

## 大型移動防護構を用いたPC橋の張出し施工 [阪神高速道路池田工区 (その3) PC桁工事]

岡本 保\*1・畑中 英俊\*2・佐々木 康勝\*3・渡辺 浩志\*4

### 1. はじめに

本橋は阪神高速道路大阪府道・兵庫県道高速大阪池田線（延伸部）が、大阪府池田市神田4丁目地内で中国自動車道および国道176号BPに立体交差する位置に架橋される上下線一体構造のPC3径間連続ラーメン箱桁橋である（図-1）。

この阪神間の北部地域は、大阪都市圏のベッドタウンとして急速に発展した市街地が形成されている。その中で本橋の中央径間は前述の2つの主要幹線道路を跨ぐ位置にあり、工事期間中の通行車両に対する飛来落下災害防止等の安全対策、そして地域経済・社会活動の大動脈となっている両主要幹線道路に対する交通規制の影響等を考慮して施工方法を決定する必要があった。

両主要幹線道路に対する防護工の計画、およびPC橋の施工計画について種々の工法の比較検討を行った。

そして両主要幹線道路に対して一時的な車両規制のみで施工が可能となる大型移動防護構を併用した張出し架設工法が採用された（写真-1）。

これは橋体が順次張り出されるのに伴い、ワーゲン後方に橋体を包み込む構造となっている大型移動防護構を5m単位に設置し、ワーゲンと大型移動防護構により両主要幹線道路の通行車両に対して安全対策を施すもの



図-1 位置図

である。

本稿はこのような都市内の主要幹線道路を横架するPC橋工事例として、池田工区（その3）PC桁工事における計画と施工について述べるものである。



写真-1 大型移動防護構

\*1 Tamotsu OKAMOTO：阪神高速道路公団 大阪第二建設部池田工事事務所 技術第二係長

\*2 Hidetoshi HATANAKA：阪神高速道路公団 大阪第二建設部池田工事事務所 技術第二係主査

\*3 Yasukatsu SASAKI：ピーシー橋梁・鉄建建設・日本鋼弦建設工事共同企業体 所長

\*4 Hiroshi WATANABE：ピーシー橋梁(株) 技術部設計第二課 課長代理

◇工事報告◇

2. 工事概要および設計条件

工 事 名：池田工区（その3）PC 桁工事  
 路 線 名：大阪府道・兵庫県道高速大阪池田線（延伸部）  
 工 事 場 所：大阪府池田市神田4丁目地内  
 橋 長：278.000 m  
 支 間 長：72.000 m+125.000 m+79.000 m  
 幅 員：有効幅員 2×8.200 m（全幅 18.000 m）  
 平 面 曲 線： $R=2\,400\sim R=\infty\sim R=2\,200$   
 縦 断 勾 配：1.8107 % ↗ ↘ 1.800 %  
 横 断 勾 配：2.000 % ↗ ↘ 2.000 %  
 活 荷 重：TL-20  
 設計水平震度： $K_h=0.25$   
 構 造 形 式：PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋

3. 工事環境

すでに述べたように、本橋は大阪都市圏のベッドタウンである市街地に建設される都市内の PC 橋で、地域経済・社会活動と直面した PC 橋の建設工事といえるものであり、工事環境としては次のように非常に厳しい条件下にあった。

- 1) 都市内 PC 橋の建設工事
  - 周辺環境・地域住民への配慮
- 2) 中国自動車道・国道 176 号 BP と立体交差（日平均交通量 合計約 14 万台）
  - 工事・通行車輛に対する安全対策
  - 経済・社会活動に対する影響のミニマム化
- 3) 複雑な建築限界と立地条件の制約
  - 路下道路高速走行空間の確保 ( $H=6\text{ m}$ )
  - 主桁中心と橋脚中央が 2 m 偏心
- 4) 大阪国際空港近郊のため、航空法による制限  
 また国道・中国自動車道の道路管理者と本橋に対する設計・施工協議を行い、供用道路上の建設工事のため大阪府警の指導のもとに施工を行った。

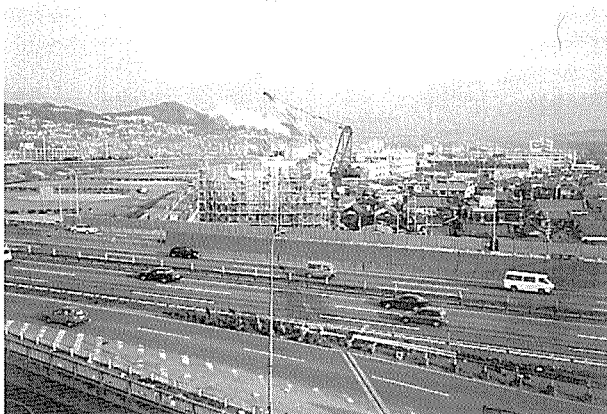


写真-2 架設地点（P 27 橋脚より）

4. PC 桁工事の計画

4.1 防護工の計画

本橋の橋梁計画において、通行車輛に対する飛来落下災害防止等の安全対策は最も重要な課題である。両主要幹線道路に対する防護工の計画が、計画当初から本橋の施工計画と併せて検討された。

防護工の基本的な概念としては、既設道路に大屋根を設置して落下物を防護するものである。しかしながら、本橋においては次のように大規模な防護工が並行して必要となる（表-1）。このため防護工の施工方法として次の6案にわたって検討した（表-2、図-2）。

これらの検討案は、防護工の施工方法として、

表-1 防護工の大屋根スパン長

路 線 名	防 護 工
国道 176 号（西行）	大屋根スパン長 23 m
中国自動車道（西行，東行）	大屋根スパン長 36 m
国道 176 号（東行）	大屋根スパン長 21 m

表-2 防護工検討案の比較

検討案	施 工 法 概 要	評価
第 1 案	防護工・一括架設工法 ( $L=36\text{ m}$ ：中国自動車道からの架設)	×
第 2 案	防護工・二分割架設工法 ( $L=18\text{ m} \times 2$ ：中国自動車道からの架設)	×
第 3 案	防護工・二分割架設工法 ( $L=18\text{ m} \times 2$ ：平面道路からの架設)	×
第 4 案	防護工・押し出し架設工法 ( $L=36\text{ m}$ ：一箇所での押し出し後、横移動あり)	×
第 5 案	防護工・押し出し架設工法 ( $L=36\text{ m}$ ：前箇所での押し出し後、横移動あり)	×
第 6 案	張出し架設工法 + 移動防護構（ワーゲン後方に、防護構を順次設置）	○

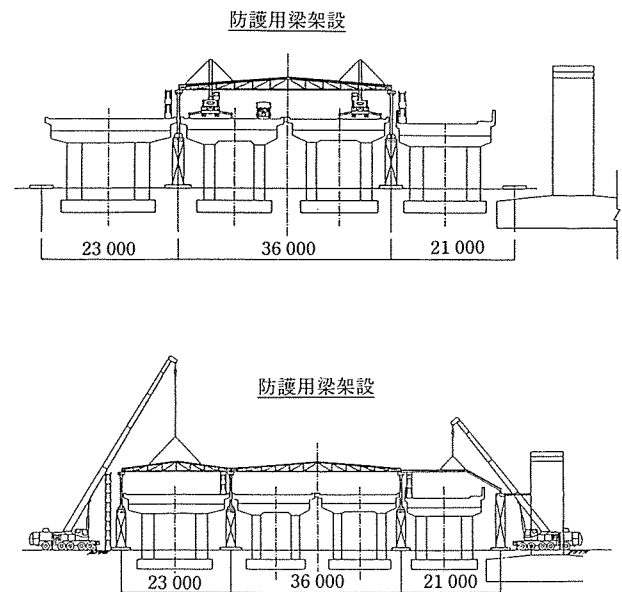


図-2 防護工検討案例（第1案）

- 1) トラッククレーンを利用した防護工の架設
- 2) 押し出し工法による防護工の架設
- 3) 張出し架設工法と移動防護工の組合せの3タイプを基本とするものである。

そしてトラッククレーンを利用した防護工の架設案においては、中国自動車道を利用して一括架設した場合と両脇の平面道路等を利用して二分割架設した場合等について検討した。

また押し出し工法による防護工の架設案においては、防護工大屋根の主梁を押し出し架設後に横移動させる場合と押し出し位置を順次移動して主梁の横移動が必要ない場合とについて検討した。

検討内容としては防護工の架設・撤去の手順、工程、機材設備、安全性に、さらに交通規制、作業用地の確保、地域住民への影響等が付加された。通行車輛が上下線合計で1日当たり14万台以上に及ぶ両主要幹線道路に対して、長時間・数回に及ぶ交通規制および道路占有することは、社会的影響があまりにも過大であると予想された。

このため従来の基本的な大屋根式防護工とは異なる新しい移動式の防護工（大型移動防護構）と張出し架設工

法と組み合わせることにより本橋の施工を行うこととした。

#### 4.2 上部工の計画

大型移動防護構を併用した張出し施工の検討フローを図-3に示す。防護構自重が、荷重として主桁に作用するため、大型移動防護構の設置・移動を主桁の設計において考慮する必要がある。主桁の設計と大型移動防護構の設計を並行して行った。

本橋の構造形式としては、PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋が選定された。支間長は両主要幹線道路の交差位置およびランプ橋との建築限界より橋脚位置が限定されているため、終点側の側径間長がやや長い支間割りとなっている。さらにP 28 橋脚においてはランプ橋との建築限界より、主桁中心と橋脚中心とが橋軸直角方向に2.0 m 偏心した構造となっている。

断面形状は隣接工区とは異なる全幅18.0 mの上下線一体構造の2室3主桁箱桁断面である。

桁高は柱頭部で最大支間長125 m に対して一般的な範囲の高さ  $H=7.0$  m (桁高支間比  $1/17.9$ ) であり、支間中央および端支点では  $H=3.5$  m (桁高支間比  $1/35.7$ ,  $1/20.6$ ) である (図-4, 5)。

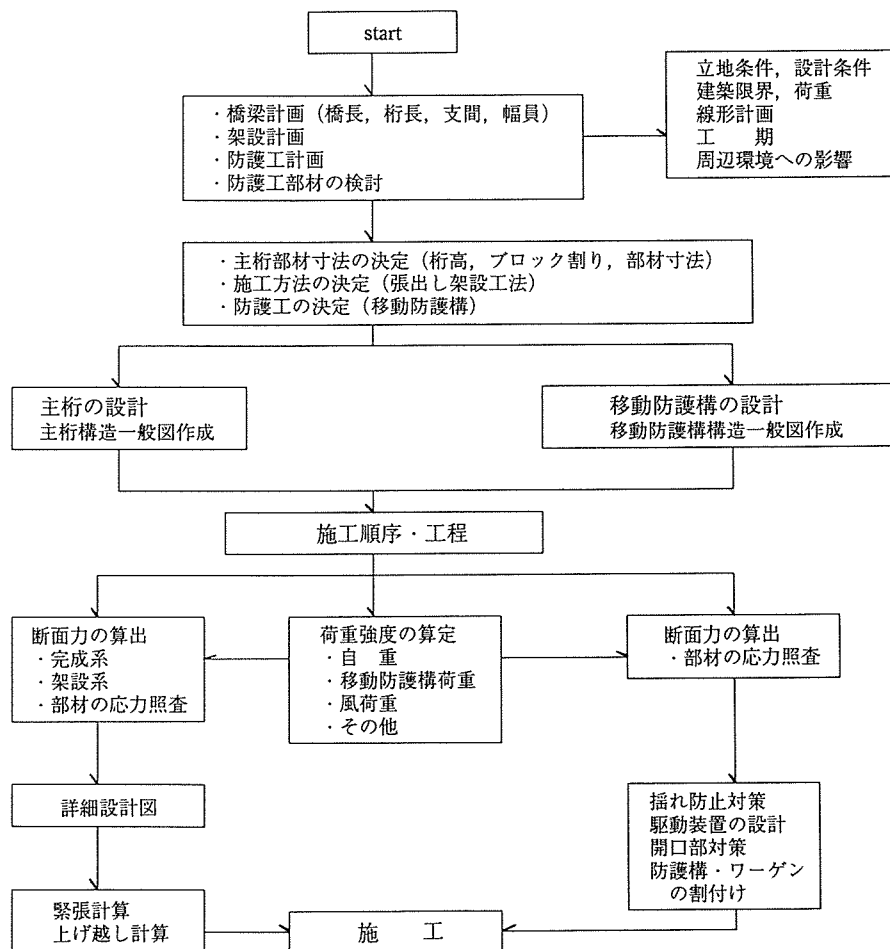


図-3 大型移動防護構を併用した張出し施工の検討フロー

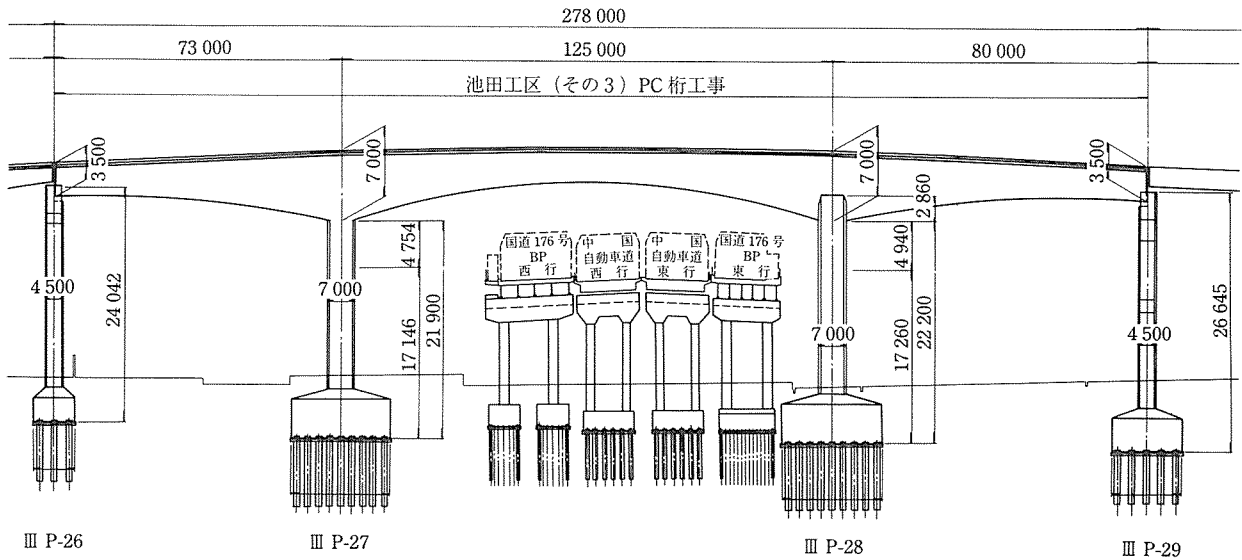
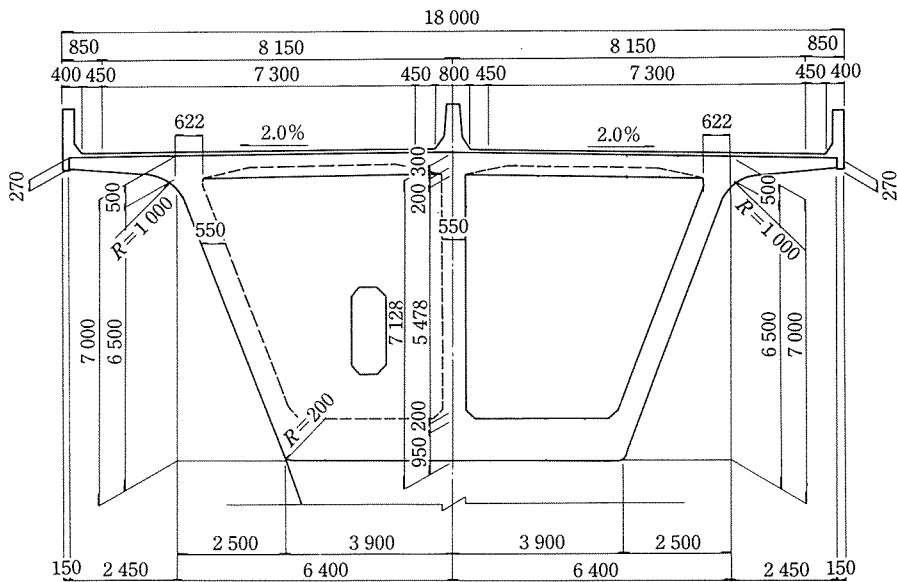


図-4 側面図

柱頭部



標準部

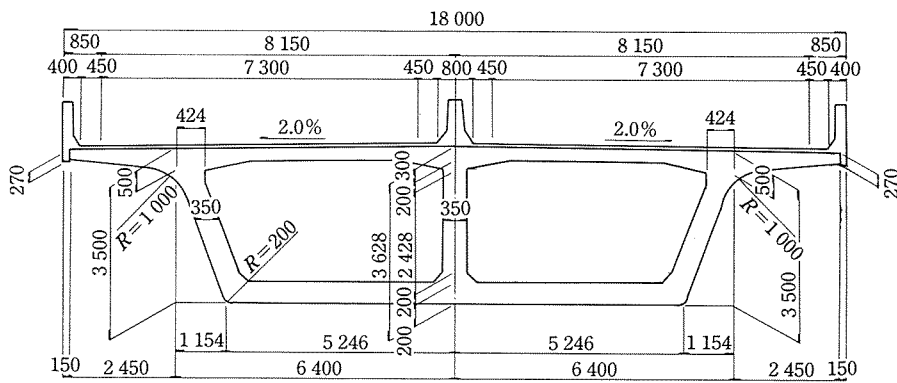


図-5 主桁断面図

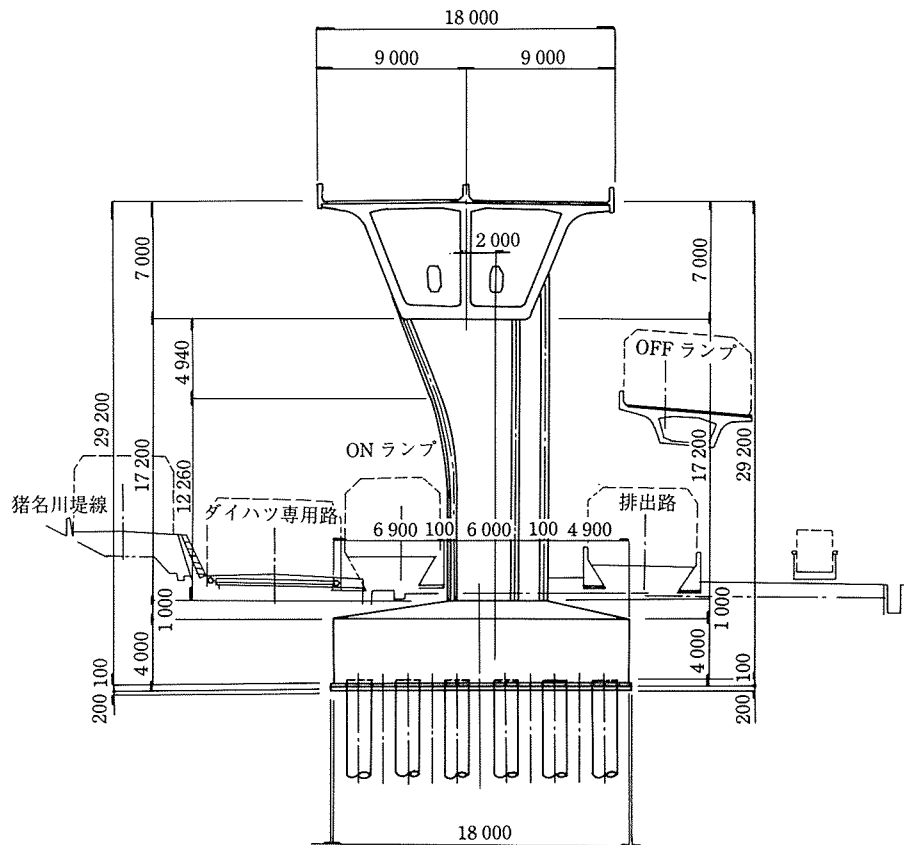


図-6 P 28 橋脚断面図

大型移動防護構は主として自重、風荷重および鉛直荷重の5%の水平荷重に対して部材設計を行った。そしてその荷重としては一基当たり15tfとして完成系、および架設系における主桁の設計に反映させている。

上部工構造としてはP 28 橋脚において桁中心と橋脚中心とが橋軸直角方向に2.0 m 偏心していることに特徴がある(図-6)。このため主桁の完成構造系では多大なねじりモーメントが生じるが、この影響については橋脚を支点モデルに置き換えた平面格子解析を行い、ねじりモーメント、反力の照査を行った。

## 5. 上部工の施工

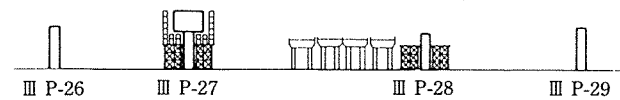
### 5.1 施工概要

本工事ではディビダーク式張出し架設工法により施工を行った。施工順序を図-7に示す。

初めに中央の橋脚(P 27 橋脚, P 28 橋脚)の脚頭部、柱頭部を支柱式および枠組式支保工により施工した。

脚頭部、柱頭部は上下線一体構造の広幅員橋梁であるため富配合でマッシュなコンクリートである。このため、水和熱に起因する温度ひびわれに留意する必要がある。施工にあたり温度応力解析を行い、温度応力の低減化について検討した。温度応力の低減化対策とし

①支保工により脚、柱頭部を施工する(P-27 先行)。



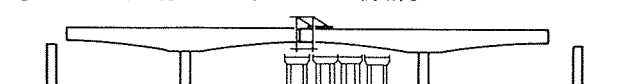
②P-27 ワーゲン掘付け。



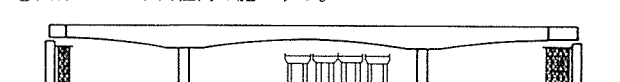
③ワーゲンにより張出し施工する。



④中央閉合部を施工する(ワーゲンを使用)。



⑤支保工により側径間を施工する。



⑥橋面工を施工する。

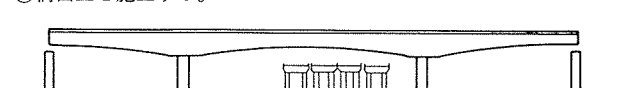


図-7 施工順序

◇工事報告◇

て、幾つかの対処方法の中で対応可能な方法として

- 1) コンクリート配合の変更（単位セメント量低減）
- 2) 養生条件の改善（養生期間中の熱伝達率の低減）

により対処することとした。

そして温度ひびわれ指数 $\geq 1.5$ を満足させることを基本方針として検討したが、温度ひびわれ指数が1.5以下となる場合については、温度応力の分布状況を照査して補強鉄筋量の検討を行い、所要の鉄筋を配置した。

次にP 27・28 橋脚に各々ワーゲンを設置し、張出し施工を行った。P 28 橋脚の張出し施工側は、主桁中心と橋脚中心が橋軸直角方向に偏心しているが、このような張出し施工は少なく、施工例としては橋脚応力の関係より、橋脚近傍に仮支柱を設置して張出し施工を行ったと報告されている。

本橋においては、部材応力および張出し施工中における橋軸直角方向の変位量を照査した結果、仮支柱の必要性は無いと判断し、通常の張出し施工を行うこととした。

しかしながら張出し長の増加に伴い、橋軸直角方向の水平変位および主桁床版先端部の変位が生じるため、これらの値を各施工段階ごとに算出し、主桁のたわみ管理に反映させることにした。

また傾斜計を橋脚の上下端に配置し、施工中の橋軸直角方向の変位量を測定して異常値が生じた場合には早期に対応ができるようにした。

大型移動防護構は橋体中央径間側張出し施工部が国道176号BPにさしかかる位置より順次組立・架設して、ワーゲンの後方に設置する。P 27 側張出し施工部で5基、P 28 側張出し施工部で10基、合計15基設置する。

中央径間側のワーゲンも防護構として使用し、併せて中央径間長125m中約100mに及ぶ防護工が構成されることになる(図-8)。

大型移動防護構については5.2~5.4において述べる。

張出し架設後、両主要幹線道路上の主桁作業期間を少なくするため、中央閉合部を先に施工する。

続いて側径間端部を支保工にて施工し、主桁工を完成させる。

主桁工施工終了後、橋面工を施工し最後に大型移動防護構およびワーゲンを撤去する。

### 5.2 大型移動防護構

大型移動防護構は全幅21.4m、高さ12.725m、長さ5.000mで、上部トラス梁、下面作業台とこれを結合す

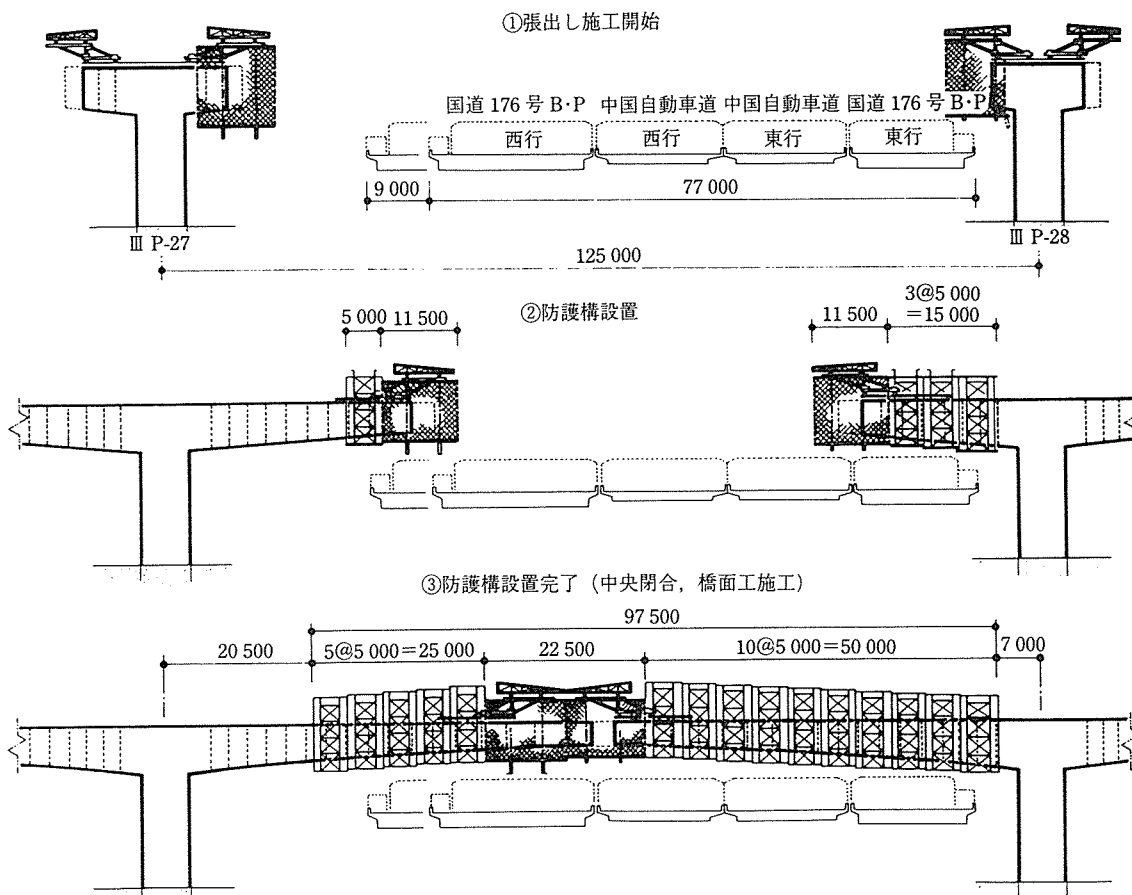


図-8 大型移動防護構設置要領図

る側面トラス材をメイン部材として構成される。

主桁上面の脚材で上部トラス梁を支持し、桁全体を包み込む構造である(図-9)。

大型移動防護構の製作寸法は両主要幹線道路と本橋の計画桁下空間内で建築限界と作業空間が確保できるように以下の要領で決定した。

- 1) 主桁下面と大型移動防護構との作業空間は、中央部で $h=1.5$  m、端部で $h=1.0$  mとする。
- 2) 主桁上面は橋面工(壁高欄、防護柵)施工に支障ない高さ $h=3.5$  mとする。
- 3) 総幅はワーゲン下段作業幅に40 cm 加味した大きさとする。

そして、張出し施工中にP 27 側ではNo. 18 ブロック、P<sub>28</sub> 側ではNo. 14 ブロックの施工において建築限界(国道上 $h=4.7$  m、中国自動車道上道 $h=6.0$  m)に対して最大のクリアランスが確保できるように、大型移動防護構の下面作業台高さを決定した(図-10)。

大型移動防護構の荷重としては、自重、架設機材、作業荷重等のほかに、

- 1) 風荷重 $q=160$  kgf/m<sup>2</sup> (風速 49 m/sec 相当)
- 2) 照査水平荷重として鉛直荷重の5%の水平荷重を考慮して大型移動防護構の設計を行った。

大型移動防護構の上トラス梁・下面作業台および側面トラス材は角鋼管(□50×50, □100×50, □100×100, □125×75)を使用したトラス構造とし、二分割されたトラス梁を中央にてピン結合している。

サドルには電動駆動装置を装備し、自走できるものとなっている。そして落下物の防止対策として、側面には防災メッシュを張り、下面作業台には足場板を敷き、さらに下にラッセルネットを張っている(図-11, 12)。

### 5.3 大型移動防護構の組立・架設

大型移動防護構の組立は両橋脚手前のヤードを利用して組み立てることとした。

上部トラス梁は、分割された梁に脚材と側面トラス梁の上部を結合した状態で主桁上面に片側ずつ吊り上げる。その後、梁の中央を結合させて上部トラス梁が完成する。

下面作業台はヤードにて横梁を結合し、さらに側面ト

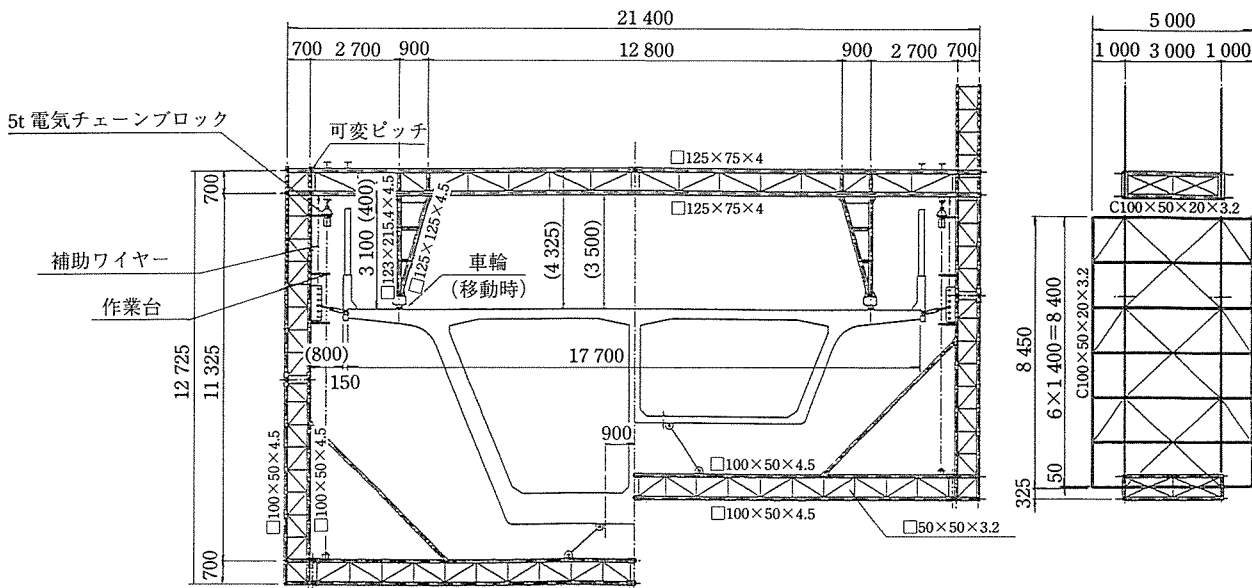


図-9 大型移動防護構全体図

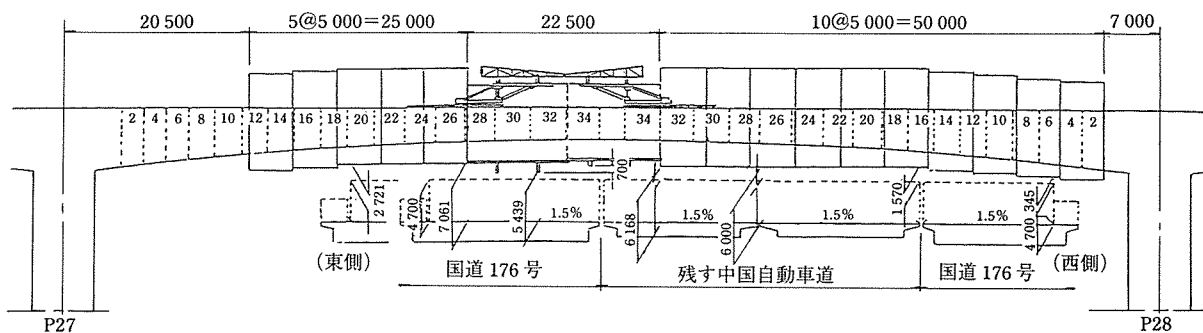


図-10 建築限界図

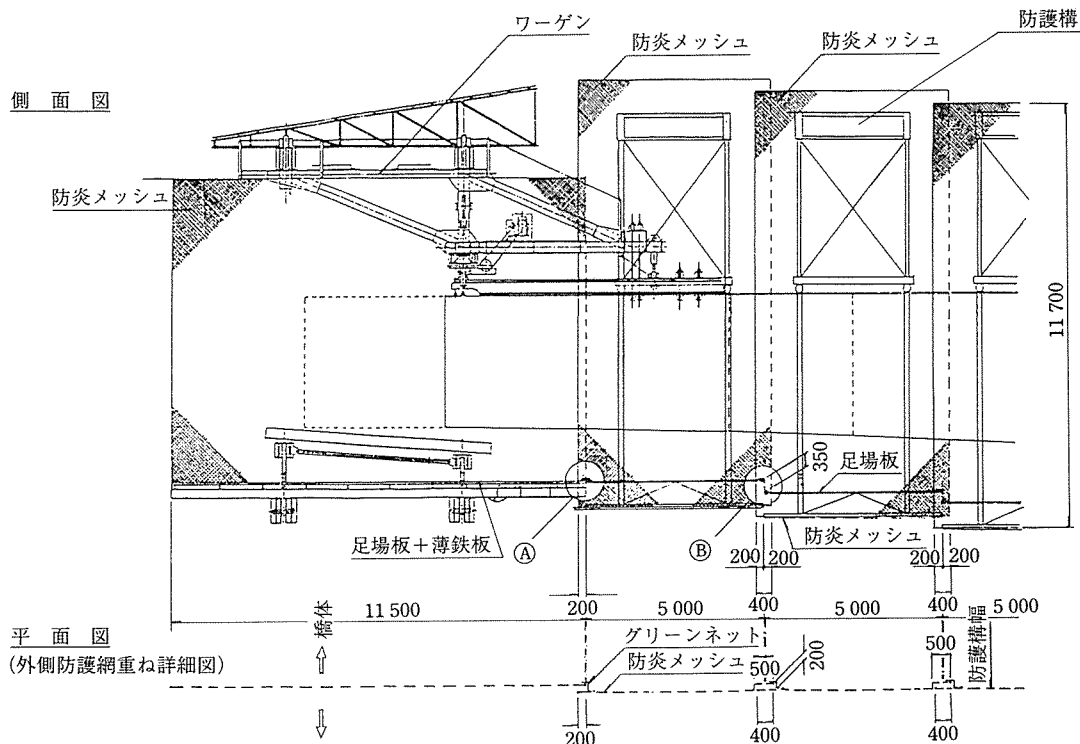


図-11 防護構詳細図

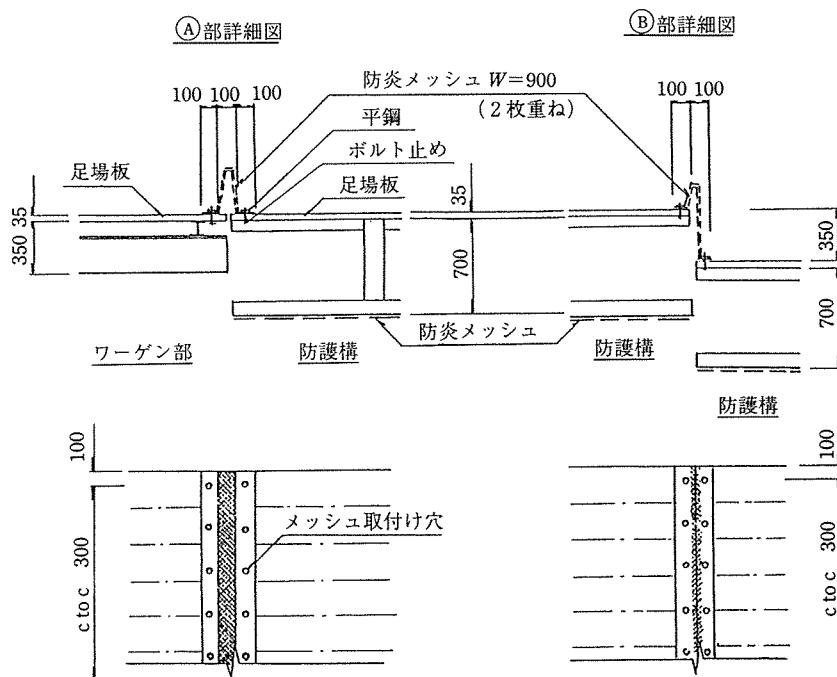


図-12 開口部の処理

ラス材の下部を結合した状態に組み立てる。

この状態で上部トラス梁に設置された4点の吊上げ装置により吊り上げる。地表面より1 m程度吊り上げた状態で、下部横梁全体のたわみを確認後、バランスを取りながら徐々に吊り上げてゆく。

所定の位置で、すでに上部トラス梁に設置されている

側面トラス材上部と空中結合して大型移動防護構の架設が完了する。側面トラス材も上部トラス梁、下面作業台同様に結合部はピン構造である(写真-3, 4, 5, 6)。

#### 5.4 防護構の移動

大型移動防護構は電動駆動装置でワーゲンと同速度で自走できる構造となっている。その移動はワーゲン移動



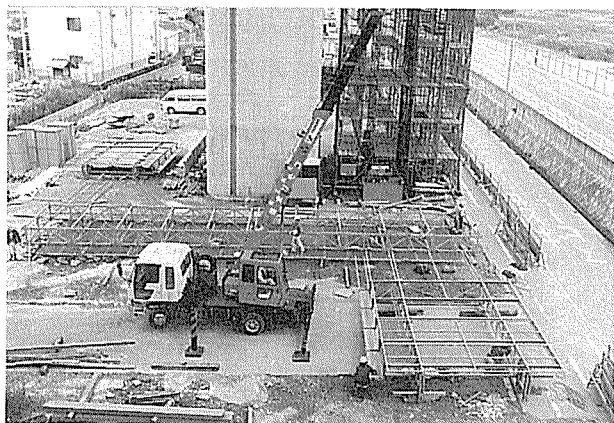


写真-3 大型移動防護構下面作業台の組立

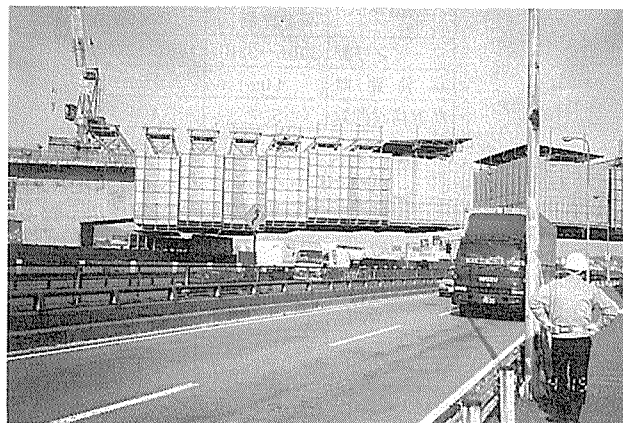


写真-5 大型移動防護構

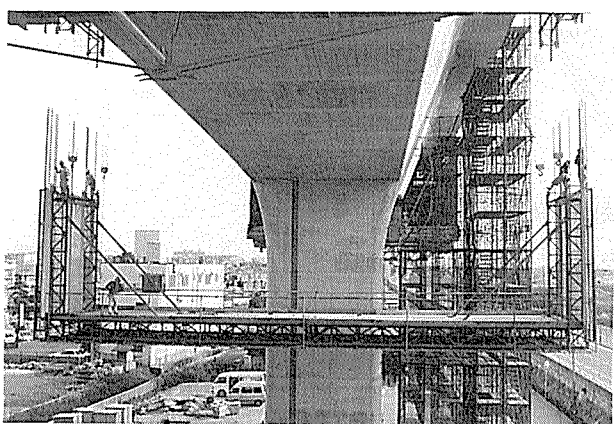


写真-4 大型移動防護構の架設

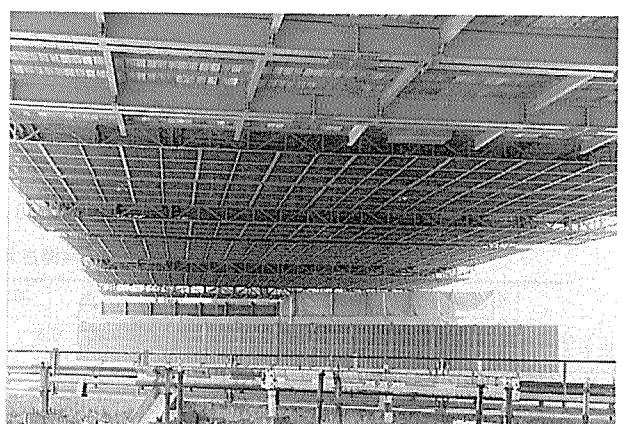


写真-6 大型移動防護構下面作業台

時に同時に行うこととし、ワーゲン下段作業床と大型移動防護構、あるいは大型移動防護構間に隙間ができないような構造としている。

ワーゲンと大型移動防護構はワイヤーロープにて、大型移動防護構どうしは形鋼材で連結されている。

また逸走防止対策としてワーゲン、大型移動防護構とも次の方法を採用している。

- 1) 電磁ブレーキ付き駆動モーターによる防止
- 2) レール両端部に取り付けたストッパーによる防止  
連結部の開口養生対策として防災メッシュ、グリーンネットを張っている。

## 6. 交通規制対策

### 6.1 交通規制対策の概要

張出し施工期間中は、路下の中国自動車道および国道176号BPを利用する通行車両に対してさらなる安全を確保するために、ワーゲン・大型移動防護構の移動においては交通規制を行うこととした。

交通規制方法は、張出し施工の各施工段階ごとに図-13に示す中国自動車道・国道176号BPに対する作業床投影面積図を作成し、各施工段階ごとに一車線規制、

二車線規制、頭押さえのいずれを採用するか決定した(図-13)。

頭押さえは追出し車両を時速80 km/h、頭押さえ車両を時速50 km/hで計画して、移動時に必要となる作業時間を確保することとした。

### 6.2 交通規制の方法

交通規制は中国自動車道、国道176号BPとも次の方法によることにした。

#### 1) 規制方法

- 中国自動車道
  - 1車線規制, 2車線規制, 頭押さえ
- 国道176号BP
  - 1車線規制, 通行止め

頭押さえ、通行止めの回数は規制日当たり1回で、その時間は頭押さえが4分30秒、通行止めが最大5分間である。

また車線規制はワーゲン・防護構の移動が完了次第解放する。

- 2) 規制時間 22:00~1:00
- 3) 規制回数 表-4参照

◇工事報告◇

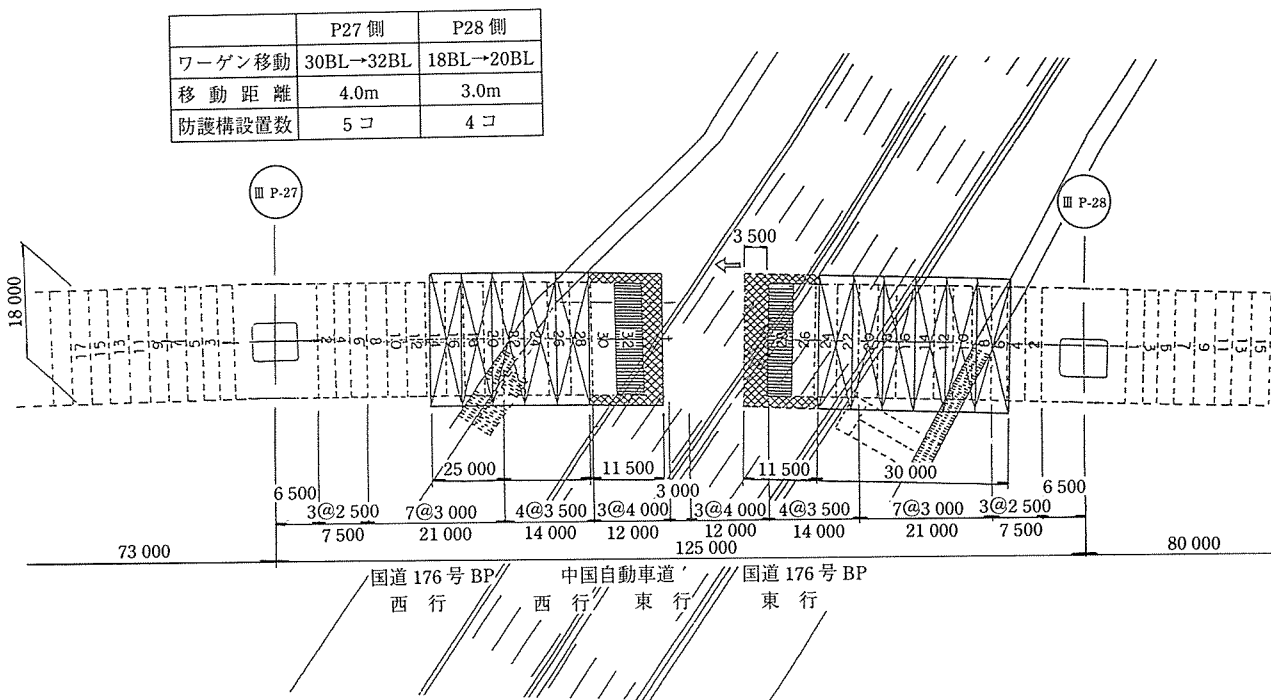


図-13 作業投影面積図

表-3 頭押さえタイムスケジュール

西行	場所			吹田 IC 入路	押さえ開始地点	豊中 IC 入路	池田 IC 入路	現場
	区間距離	km			0.8	6.1	3.0	0.9
待機有無				待機	-	-	閉鎖	
所要時間 (分:秒)	追出し	80 km/h	0:40	7:30			作業時間	
	頭押さえ	50 km/h		12:00				4:30
東行	場所			名塩 SA 入路	押さえ開始地点	宝塚 IC 出路	宝塚 IC 入路	現場
	区間距離	km		1.6	4.7	0.6	4.7	
待機場所				待機	-	-	閉鎖	
所要時間 (分:秒)	追出し	80 km/h	1:10	7:30			作業時間	
	頭押さえ	50 km/h		12:00				4:30

表-4 交通規制回数

道路名	中国自動車道 (西行)			中国自動車道 (東行)		
	1車線規制	2車線規制	頭押さえ	頭押さえ	2車線規制	1車線規制
規制回数	3	4	4	6	3	4
道路名	国道176号BP (西行)		国道176号BP (東行)			
	1車線規制	通行止め	通行止め	1車線規制		
規制回数	7	6	8	5		

6.3 頭押さえ要領

深夜 22:00、ワーゲン・防護構の移動作業関係者が全員集合し、打合せ後全員が配備につく。

移動作業の準備を終了し、待機する。

追出し車両が本橋の直下を通過、目視確認後、ワーゲン・防護構の移動が始まる。

路下の幹線道路には通行車両が全くない暗闇の状態の中で、時間が徐々に経過し移動作業が続く。

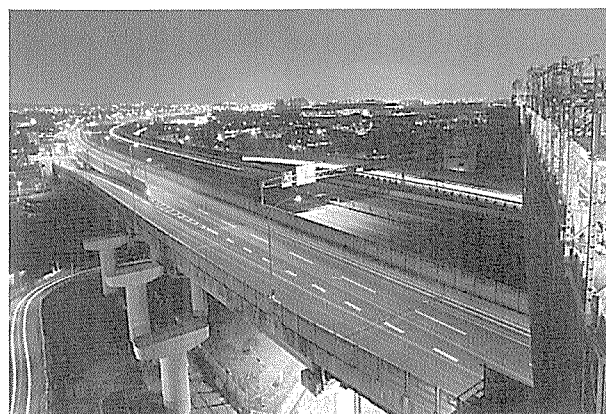


写真-7 交通規制

1ブロック、約4mのワーゲン・防護構に移動作業が完了!

頭押さえ先導の大阪府警高速警察隊のパトカーに頭押さえされた通行車両が目前に迫る。そして一瞬のうちに

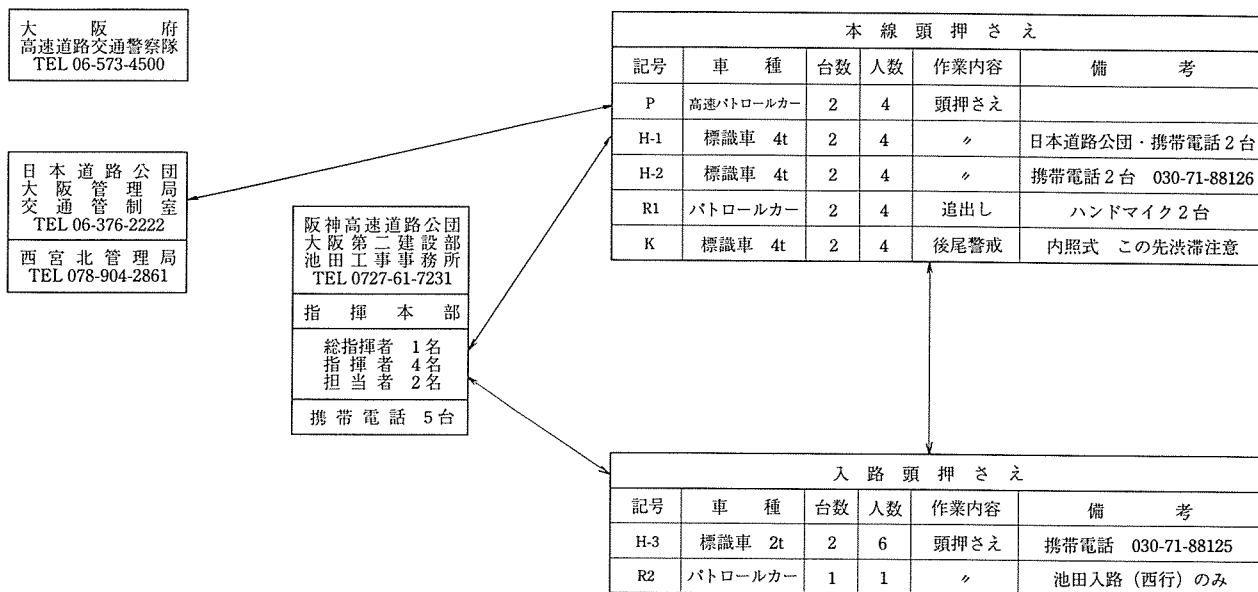


図-14 交通規制組織表

本橋直下を通過する（写真-7）。

ワーゲン・防護構の移動作業はこのような状況のもとで図-14に示す体制にて行われたが、交通規制を伴うワーゲン・防護構の移動作業は3ヵ月前に通知する必要があった。また1ヵ月の交通規制の回数も制限されるため、工程管理において交通規制実施日の設定は最も大きな要因であった。

### 7. 終わりに

現在供用中の中国自動車道および国道176号BPを横架するPC橋建設工事において、通行車両に対する安全対策は最重要課題であった。

これに対して、大型移動防護構を併用した張出し架設工法というハード面と頭押さえ・車両規制の交通対策と

いうソフト面より生み出された限定された時間内での施工について述べた。

本橋の施工は平成5年2月に開始され、平成6年12月現在で橋面工の施工まで終了した段階にある。

この間に大型移動防護構は、数多くの通行車両、また平成6年9月に関西地方を直撃した台風26号に対して無事その機能を果たしている。これまでにご指導、ご協力いただいた関係者の方々に心から感謝する次第である。

昨今、通行車両に対する安全強化が指導される中で、通行止めが実質的に不可能とされる主要幹線道路上の施工事例として、今後の類似する工事の施工方法に参考になれば幸いである。

【1994年12月13日受付】