

# 機能分離支承を用いた端横桁の補強設計 (名古屋高速：八熊工区)

## Reinforcing Design for End Cross Beam Adopting High-performance Stopping and Bearing Devices (Yakuma Section, Nagoya Expressway)

番 條 敏 隆\*<sup>1</sup> 三 浦 憂 子\*<sup>1</sup> 尾 木 和 人\*<sup>1</sup> 栗 田 裕 之\*<sup>2</sup>  
 Toshitaka BANJO Yuuko MIURA Kazuto OGI Hiroyuki KURITA

### Summary

This report is described about the installation plan in plate girders and the detailed design of the upper-structure reinforcement works adopting high-performance stopping and bearing devices in the Yakuma Section of the Shinpo Line, Nagoya Expressway.

キーワード：機能分離支承、水平支承、鉛直支承、補強構造、横梁

### 1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震は、橋梁等各種構造物に甚大な被害をもたらした。それを受けて平成8年12月に改定された道路橋示方書では積層ゴム支承を用いた免震橋梁の設計体系が取り入れられた。その一方で、ゴム支承に地震時保有水平耐力法・動的解析を導入したことから支承の大型化を招く傾向となり、これがゴム支承

の設計・施工の懸案事項となっている。その対策の1つとして、近年では機能分離支承が注目されている。機能分離支承とは、従来のゴム支承が常時・地震時に受ける荷重を1つの支承で受け持たせているのに対し、常時・地震時各々に支承を設計し配置するものである。

名古屋高速道路新宝線においては、端支点部にこの機能分離支承を配置することとなった。

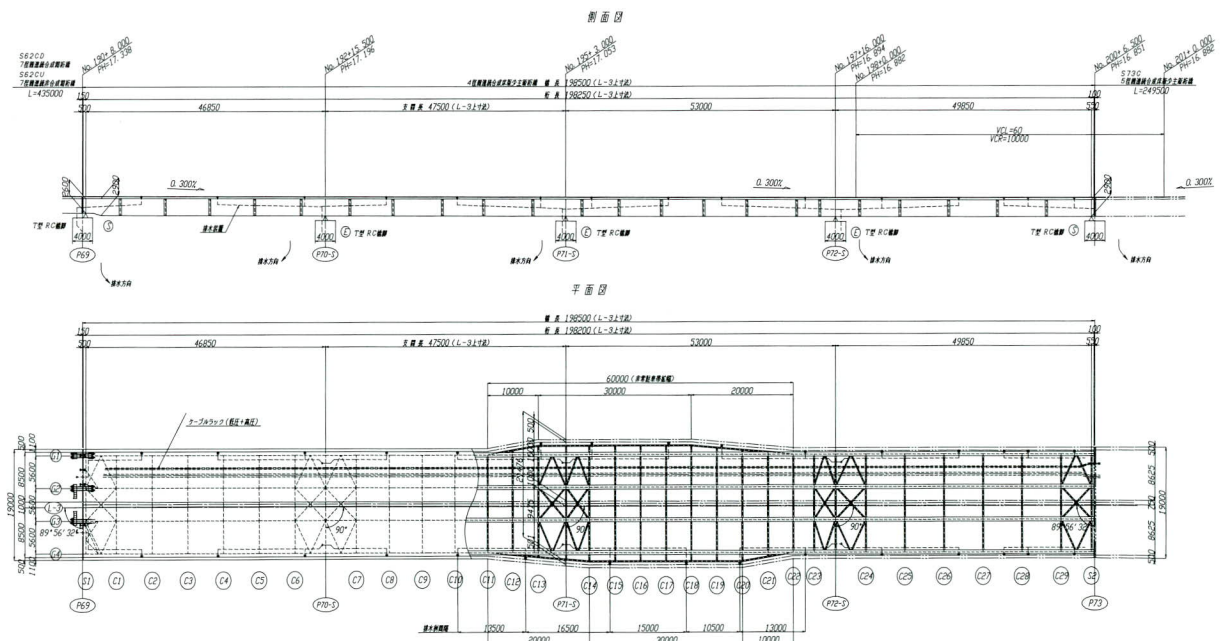


図-1 八熊工区4区間連続少主桁橋 (S69C)

\*<sup>1</sup>生産本部設計部設計一課

\*<sup>2</sup>営業本部橋梁営業部技術営業グループ課長代理

本報告では、機能分離支承の構造例並びに支点部補強構造の設計について述べる。新宝線八熊工区において宮地・駒井・佐世保特定建設工事共同企業体が設計・製作を担当した橋梁のうち図-1に示す4径間連続少主鉄桁橋（P69～73：RC橋脚）（以降「S69C」と称する）を対象とし、具体的に各支承の設置及びそれらに対する上部工の詳細設計に関して述べるものである。

## 2. 支承の設定

### (1) 機能分離支承とは

前項で述べたように支承の保持すべき機能として以下の2つが挙げられる。

- ① 上部工本体の常時荷重に対する機能
- ② 風時・地震時に水平方向にかかる荷重（水平荷重）に対する機能

ゴム支承の場合、これら2つの荷重を1つの支承で抵抗するように設計する。それに対し、機能分離支承はこれら2つの機能を別々の支承に分担させている。このように常時（鉛直方向）と地震時（水平方向）とで機能を別々の支承に分担させることにより、支承の軽量化を図りコスト縮減・簡素な設計が可能となる。

### (2) 鉛直支承の選定

本工事では、機能分離支承として鉛直支承に2方向BP-B支承、水平支承に高減衰ゴム支承（HDRゴム支承）を使用する。

鉛直支承の選定において、基本設計時はポットベアリング支承にて計画されていた。その理由として、単純なコスト比較ではポットベアリング支承の方が2方向BP-B支承よりも安価であったためであると考えられるが、詳細設計において検討した結果、下記の理由により2方向BP-B支承を採用することとした。

- ① 荷重集中点移動型であるポットベアリング支承は、荷重の移動が常に起こるため、上部工の下フランジ拡幅や煩雑な支点補強が必要となり鋼製桁には適さない箇所が多い。
- ② ポットベアリング支承の場合、移動量を抑えるために別途水平支承にジョイントプロテクターが必要になる。そのため総合的なコストを比較すれば2方向BP-B支承と差異があまり生じない。

### (3) 支承構造の特徴

#### 1) 水平支承

水平支承はHDRゴム支承構造とし、図-2に示すように上支承とフランジプレートとの間に隙間を設け、鉛直反力（下向き反力）を受けない構造としている。これにより、常時荷重や桁の回転によるゴムの回転抵抗を上部構造より伝達しないようにし、両サイドに設置される鉛直支承に反力が確実に伝達することが可能となるため、水平支承の形状を水平力のみで決定することが出来、支承高を低くできる。

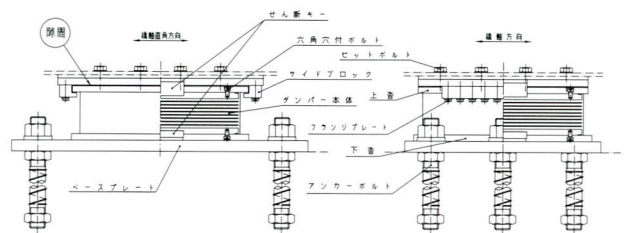


図-2 水平支承（HDR支承）

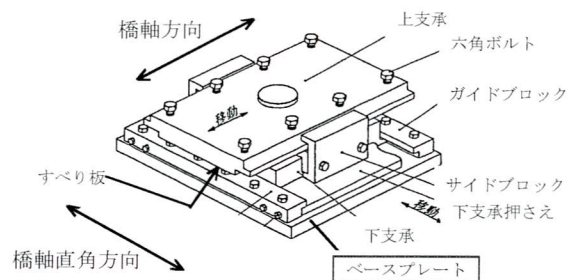


図-3 鉛直支承（2方向BP-B支承）

#### 2) 鉛直支承

鉛直支承は鋼製支承とし、下記①、②に示すように全方向の変位に対し追随できる構造を有している。（図-3参照）

- ① 温度や活荷重および地震時の橋軸方向の変形に対し上巻とすり板とのすり板で追随
- ② 地震時の橋軸直角方向の変形に対し下巻とベースプレートとのすり板で追随

また、下巻とベースプレートは下巻取り付けボルトにより連結されており、橋脚レベル1地震動に対してはジョイントプロテクターとして抵抗し、それを超える地震力に対してはボルトが破断することにより橋軸直角方向の変形に対して追随できる機能を有している。



#### (4) 機能分離支承の設置位置

機能分離支承を全て主桁上に設置しようとした場合、フランジ等の拡幅が必要になる。そのため、**図-4**に示すように鉛直方向の荷重に対して抵抗する鉛直支承は主桁上に、水平支承は支点上横桁直下に配置した。

支承の設置方向については、温度解析により桁の伸縮方向を考慮して決定する。本橋は直橋であり温度解析において直線的な挙動を示すため、支承の設置方向は桁の橋軸方向としている。

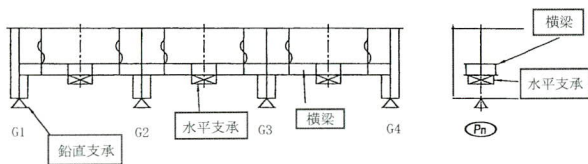


図-4 鈹桁支承取り付け要領図

### 3. 補強構造の設計方針

#### (1) 補強構造の選定

水平支承にかかる地震時の水平力に対して、水平支承が設置される横桁部は十分に安全な構造でなければならない。そのため横桁部の補強構造は、横桁下端を横梁形状にすることにより、

- ① 地震時水平力に対しては横梁部で抵抗
- ② 端横桁に対して常時作用する荷重に対しては横桁部で抵抗するような構造とした。(図-4, 5参照)

#### (2) 横梁構造のモデル化

横梁の設計を行うにあたり、横梁部のモデル化は以下のように行う。

- ① 横梁部は箱形状とし、**図-5**に示すように主桁間を支間とする単純梁モデルを想定する。
- ② 設計水平力は、保有水平耐力により算出した水平力を水平支承の設置位置に集中荷重(F)として載荷する。
- ③ 横梁は等価剛性の違いにより固有周期や地震時の応答解析結果に大きな影響を及ぼさないように、最大たわみを水平支承のレベル2地震時における最大変位の10%以下になるような剛性を確保する。

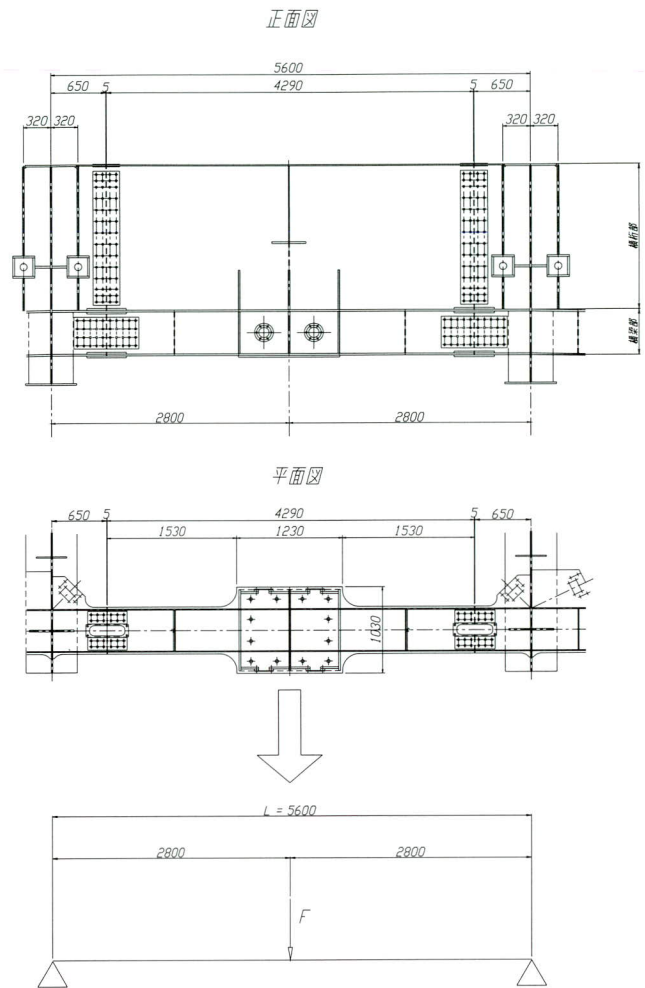


図-5 横梁のモデル化

#### (3) 水平支承設置箇所における補強構造の設計

水平支承部は、地震時の上部構造の慣性力を水平支承に確実に伝達できる構造とする必要がある。そのため水平支承設置箇所での補強構造は、**図-6**に示すようにモデル化を行い、以下の要領を満たす構造とする。

- ① 地震時水平力により水平支承の高さによる曲げモーメント(偶力)が作用するため、そのモーメントに抵抗できる構造とする。
- ② 偶力により水平支承直上のフランジや腹板に局部座屈が生じる危険性があるため、水平支承縁端に補強リブを設ける。
- ③ **図-7**に示すように橋軸直角方向の補強リブは横梁腹板(もしくは補強横リブ)間を支間とする単純梁、橋軸直角方向の補強リブは橋軸直角方向の補強リブ間を支間とする単純梁として設計を行う。

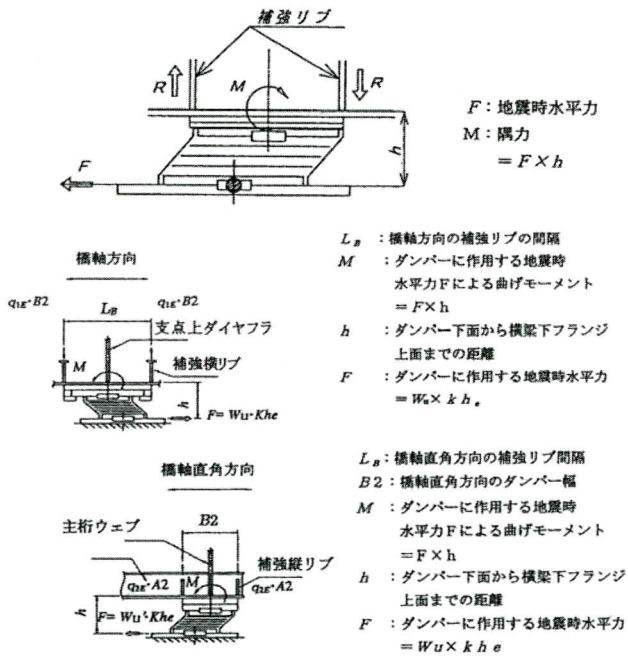


図-6 水平支承設置部にかかる荷重

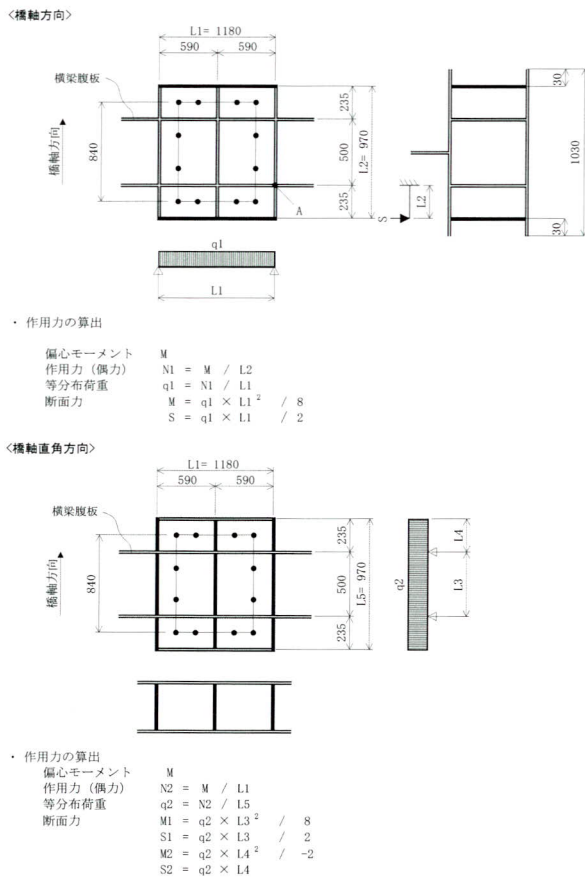


図-7 水平支承設置部にかかる荷重

#### (4) 鉛直支承設置箇所における補強構造の設計

主桁下部に取り付けられる鉛直支承設置は、鉛直荷重に対して十分な性能を有する構造とする。(図-8参照)

##### 1) 常時における荷重に対する補強構造

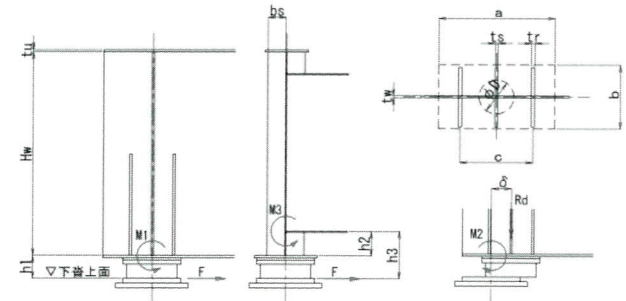
鉛直支承と上部工の取合い部は、死荷重及び活荷重の常時反力を支承に円滑に伝達できる構造とする。具体的には、主桁腹板、支点上補剛材により反力の伝達を行う。

##### 2) 地震時における荷重に対する補強構造

上部構造と鉛直支承の取り付け部は、図-8に示すように地震移動時に発生する荷重に対して抵抗できる構造とする。

- ① 鉛直荷重による鉛直反力
- ② すべり面の摩擦力による曲げモーメント
- ③ 地震時の支点移動による偏心曲げモーメント

1), 2) より、支点上補強材は軸力を受ける柱として設計し、偏心曲げモーメントなどにより支点上補剛材のみでの抵抗が難しい場合は、補強リブを設けるものとする。



最大反力  $R$  地震時の移動量  $\delta$   
 死荷重反力  $R_d$  支承の摩擦係数  $\mu$   
 摩擦水平力  $F = \mu \times R_d$

$$M1 = F \times h1 \quad (\text{橋軸方向})$$

$$M2 = R_d \times \delta \quad (\text{橋軸方向})$$

$$M3 = F \times h3 \quad (\text{橋軸直角方向})$$

図-8 鉛直支承設置部にかかる荷重

#### 4. 横梁の設計

3. (3) 章の設計方針に基づき、実際にS69Cにおける機能分離支承設置部補強構造の設計概要を以下に示す。

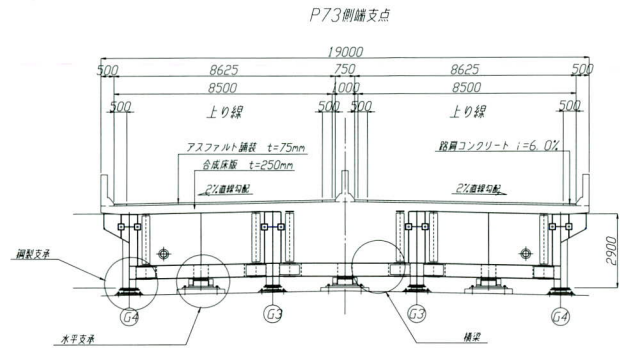
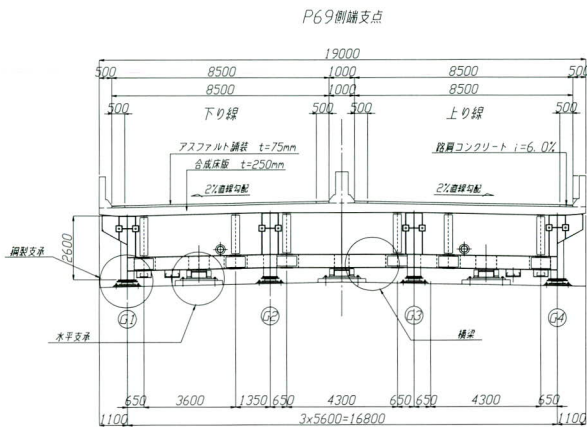


図-9 対象桁における機能分離支承の設置とその補強構造

### (1) 機能分離支承の配置

図-9に示すようにS69Cは主桁支間5.6mの少主鉄桁であり、前述の通り鋼製支承は支点上に、水平支承は横桁中央に設置した。また、横桁部には横梁を設けて地震時水平力に対して抵抗するようにした。

### (2) 横梁の構造詳細

横梁の構造詳細を図-10に示す。なお、横梁は水平支承の形状が大きいため水平支承設置箇所のみ拡幅を行う構造とした。

横梁は地震時の水平力が大きく支承形状が大きいため、支点部のみ姿幅を広げた。横梁フランジ幅は上支承幅にて一定とすることが理想であるが、水平支承が大きい場合、上支承幅で梁断面を形成すると主桁仕口部で横梁部が主桁腹板端部に納まらない。また、遊間が狭くなり、遊間での作業スペースの確保が困難となる。そのため本橋は以下の方針で設計を行った。

- ① 横梁の設置、遊間・作業スペースの確保を考慮して横梁一般部の寸法を決定。
- ② 水平支承設置部は下フランジ幅を水平支承の形状により決定し、拡幅を行う。
- ③ フランジの拡幅を行うに当たり、応力集中・疲労を考慮してフィレットを設ける。
- ④ 横梁部腹板は、荷重伝達性を考慮し水平支承設置箇所においても横梁腹板を連続させる。
- ⑤ 水平支承設置箇所には支承を取り付けの際に必要なセットボルト用作業孔を横梁上フランジ部に設ける。なお、開口は補強リブ設計の有効幅より外れた位置とする。

### (3) 横梁断面の構成について

横梁の断面計算は、剛度が最も低くなる継手部において作業孔の断面欠損を考慮し設計を行った。設計水平力は、レベル2地震時の水平力を用いた。

使用材質は、横梁のたわみを抑えるために剛度を高く設定する目的から剛性に有利なSM400材を基本に検討を行った。しかし、SM400材構成では使用板厚が厚くなり、製作性が懸念されたため、本橋はSM490Y材で設計を行い、たわみの照査を行った。その結果、SM490Y材構成としても最大たわみは約8.5mmとなり、水平支承の

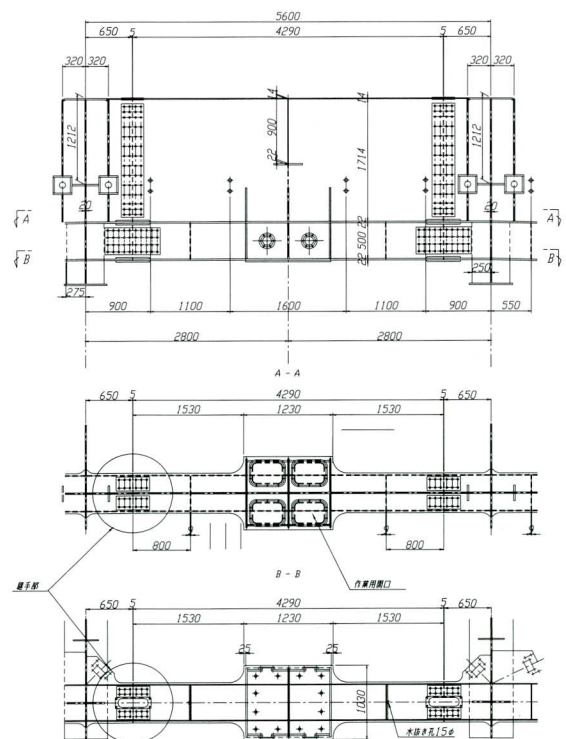


図-10 拡幅を行った横梁形状



最大たわみの10%以下に収まっていることが確認できたため採用した。

## 5. 横桁部の設計

前述において横梁構造について述べてきたが、横桁構造は横梁構造と一体となっている。そのため設計の際は、常時における荷重は横桁で抵抗し、地震時に作用する荷重に対しては横梁構造で抵抗するよう設計を行った。しかしながら実際は一体であることから、**図-11**に示すように横桁下フランジと横梁上フランジが兼用されるため、同箇所は横桁発生応力と横梁発生応力の合成を満足するよう設計している。横桁腹板は落橋防止偏向具を設置するため最低板厚22mmの板厚構成とした。

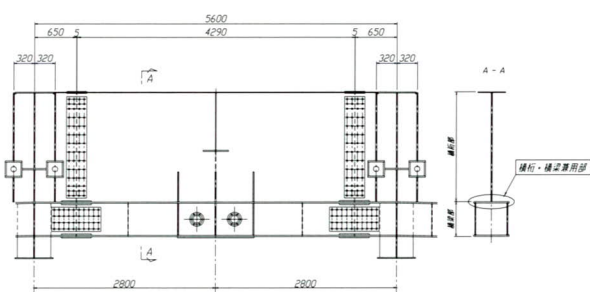


図-11 端横桁断面図

## 6. 最後に

近年における災害の増大により、土木構造物に求められる性能は益々重要になる。

そのような中で機能分離支承のように設計・施工の簡易化、諸問題の解消を目指した新しい製品の開発は、今後益々重要になると感じた。

最後に、ご指導を頂きました名古屋高速道路公社の皆様並びに関係各位に深く感謝いたします。

### <参考文献>

- 1) 鋼構造物設計基準 I 鋼橋編, 名古屋高速道路公社, H15.10.
- 2) 鋼構造物設計要領 (案), 名古屋高速道路公社, 2003.10.
- 3) 耐震設計基準, 名古屋高速道路公社, H15.10.
- 4) 鋼構造物標準図集, 名古屋高速道路公社, H16.4.
- 5) 道路橋示方書・同解説 II, 日本道路協会, H14.3
- 6) 道路橋示方書・同解説 V, 日本道路協会, H14.3.
- 7) 名古屋高速道路非線形動的解析実施要領 (案), 名古屋高速道路公社, H15.10.
- 8) 道路橋支承便覧, 日本道路協会, H16.4.

2005.11.7 受付

## グラビア写真説明

### 板橋相生陸橋

本橋は、環状8号線が都道及び首都高速5号線と三層に交差する部分に位置しており、首都高速下の中央径間部分の架設は、夜間交通規制を行い弊社と東急建設が共同で開発した『QS工法』を用いて施工を行いました。

この『QS工法』はまず、側径間の架設をクレーンによるベント架設工法で行い、次に架設された側径間の桁の上で、中央径間の架設桁を組立て、リフト付きの大型搬送車(ドーリー)で交差点にいきいきに引き出して架設を行う新技術です。本橋も側径間の桁上で組立てた架設桁を、台車で一旦送り出した後、大型搬送車2台に受け替えて移動し、桁降下を行いました。深夜にもかかわらず、近隣から地元の方達も多数見学に御見えになり、作業を見守って頂きました。

都市部における交差点や踏み切りなどの交通渋滞部の解消は、将来のテーマとなっており、立体交差点の橋梁の架設は、特に工期の短縮・最小限の交通規制が求められます。今回の架設を経験し無事終了出来た事は、非常に良い実績となるはずです。  
(渡部 陽一)

### 千住汐入大橋

本橋は、都市計画道路補助第109号線の隅田川を渡河する部分に位置しており、荒川区白髭西地区と足立区東部や葛飾区への人や物流の円滑な流れを担うと共に、災害時には、防災拠点となる白髭地区への避難路として利用が見込まれております。架設は右岸側径間をクローラークレーンベント工法、航路となっている左岸側径間は潮位の時間を考慮した上で、台船を利用しての一括引出し工法で架設しました。引出し当日は晴天に恵まれ、巨大な桁を引き出すと云う豪快さも手伝って、川辺のテラスや遊歩道には、近隣の住民の方々が大勢見学に御見えになり、見守れながら無事架設作業は終了致しました。  
(渡部 陽一)