

建築物の中を通る曲率半径が厳しい多径間連続立体ラーメン鋼床版箱桁橋の設計・架設（湊町北出入路）

Design and Erection of a Box Girder Bridge Through a Building with a Strict Radius of Curvature (Minatomachi North Entrance/Exit Way)

中 省 司*¹ 川村 敏 郎*² 佐藤 浩 明*³ 山本 健 博*⁴ 飯村 和 義*⁵
 Shoji NAKA Toshiro KAWAMURA Hiroaki SATO Takehiro YAMAMOTO Kazuyoshi IIMURA

嬉 克 徳*⁶
 Katsunori URESHI

Summary

The largest feature of the Minatomachi north entrance/exit way is through a building. This is because of preparation advanced city functions by using “graded road separation system” to allow an integrated systems for roads and buildings. By not only considering the traffic function of the expressway, but also designing an integrated urban area, with a bridge constructed through a building, the method wisely used the urban space.

キーワード：立体道路制度，連続立体ラーメン，鋼床版箱桁橋，隅角部，都市再生プロジェクト
 湊町リバープレイス，湊町北出入路，全断面現場溶接，合流，ランプ，曲線桁

1. まえがき

本報告は、都心部の宿命である厳しい空間制限のなか、高速道路への出入路建設を実現するため、建築構造物と道路部分を融合させるプロジェクトの一つとして実施した阪神高速・湊町北出入路の工事報告である。本プロジェクトは大阪都心「ミナミ」を、隣接した湊町地区まで拡張した回遊動線の形成により、さらに活性化した「新生ミナミ」に変身させるため、以下のように複合し

た整備目的を持って進められた。

- ①阪神高速道路の入路・出路の整備
- ②音楽施設を中心とした新しい集客ドーム施設の整備
- ③同施設内に高速道路休息パーキングエリアの整備
- ④同施設駐車場上に人工地盤による立体広場の整備
- ⑤道頓堀川に沿った立体広場につながる水辺施設の整備
- ⑥大阪の空港玄関口の大阪シティエアーターミナル（以下OCAT）・難波ウオーク・JR難波駅との融合地下通路の整備

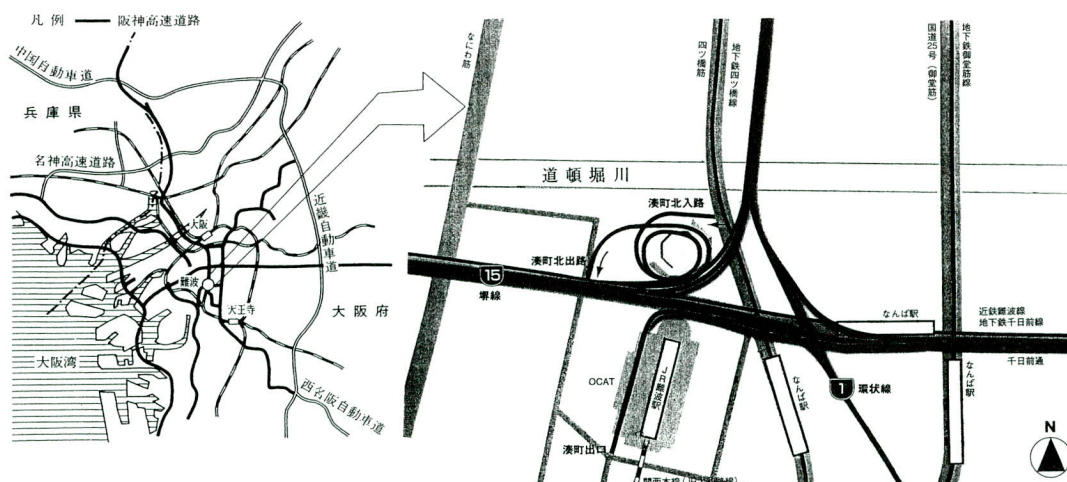


図-1 湊町リバープレイス位置図

*¹技術本部工事部部长
 *²技術本部工事部工事課課長
 *³技術本部生産技術研究所課長

*⁴技術本部工事部工事課
 *⁵千葉工場製造部計画課
 *⁶宮地建設工業(株)工事部計画グループ

本報告は、上記①の出入路建設において建築物の中を通る極端な曲率半径を有する鋼床版箱桁橋の設計・架設について報告する。また、本プロジェクトは、道路と建築物等の一体整備を可能とした「立体道路制度」(平成元年6月28日公布、建設省 9章に制度概要を示す)を活用し、大阪市(上記③・④・⑤・⑥)と阪神高速道路公団(上記①・③)が共同して施設整備にあたり「湊町リバープレイス事業」を実現、さらには阪神高速道路1号環状線と15号堺線合流部の円滑な交通流を確保できた。したがって、9章には、この立体道路制度の概要を、また、10章には道路空間の立体複合利用の事例を紹介する。

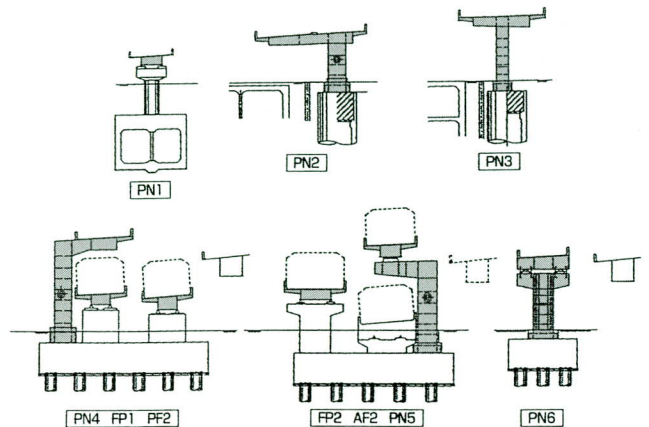


図-3 基礎および橋脚全体図

2. 工事概要

工事名称：湊町北出入路鋼桁および鋼製橋脚工事

路線名：大阪府道高速大阪堺線

工事場所：大阪市浪速区湊町1丁目3番1

工事位置図を図-1に示す。

施主：阪神高速道路公団 大阪建設局

大阪第二改築工事事務所

関連事業：湊町リバープレイス整備事業(大阪市)

工期：平成11年6月1日～13年12月15日

規格：C規格、1方向1車線ランプ、

設計速度：30km/h

施工会社：宮地・栗本建設工事共同企業体

施工重量：2049.064ton

最高鋼種：SM490Y(なおアンカーフレーム一部SM570)

写真-1および図-5に全景および透視図を示す。

図-2・3に示すようにONランプは、建築物の中を通る6径間連続立体ラーメン形式にて橋脚と一体化した鋼床版箱桁橋として設計した。また、図-4に示す建物ドーム施設内の2階部分に整備されたパーキングエリアからONランプに途中合流する設計としている。さらにONランプは既に供用されている阪神高速15号大阪堺線と円滑な合流を果たすため、既設鋼床版箱桁の径間中央に対して鋼床版箱桁形式の合流桁を供用下で連結する設計とした。

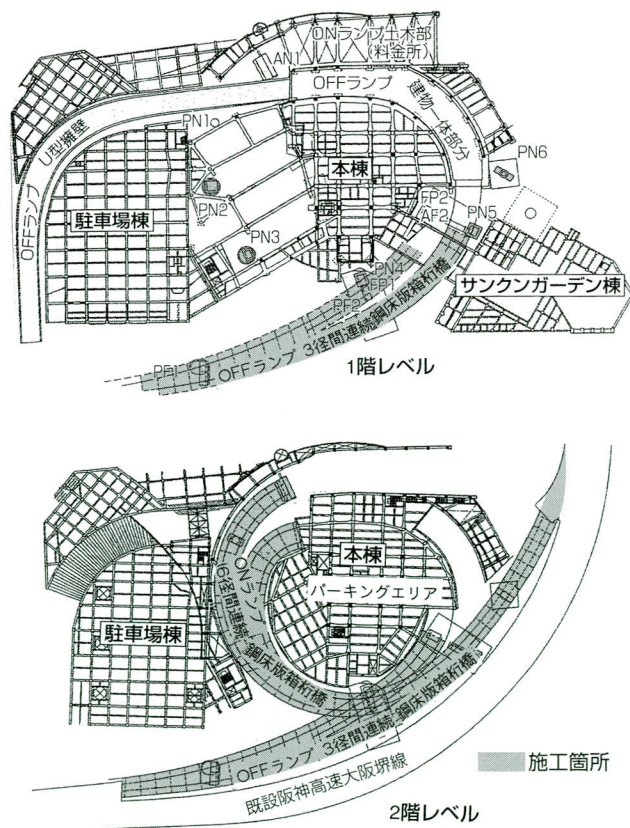


図-2 全体一般図

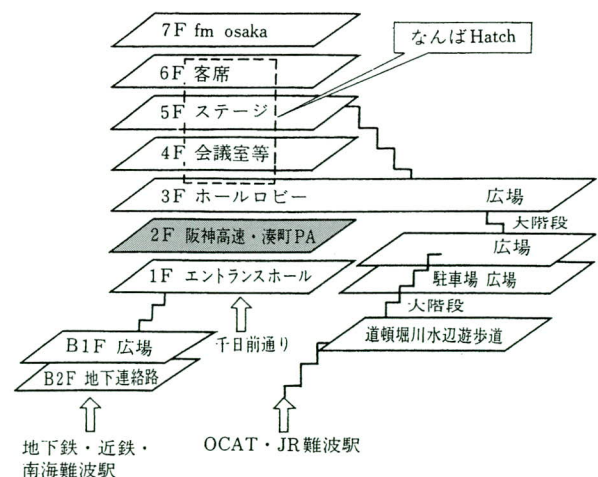


図-4 湊町リバープレイス内フロー構成

一方、隣り合うOFFランプは3径間連続鋼床版箱桁で設計し、ONランプをくぐり抜けながら建築物の地下にもぐり出口に至り、3径間連続鋼床版箱桁の中央径間で途中分流してパーキングエリアに進入する設計した。

3. 設計条件

- 1) 活荷重 B活荷重
- 2) 舗装 アスファルト舗装 (t=80mm)
- 3) 床版形式 鋼床版 (全長バルブプレート)
- 4) 壁高欄 鉄筋コンクリート製
(一部鋼製型枠範囲あり)
- 5) 付帯荷重 0.5KN/m²
- 6) 化粧板荷重 0.5KN/m²
- 7) 地盤種別 III種地盤
- 8) 設計震度

震度法 (許容応力度設計法)	Kh=0.30
タイプI 保有水平耐力	Kh=1.00
タイプII 保有水平耐力	Kh=1.46

4. 施工内容

- 1) 6径間連続鋼床版箱桁1連 - ONランプ (宮地)
ON-CL上 23.7+20.4+24.0+41.409+36.191+21.4m
PA-CL上 29.707+21.0+37.947m
最小平面曲率=20R、最小桁高=1197mm
- 2) 3径間連続鋼床版箱桁1連 - OFFランプ (栗本)
OFF-CL上 29.069+54.443+38.079m
PA-CL上 29.604+53.9+31.0m
最小平面曲率=25R、最小桁高=1219mm
- 3) 本線合流部連結桁1連-連結桁 (宮地)
ON-CL上 44.820m 既設桁仕口部撤去後、既設本線桁に高力ボルト摩擦接合
- 4) 鋼製橋脚、アンカーフレーム 各5基
PN2、PN3、PN4 主桁剛結橋脚 (宮地)
PN5、PN6 単独橋脚 (栗本)
- 5) 入出路部既設桁改良工
- 6) 支承工 ゴム製および鋼製
(負反力対応部分は鋼製)
- 7) 高欄工・化粧板工・ケーブルラック工
- 8) 落橋防止装置工・伸縮継手工

このように複雑な計画は国内では事例がなく、設計・架設段階において以下のような問題点をクリアする必



写真-1 湊町リバープレイス全景

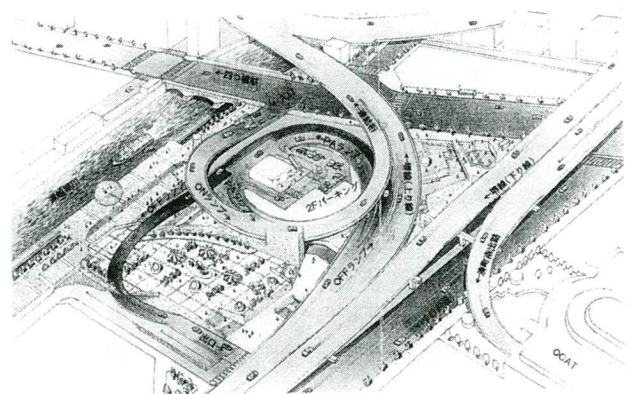


図-5 透視図

要があった。

- ① 主桁は空間共有を可能とするため、最小曲率半径35mの線形計画とするが、いかにして連続桁端支点部の負反力を低減させるか。
- ② 主桁は建築物との建築限界から極端に扁平な鋼床版箱桁構造とするため、橋脚との隅角部は狭隘で複雑な板組構造となり、入念な溶接施工検討が必要であった。
- ③ 建築構造物との取合部での車両通過時騒音・振動対策、かつ防水性・補修性の良い構造要求が建築施主より示された。
- ④ 供用下で既設鋼床版箱桁に連結桁を結合させるが、既設桁に影響の少ない連結構造をどうするか。

5. 線形計画

本プロジェクトでは、建築物・JR・河川・地下構造物・一般道路・街路等の多岐にわたる取り合いがあり、建築設計としては通常用いられない国家座標を用いて設計座標系統一がなされている。設計図面は、パソコン上

の仮想国家座標軸上で全参加企業がAutoCad97プログラムを共通使用し、全図面が同一図面に合体できるように進めていった。建築物と道路建築限界の3次元クリアランスのチェックは建築・道路計画者間で共に難題であり、線形計画における留意事項を以下に示す。

1) 箱桁の桁高制限に対して

ランプ及び建物の将来のメンテナンススペースを含めた桁下空間を確保するため、腹板の有効高さを比較的強く押さえられる鋼床版箱桁形式を採用、製作可能な最小桁高1197mmで設計した。また、下部工の鋼製橋脚と一部剛結合させる立体ラーメン構造を採用して、ONランプの下にOFFランプを通過させながら縦断勾配を最小に押さえ（最大9%）、ONランプの縦断視距（最小31m）を確保している。主桁腹板への水平補剛材は極端に低い桁高のため設けず組立て材片ピース数を減らした。

2) 平面線形・横断視距に対して

ONランプ平面線形はR=150m~R=35（ON中心上）、20m（PA中心）まで変化させている。幅員は合流および横断視距のセットバック量を確保するため、16.3m

から6.3mまで大きく変化する。橋脚外形寸法は、OFFランプ桁とONランプ鋼製橋脚柱との干渉照査および下部工ケーソン基礎頂版に橋脚アンカーフレームを納めるためONランプ柱断面を必要最小寸法で決定した。

OFFランプ平面線形はR=200m~A=50m（OFF中心上）、25m（PA中心）まで変化させている。幅員は分流および横断視距のセットバック量を確保するために、5.5mから12.9mまで大きく変化する。このため、ON・OFF共に鋼床版の縦リブにはバルブプートを使用した。

6. 設計計画

- ① ONランプ主桁は、パーキングからの合流桁と中間橋脚位置にてONランプ桁への合流を有するノーズを設置する。したがって、2系統の1BOX形式から1系統の1BOXへと合流させる。支点は、立体解析をすることで橋体や橋脚基礎に与える影響を少なくできる配置検討をした結果、端支点が可動（鋼製支承）、中間支点PN1を可動（ゴム支承）、中間支点PN5を1

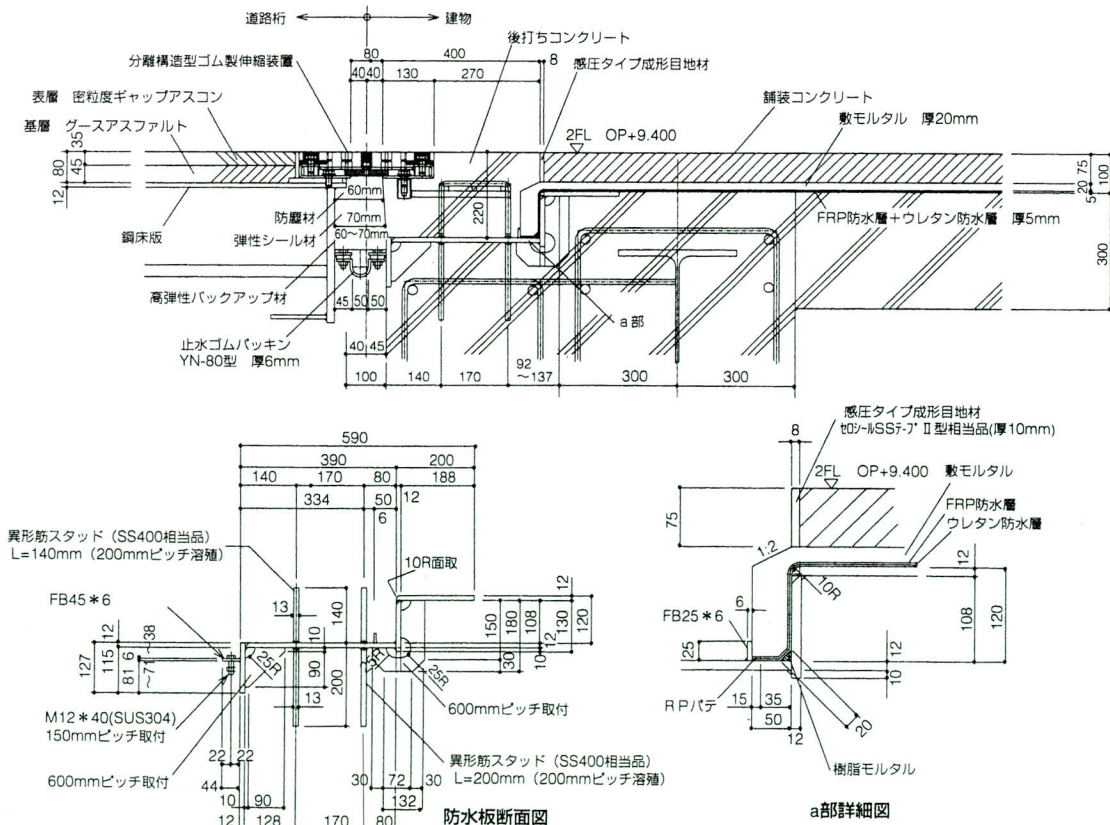


図-6 建築との取合い詳細

支承の固定（ゴム支承）、PN2～PN4を上下部一体剛結橋脚とした。なお、端支点は負反力対策のため鋼製支承とした。

- ② OFFランプ主桁には、中央径間で出口方向とパーキング向への分流を有し分流ノーズを設置する。したがって、主桁は中央径間で分岐構造となり、1BOXから2BOXへと分岐させる。支点条件は、中間支点を固定（ゴム支承）、端支点を可動（鋼製支承）とした多点固定である。端支点は負反力対策のため鋼製支承とした。
- ③ 常時負反力が発生しないよう一部端支点は、箱桁腹板直下に支点を設置せず、アウトリガー構造の張出し先端部に設置している。（on,off共）
- ④ 構造解析には桁と橋脚を一体とした立体解析を採用。
- ⑤ 橋脚横梁の鋼床版縦リブには主桁断面としての連続性を保つため平リブを採用した。
- ⑥ 建築物との取合部の伸縮装置には、車両通過時の振動・騒音を最小とするため段差吸収能力および補修性能に優れたゴム製ジョイント（ダイアフリージョイント）を採用し、防水処理対策として以下の特別な設計を行った。取合い詳細を図-6に示す。
 - a) 建物側に水の逆浸透を防止するため防水層端部を立ち下げ、その下に鋼製の防水板を潜り込ませた。
 - b) 防水板にスタッド溶植して、躯体コンクリート横梁と後打ちコンクリートの一体性を確保した。
 - c) 防水板の上に滞水させないため、導水部を有する止水ゴムを設けた。
- ⑦ 既に修景されている周辺景観や湊町リバープレイスとのデザイン統一感を出すため、湊町リバープレイス建屋から露出する主桁範囲には外装板を設置し修景した。なお、排水管やケーブルラックは全て外装板内に納めた。
- ⑧ 落橋防止装置は、景観に考慮しゴム被服チェーンを橋脚天端と桁下フランジ間の全端支点部に設置した。
- ⑨ 脚隅角部近傍の継手形式は、建築との調和や周辺環境を考慮して現場溶接継手としている。また、同地区での橋脚への落書きが後を断たないため、落書きはがしが簡単にできる塗装仕様を一部橋脚に採用した。
- ⑩ 桁と立体隅角部を形成するPN2、PN3、PN4橋脚の組立模型を数パターン作成して作業空間や組立・溶接

手順に対して入念な検討を行った。

- ⑪ PN2橋脚はONランプとPAランプの合流ノーズに位置し横梁張出し長が8.5mと長いため、2ブロックの全断面現場溶接を採用した。

7. 既設本線桁との連結影響照査

昭和39年代に本線は供用を開始しているが、当時、将来の合流ランプ線形は暫定決定されていた。したがって、既設本線鋼床版箱桁の支間中央部には、写真-2に示すように合流ランプ結合用仕口が既に準備されていた。しかし、本工事の線形計画検討段階にて合流曲率が $R=30m$ から $R=150m$ へ緩和し、合流に対して建設当初計画と大きな線形変更が行われた。このため、スムーズな剛結合構造にて要求線形確保を果たすため、ランプ桁結合仕口2ブロックを撤去して、新たな連結桁とともに製作し直すこととした。なお、供用中の既設桁から2ブロック撤去を実施するためには、本線規制や四つ橋線（市道）交通規制および夜間全面通行止めを行う必要があった。また、合流ノーズ部からの横断視距を確保するため、結合箇所の前進方向にも更に鋼床版拡幅を実施した。その際、既設鋼製高欄をコンクリート高欄に変更した。

一方、連結桁（橋長44.820m）結合では、既設本線桁（3径間連続鋼床版箱桁）への荷重増加による主桁応力度超過量を「既設橋梁の耐荷重照査実施要領（案）〈改訂版〉」（平成6年4月）の手順にて全断面を照査した。その結果、全断面にて上記要領（案）の照査式1.0以下となった。また、許容応力度レベルにて3断面に応力超過があったが最大5%程度であったため、解析時の付帯荷重余裕分や過去事例を勘案し断面補強しないこととした。



写真-2 既設本線桁の結合仕口

8. 架設計画

本工事の工事敷地内外では、発注者の異なる湊町リバープレイス・高速道路工事・河川工事・地下通路工事・周辺道路整備工事など、さまざまな工事が輻輳して実施された。

そのため、建築JVにおける鉄骨建方タイミングおよび下部工事完了時期と桁架設時期・箇所が錯綜する等さまざまな問題があり、日々綿密な調整を行った。以下にその概要を示す。

- ① 本工事の逆正八角錐形のオーバーハングした建物のオーバーハング部の建方開始までに入路ONランプおよび入路PAランプの架設を完了させた。
- ② 曲率半径の厳しい線形形状故に、ONランプおよびOFFランプにおいては、側床版を除く1BOX断面の最大幅が9mにおよんでいる。そのため、工場からの輸送限界幅（最大3.5m）確保のため、コの字型の半割れ形状の桁ブロックとして輸送している。したがって、写真-3に示すように2~3ピースを現場にて予め1BOX形状に地組立し、最大360tonの大型クレーンにてブロック架設する工法で工期短縮を図った。
- ③ オーバーハング部鉄骨建込み位置と隣接する供用中の本線3径間連続鋼床版箱桁（15号大阪堺線）とは直線水平距離にして5m程度しか離れていない。そのため、供用路面上への飛来落下物に対する安全対策のためゴルフ場で使用する防護ネットを仮設置し、鋼床版側面の耳桁にネット用支柱の転倒防止材を設置した。
- ④ 建築本棟の建方が進むと計測基準点が見通せず、位置確認ができなくなるため周辺ビル屋上数カ所に建

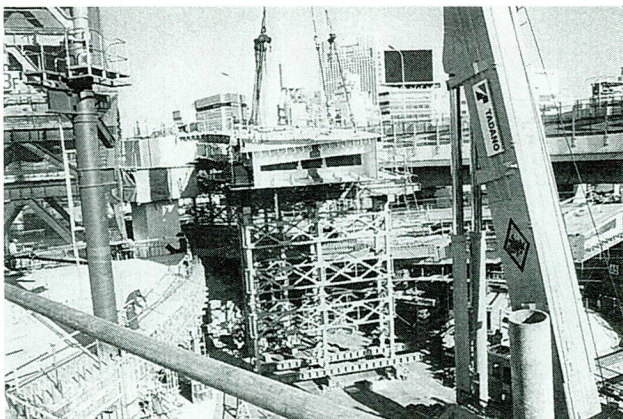


写真-3 ランプ桁地組後の一括架設状況

築との共通のGPS既知点およびベンチマークを設置し3次元精度管理を行った。

- ⑤ 桁および橋脚の塗装は工場塗装を基本とし、部材接合部のみを現場塗装として工程短縮させた。上塗り色は近隣のOCATと同一色を採用した。
- ⑥ 建築建方開始前に脚基部のコンクリート根巻を完了させる必要が生じたため、その後の桁精度管理レベルに大きな影響があった。

9. 立体道路制度の概要

都市部における高速道路整備は、それを上回るスピードで都市化が進み、都市の過密化により道路空間の確保はますます難しくなっている。建設用地取得に際しては、土地所有者の現住地活用計画、代替地の取得難に加え、地価の高騰、地域分断などによりなかなか新しい道路事業が進められないまま道路渋滞は激化している。

さらに、都市空間の高度利用や高速道路建設と開発により地域社会を活性化するため「都市再生」が求められている。しかし、昭和の時代まで法律的には道路の上下空間に建物を建設することは、良好な市街地環境を確保するなどの観点から原則禁止されていた。道路法、都市計画法及び建築基準法でそれぞれ制限されており、許可は極めて限定的にしか認められていなかった。

そのため以前から「道路として利用する空間」と「建物として利用する空間」をお互い調整しあい、両者の併存を認めた利用しやすい新制度が望まれていた。

このような中、平成元年11月、道路の区域を立体的に限定し、それ以外の空間を自由に利用することを可能とした新しい制度「立体道路制度」が施行された。本制度は道路法、都市計画法、都市再開発法、建築基準法等における関係法律を改正し、道路と建築物等の一体整備を可能とする改正条文から成り立っている。

この制度を適用すれば、制限の一部が解除され、道路の上下空間に建物を一体的に整備することが可能となった。

都市計画道路区域のうち、建物の敷地として併せて利用すべき区域（重複利用区域）と建物建築が可能な上下の範囲（建築限界）を定めることにより、特定行政庁の認定を得て道路内でも建物建築が可能となり、市街地環境に配慮した建物と道路の一体的整備と相互の機能向上が推進できるようになった。[ただし、立体道路制度が適用される道路は、自動車のみの交通の用に供する道路

またはこれに準じる道路（特定高架道路等）に限られ、一般道路には適用されない（通達）]

さらに、平成12年5月に都市計画法及び建築基準法の一部が改正され、都市計画に道路等の都市施設を整備する立体的な範囲を定めることが可能となり、道路等の整備に支障が生じないことが明らかな建物の建設に係る規制が緩和された。また、建築基準法上の道路に地下におけるものが含まれないことが明文化された。

この法改正と立体道路制度を組み合わせることで、都市部においては道路と建物との一体整備をより進めやすい環境が調った。

構造的に道路と建物が一体整備される場合、建物側が道路部分を支える形式となっているものを「道路一体建物」といい、建築物の柱や梁に道路部分が載っている形式が一般的である。湊町南出路・湊町北出入路・りんくうタウンがこの形式にあたる。

「道路一体建物」では、道路の権原としては、土地については共有持分、建物については建物の所有者と結ぶ道路一体建物に関する協定に基づき使用する権利を取得する。この協定は、法律上特別な扱いがなされ、新たに建物の所有者となった者に対しても効力を有する。また、管理方法も協定の内容に盛り込むことになる。

10. 道路空間の立体複合利用事例（阪神高速道路公団）

①～③は立体道路制度施行以前の整備事例

④～⑦は立体道路制度施行後の整備事例

① S字橋（大阪池田線）

大阪の朝日新聞社ビルの中を阪神高速道路が貫通している。現在道路上空は体育館として道路の下は業務・配送施設として利用されている。昭和40年代に既に都市部の道路建設制約を見事にクリアーした立体複合施設として先駆的な事例である。

建築主体：朝日新聞社

② 船場高架橋（東大阪線）

船場は大阪市街中央部、東区・南区にまたがる商業・金融の中心地で、道路とビルを一体化した船場ビルがある。道路用地に地上4階地下2階のビル10棟を建設し、その中に地権者が入りビルの上には都市計画街路（築港・深江線）+阪神高速道路の12車線を通して

いる。

建築主体：(株)大阪市開発公社

③ 木津市場・新川商店街地区

木津市場に地上2階ビルの上に高速2車線を通して

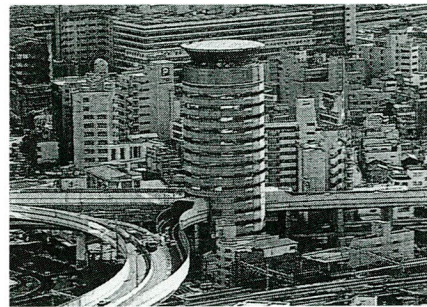
る。

建築主体：(財)阪神高速道路協会

④ 梅田出口（11号大阪池田線）

1992年供用開始 分離構造

高速道路出口を民間事務所ビルの中（5～7階部分）を貫通している。道路の権原としては区分地上権を設定していたため、道路とビルは構造的に分離している。

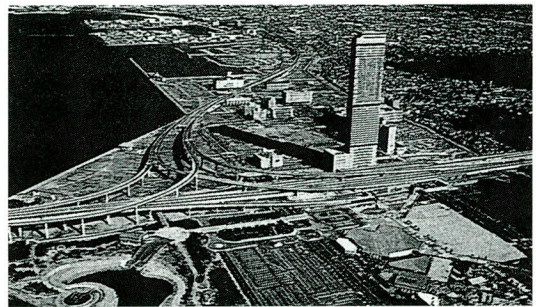


⑤ りんくうジャンクション（4号湾岸線）

1994年供用開始 道路一体建物

道路一体建物としてはわが国初のケースで、湾岸線と日本道路公団の関西空港自動車道の整備と併せて、その高架下空間を利用して大阪府が道路一体建物を整備した。道路の権原は共有持分を取得している。

建築主体：大阪府



⑥ 湊町南出路（15号大阪堺線）

1996年供用開始 道路一体建物

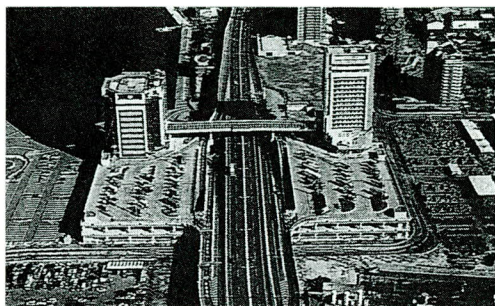
OCATと一体整備した高速道路出口。道路の権原は共有持分を取得。建築主体：(株)湊町開発センター



⑦ 泉大津パーキングエリア（4号湾岸線）

1996年供用開始

土地所有が建築したビルのフロアーを公団が区分所有しパーキングエリアとしている。道路の権原はビルの敷地部分の共有持分（区分所有権に伴う敷地利用権）を取得している。建築主体：泉大津港湾都市(株)



11. おわりに

プロジェクト実現のための協議課程において「土木技術者のもつ常識」と「建築技術者のもつ常識」に大きく開きがある部分のあることが明らかになった。（特に騒音・振動・線形計画・維持管理等の問題解決に際し）このため、建築・土木技術者間で互いに理解を深めるため、協議を繰り返し当初工程通り平成14年4月に供用開始することができた。今後、「渋滞解消」や「都市部における合理的な土地の高度利用」を実現する手法として立体道路制度の有効活用がますます重要視されると考えている。本報告が同種プロジェクト実現の参考になれば幸いである。

最後になりましたが、このような複雑な難工事を無事故・無災害で竣工できたことは、本工事の計画・設計・施工にあたり格別なるご指導をいただきました阪神高速道路公団大阪建設局・設計課・施設課の方々、大阪第二改築工事事務所の皆様ならびに関係各所のみなさま方にささえられたものであり、ここに深く感謝の意を表すさせていただきます。

<参考文献>

- 1) トヨタ交通環境委員会：都市空間と道路づくり，平成元年8月
- 2) 建設省道路局 都市局 住宅局 立体道路制度研究会：立体道路制度の解説と運用，平成2年5月
- 3) 阪神高速道路公団 大嶋 昇：道路，pp.68～69，平成13年10月
- 4) 志村敦，渡辺一郎，尾上清治，他：建築技術，pp.12～50，平成13年6月
- 5) 阪神高速道路の立体利用：阪神公団ホームページリーフレット集
- 6) 大阪市経済局：大阪市主要プロジェクト集，平成11年1月

2003，1，28 受付

グラビア写真説明

常新荒川B

「つくばエクスプレス」は平成17年度開業をめぐし首都圏新都市鉄道(株)を事業主体とし、日本鉄道建設公団が建設を進めている、都内の秋葉原を起点とし、埼玉県、千葉県を経て茨城県つくば市に至る延長約58kmの都市高速鉄道新線です。荒川橋梁は足立区内の荒川をまたぐ橋長448.05mの複線3径間連続鋼床版下路トラス橋です。耐候性鋼材に景観塗装を採用し景観へ配慮しています。中央景観192.850mは完成すると鉄道単独トラス橋梁としては、日本で最長となります。

(久留宮)