	コンクリート橋であるため、維持管理を特に必要としない。	③ コンクリート橋であるため、維持管理を特に必要としない。	③ 鋼橋であるが、化粧板で覆うため、維持管理を特に必要としない。(但し、将来管理者である八王子市との協賛な事前調整が必要となる。)
総合	交差点の4点を用地で結ぶことにより、ソフトなイメージにしたものであり、14住区の家賃を上げるような景観を考えた場合、最も印象の強い案である。	③ 構造性に優れるが、施工時の交差点処理方法に問題(暫設橋脚等)のある案である。また一般的な形状であるため、他家に比べ、実行に劣る案である。	○ 第二案に曲線を加え、ソフトなイメージにしたものであり、中央にして歩行者交差点空間に広げられた場合、交通流として歩行者をスムーズに分けようとして、歩行者の歩行をスムーズに導くことができる案である。

### 3. 設計

#### 3-1 設計条件

設計条件、上部工主要材料を以下に示す。  
 構造形式：4 径間連続 P C 箱桁円形曲線橋  
 橋種：歩道橋  
 橋長：169.646m(構造中心上)  
 支間：4@42.412m(構造中心上)  
 有効幅員：6.000m  
 平面線形：R=27.000m(構造中心上)  
 横断勾配：i=1.5% 両勾配  
 荷重：活荷重  $w_1 = 350 \text{kgf/m}^2$   
 設計水平震度  $K_h = 0.20$

下部工：単柱式橋脚(円断面)  
 基礎工：P H C 杭  $\phi 600$   
 コンクリート( $\sigma_{ck} = 400 \text{kgf/cm}^2$ )：850m<sup>3</sup>  
 P C 鋼材(12T12.4mm)：29 t  
 鉄筋(SD295)：164 t

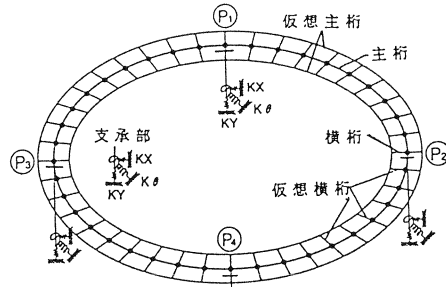


図-2 解析モデル

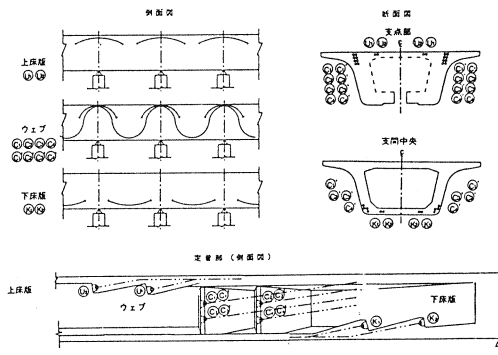


図-3 主ケーブル配置

#### 3-2 構造解析

本橋上部工は360°の全円(構造中心半径27m)の曲線桁で、90°間隔でゴム支承で支持されている(全4橋脚)ことから、立体格子計算で解析することとした。

主桁は1室箱桁断面でかつ全幅員と支間の比  $B/L$  が0.16 ( $6.8\text{m}/42.412\text{m} = 0.16$ )と小さいことから、主桁は1本格子モデルとした。解析モデルを図-2に示す。

荷重は主桁自重とプレストレス力を軸線上に載荷し、橋面荷重と群集荷重は幅員方向を考慮して載荷した。解析は施工方法と支承条件を組合せて4つのケースで比較検討を行った。解析結果比較表を表-2に示す。

解析の結果、分割ステージング施工は4支点・支間中央等の対称な位置で断面力の差が大きく、アンバランスになって最大値も大きくなるため、バランスの良い一括ステージング施工とした。

また、支承条件は橋脚が円柱形状で橋座面が小さいため1点支承となり、また、常時水平力を低減させるためにゴム支承を使用することから、ねじり拘束なしの条件とした。

実際の解析にはゴム支承の鉛直、水平、回転ばねを考慮して解析した。

これにより、CASE-①の「施工：一括施工(ステージング)、支承：ねじり拘束なし」の案を採用することにした。

下部工については、温度変化として $\pm 15^\circ\text{C}$ を考慮し、地震時の慣性力として、水平X方向、水平Y方向、45°斜め方向の3方向について検討し、4橋脚の反力分散と安全性の確認を行った。

#### 3-3 主ケーブルの配置

本橋梁は桁端部がなく360°のリング状の構造をしていることから、以下のことに配慮して主ケーブルの配置を行った。なお、主ケーブルはフレシネー12T12.4mmを使用した。

- ・半径27mの平面曲率による角変化当たりの摩擦係数が多い。プレストレス力は90°即ち、1/4円で緊張端の60%まで低下する。このため、1本のケーブルの延長を長くできず、円周方向に分割して配置

する必要がある。

- ・ 4 支点を持つ対称構造かつ一括施工なので、4 分割とし、平面的に対称なケーブル配置とする。
  - ・ 支点部の曲げモーメントが支間部より大きいことから、ウェブケーブルを支点部で交差させる。ケーブルの継続性を考慮して連続する2つの支点を通過するように配置する。
  - ・ ウェブケーブルが配置定着できない本数となった場合、支点部は上床版ケーブルで調整し、支間部は下床版ケーブルで調整する。
  - ・ 上床版ケーブルと下床版ケーブルは橋軸方向に十分にラップさせる。
  - ・ 桁端がない構造なので主ケーブルの定着はすべて突起定着とし、美観を考慮して突起部は箱桁内部に設ける。
  - ・ 主ケーブルの定着を分散配置するよう、突起部の配置と定着本数を考える。
- この結果、主ケーブルの配置を図-3 に示す。

### 3-4 鉄筋の配置

上床版横方向の設計は、荷重が群集荷重のみであることからRC構造とし、これに必要な鉄筋量の他に、さらにねじりに対して必要な鉄筋量を配置した。その結果、支点部付近ではD16 ctc125mm、支間中央部付近ではD13 ctc125mmの配置となった。下床版についても同様な設計を行った。

ウェブはせん断とねじりについて検討し、両方の鉄筋量を配置した。支点部付近ではD22 ctc125mm、支間中央部付近ではD16 ctc125mmの配置となった。

橋軸直角方向の鉄筋は円の内側と外側での長さの差が小さいことから、施工性を考慮して、内側と外側の本数を同じにしてすべて法線方向で配置した。

表-2 解析結果比較表

ケース	CASE-①	CASE-②	CASE-③	CASE-④
	一括施工 (ステージング)		分括施工 (ステージング)	
施工方法				
支承条件	直角方向 ねじり拘束なし 方向 X Y Z θX θY θZ ハネ ハネ ハネ カラー カラー カラー	直角方向 ねじり拘束あり 方向 X Y Z θX θY θZ ハネ ハネ ハネ 固定 カラー カラー	直角方向 ねじり拘束なし 方向 X Y Z θX θY θZ ハネ ハネ ハネ カラー カラー カラー	直角方向 ねじり拘束あり 方向 X Y Z θX θY θZ ハネ ハネ ハネ 固定 カラー カラー
解析結果	<p>曲げモーメント</p>	<p>曲げモーメント</p>	<p>曲げモーメント</p>	<p>曲げモーメント</p>
主桁自重	<p>ねじりモーメント</p>	<p>ねじりモーメント</p>	<p>ねじりモーメント</p>	<p>ねじりモーメント</p>

する必要がある。

- ・ 4 支点を持つ対称構造かつ一括施工なので、4 分割とし、平面的に対称なケーブル配置とする。
- ・ 支点部の曲げモーメントが支間部より大きいことから、ウェブケーブルを支点部で交差させる。ケーブルの継続性を考慮して連続する 2 つの支点を通過するように配置する。
- ・ ウェブケーブルが配置定着できない本数となった場合、支点部は上床版ケーブルで調整し、支間部は下床版ケーブルで調整する。
- ・ 上床版ケーブルと下床版ケーブルは橋軸方向に十分にラップさせる。
- ・ 桁端がない構造なので主ケーブルの定着はすべて突起定着とし、美観を考慮して突起部は箱桁内部に設ける。
- ・ 主ケーブルの定着を分散配置するよう、突起部の配置と定着本数を考える。

この結果、主ケーブルの配置を図-3 に示す。

#### 4. 施工

##### 4-1 支保工・型枠工

本橋は交差点上に位置するため、車両・歩行者の通行を妨げないように施工を行うことを第一に考慮した。

まず、四角支柱支保工の基礎工の施工を行った。橋体が円形であることから、詳細に現場測量を行い、基礎工の位置を決定した。掘削、砕石転圧、アスファルト舗装、鉄板敷設後、基礎コンクリートを打設した。

基礎コンクリート工の上に、四角支柱を組立て、車両が通行できるように車道に H 鋼 (600H) を架設する方法とした。上下線分離の車線のうち、片側車線のみを通行止めとして架設を行い、他方の車線で対面通行を行って通行を確保した。H 鋼と H 鋼の間は防護のため、全面を足場板で覆い、側面には高さ 6m の防護シートを張り巡らした。橋体の円形を考慮して H 鋼上に、法線方向に 900mm 間隔で角パイプを敷設した。さらに角パイプと栈木をいげたに組み合わせて支保工の施工を行った。型枠は継ぎ目が一致するように、1 径間を法線方向に 52 分割して製作した。底枠、側枠ともにすべて工場で作成した。

##### 4-2 コンクリート工

コンクリート打設は、2 回に分けて行った。第 1 回目にウェブ・下床版部を行い、第 2 回目に下床版の上に内部支保工を組立てた後、上床版部を行った。

打設方法は 4 台のポンプ車を用意し、相対する 2 カ所を 2 台のポンプ車で打設を開始し、それぞれ反対側に打設を進めて行く。この様にしてコンクリートの打ち継ぎ目が現れないようにした。

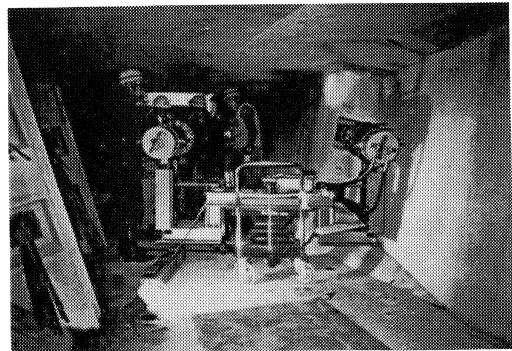


写真-1 主ケーブル緊張状況

##### 4-3 緊張工

緊張はジャッキ・ポンプを 4 セット用意し、各径間の箱桁内部に配置し、すべて突起定着で行った。緊張順序はウェブケーブル、上床版ケーブル、下床版ケーブルの順に行い、各径間で均等になるように緊張した。

ウェブケーブルの緊張は

- ① 第 1 径間の外ウェブと内ウェブの各 1 本づつを緊張する。
- ② 第 3 径間の外ウェブと内ウェブの各 1 本づつを緊張する。
- ③ 第 2 径間の外ウェブと内ウェブの各 1 本づつを緊張する。
- ④ 第 4 径間の外ウェブと内ウェブの各 1 本づつを緊張する。

以下、上床版ケーブル、下床版ケーブルも同様に行った。

## 5. 実橋載荷試験

### 5-1 目的

想定した立体骨組モデルによる解析と、実橋の挙動とを比較して設計の妥当性や橋梁の安全性を確認する目的で、実橋での静的載荷試験を行った。その時の載荷荷重を設計群集荷重程度とした。

### 5-2 試験方法

荷重の載荷方法は、P1-P2径間の支間中央に組み立てた架台(写真-2)に、鉄板(1500幅×6000長×32厚:約1.5t/枚)を合計26枚(39t)を1枚毎に載荷した。

載荷荷重の確認方法として、架台の下に4基の油圧ジャッキと圧力変換器をセットし、デジタル表示により重量を測定し、同時に均等に載荷されていることを確認した。

ひずみの計測は、載荷位置に鉄筋ひずみ計を埋め込み、また、コンクリートひずみゲージを貼付して、橋軸方向のひずみを測定した。

計測は、鉄板1枚ごとに載荷前後で測定し、その差を生じた弾性ひずみとした。たわみ測定は、載荷前と全鉄板の載荷完了後に、支間中央部4断面で実施した。

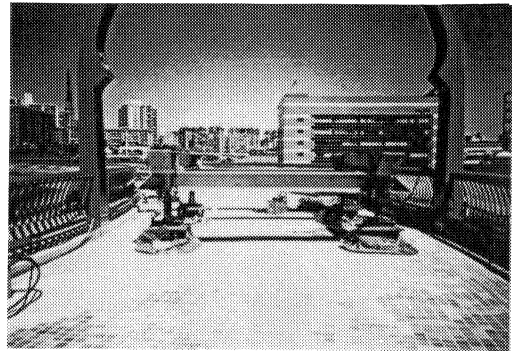


写真-2 荷重載荷台

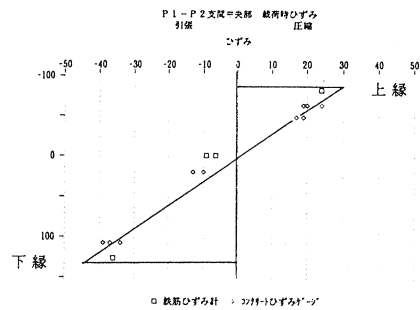


図-4 実測ひずみ

### 5-3 試験結果と解析値の比較

試験時の解析は、設計で使用した立体骨組モデルに鉄板重量を載荷して求めた。荷重載荷断面における計算結果と載荷試験によって測定された実測ひずみを図-4に示す。荷重載荷断面に貼付されたコンクリートひずみゲージ及び鉄筋ひずみ計の実測ひずみは、計算値と良く一致した。また、載荷荷重最大時のたわみは載荷点で-8mm、隣接の両径間は+5mm、対角径間は-2mmの変位で計算値と一致した。

載荷荷重最大のときの断面力は支間中央部で設計荷重の約70%ではあるが、主要断面における橋軸方向ひずみ及びたわみが計算値と一致していることから、設計の妥当性と構造物の安全性が確認できたと思われる。

## 6. おわりに

PC橋として初めての構造にもかかわらず、実橋載荷試験によって、設計の妥当性を確認できたことはこれからのPC構造の多様性に大きく寄与すると思われる。

同時に、本橋が景観を考慮した珍しい円形の橋梁として地域になじみ、ランドマークとなることを願って止まない。

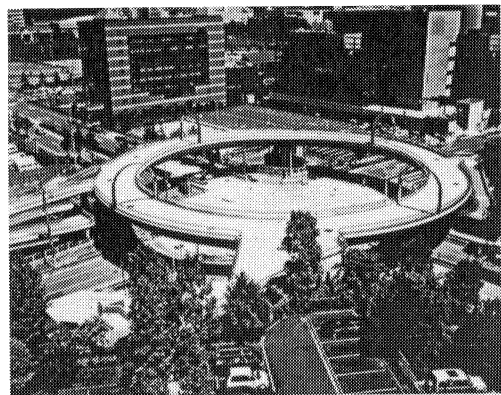


写真-3 全景