

# 阪神高速道路北神戸線橋脚の耐震補強工事

(株) 竹中土木 小島 章  
阪神高速道路公団 宮本 実信

## 1. はじめに

阪神高速道路公団では平成7年1月の阪神大震災以後、被災を受けなかった既存RC橋脚について耐震性向上のための補強工事を積極的に実施している。今回の工事もその一環として施工されたものである。

本工事の対象である北神戸線は神戸市北区及び西区の山間部に位置し、先の大震災ではほとんど被害を受けていない。震災直後には、壊滅的な被害を被った神戸線の代替として、神戸の復興に重要な役割を果たした道路である。

本文では本補強工事における施工上の問題点とその解決策を中心に工事内容を概説することとする。

## 2. 工事概要

本工事の概要を以下に記す。

- |          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| (1) 工事場所 | 兵庫県神戸市西区伊川谷布施畑～北区山田町下谷上（工事区間長 約1.1km） |
| (2) 工 期  | 平成9年5月～平成11年3月                        |
| (3) 工事数量 | 鋼板巻立て工法 21基                           |
|          | RC巻立て工法 24基                           |
|          | 鋼板併用RC巻立て工法 4基                        |
|          | 炭素繊維シート巻立て工法 1基                       |
|          | 合計 50基                                |

施工区間は図-1の通りであり、50基の橋脚が延長1.1km内に点在する。ほとんどの橋脚は山間部に位置するが、一部箕谷橋のみが交通量の多い市街地での工事である。

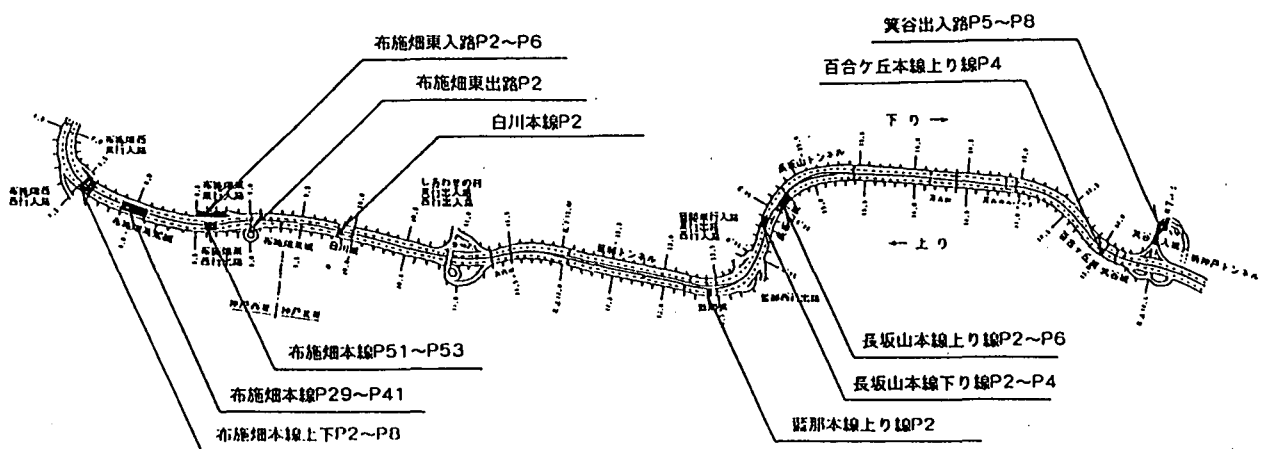


図-1 施工区間全体図

キーワード：鋼板巻立て、RC巻立て、鋼板併用RC巻立て

連絡先：大阪市中央区本町4丁目1-13 TEL 06-6252-4081 FAX 06-6271-0595

E-mail kojima-a@takenaka-doboku.co.jp

### 3. 補強工法の概要

阪神高速道路公団の「RC橋脚耐震補強施工・管理要領」ではRC橋脚の柱部材の補強は、鋼板巻立て工法によることを標準としており、本工事においても多くの橋脚に採用された。しかし、今回対象としている北神戸線の橋脚は、路線を通して山間部に位置する等、立地条件の制約が厳しくないため、コスト比較の結果RC巻立て工法が採用された橋脚もある。

また、鋼板厚は最大12mm、巻立てコンクリート厚は最大500mmであり、詳査の結果これ以上の補強断面が必要となった場合は鋼板併用RC巻立て工法が採用された。

以下、各工法毎に順を追って記述する。

#### 3-1 鋼板巻立て工法

本工事において鋼板巻立て工法が採用されたのは21橋脚で、全て矩形断面であるため下端拘束用形鋼を設置し、さらにアンカー鉄筋により鋼板下端部をフーチングへ定着させる必要があった。

施工フローを図-2に、工種別内訳を表-1に示す。

表-1 工種別内訳

補強鋼板厚	t= 9mm	19基
	t=12mm	2基
定着アンカー	D51@200	1基
	D51@250	18基
	D35@250	1基
	D35@500	1基
下端拘束用形鋼	H-300×300	4基
	H-350×350	15基
	H-400×400	2基

本工法でまず問題となったのは、定着アンカー位置の選定である。設計段階で定着アンカー間隔が規定されていた(ほとんどの橋脚で250mm間隔)が、実施工に際してはフーチング上面の既存主鉄筋切断を防止するため、その位置を避けて定着アンカーを配置しなければならず、事前探査に基づき再計画を行う必要があった。

そこで、阪神高速道路公団の管理要領に基づきリーダー探査による調査を行うこととした。(写真-1)

なお、定着アンカーは下端拘束用形鋼を貫通させなければならないが、鉄筋探査により主鉄筋位置を確認したうえでなければ形鋼貫通位置及びブラケット位置を確定することができず形鋼製作に取りかかることができないという状況であり、探査をいかに進めるかがキーポイントであった。

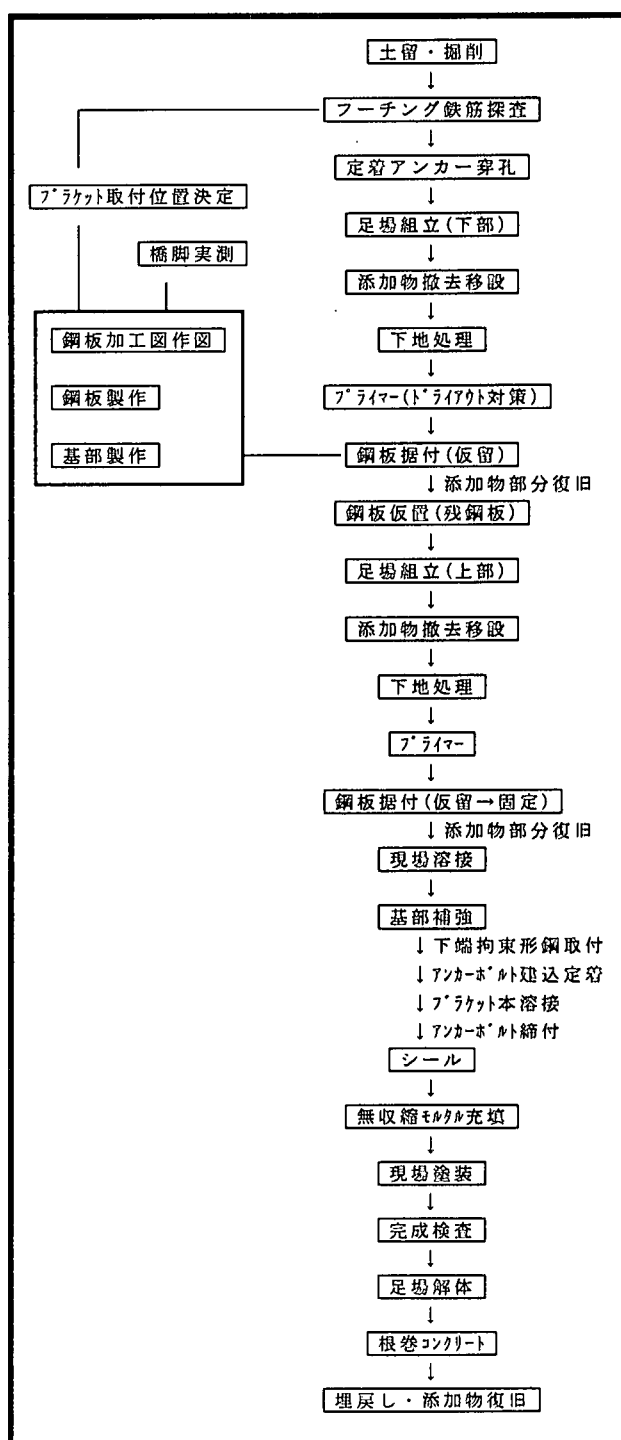


図-2 鋼板巻立て工法施工フロー

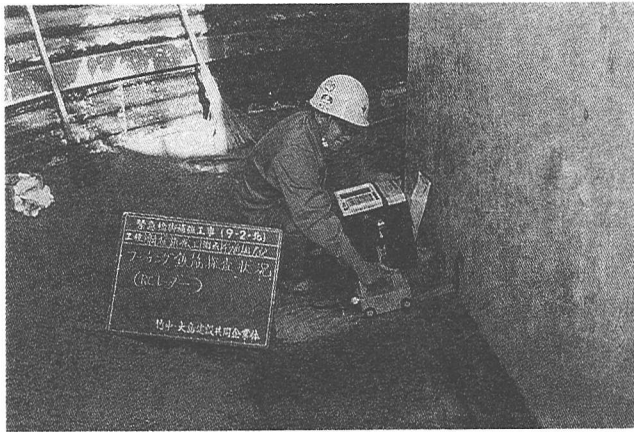


写真-1 レーダー探査実施状況

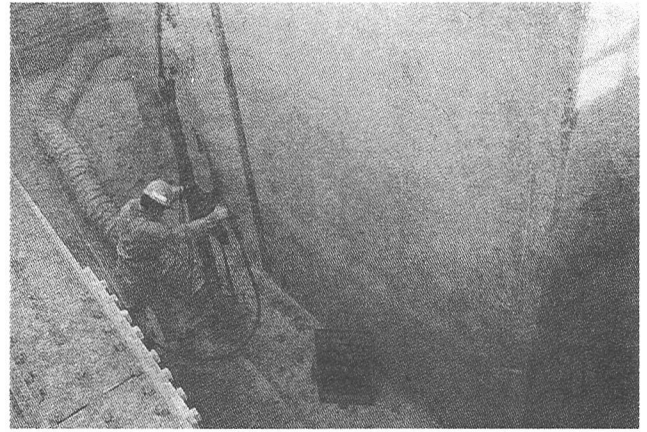


写真-2 ハングドリルによる穿孔状況

アンカー定着工法については無収縮モルタルによる定着が標準であり、埋込長はD35の場合で1450mm、D51の場合で2100mmであり、継続作業が可能なハングドリルによる穿孔を基本とした。ハングドリルによる施工状況を写真-2に示す。

既存躯体と補強鋼板との隙間の充填については無収縮モルタル充填(30mm以上)が標準であり、無収縮モルタル中の水分が既存躯体に吸収されるドライアウト現象を防止するため、下地処理後にプライマーを塗布することとした。

### 3-2 RC巻立て工法

RC巻立て工法が採用されたのは24橋脚であり、配筋及びコンクリート厚さ別の内訳を表-2に、施工フローを次頁図-3に示す。

RC巻立て工法の場合は鋼板巻立て工法のような下端拘束用形鋼もなく、工種としては比較的単純であった。

ただし、本工法においては主鉄筋をフーチングに定着させる必要があり、鋼板巻立て工法と同様、既存鉄筋探査を行ったうえで配筋計画を立てる必要があった。

RC巻立て工法では、巻立てる鉄筋コンクリート部材と既設橋脚が一体となって機能する必要があるため、新旧コンクリートの付着が重要となる。既設橋脚のコンクリート面の処理工法としてはショットブラスト・バキュームブラスト及びウォータージェットが有り、それぞれの特徴は表-3の通りである。

そこで、バキュームブラストとウォータージェットで試験施工を行い、付着強度を確認することとした。

その結果は、バキュームブラストでは $0.7\text{N/mm}^2$ であり、必要強度 $1.0\text{N/mm}^2$ を満足することができなかった。しかし、ウォータージェットの場合はバキュームブラストより強力であり、 $1.5\text{N/mm}^2$ を確認することができたので実施工ではウォータージェットを採用することとした。

表-2 工種別内訳表

コンクリート厚	t=250mm	12基
	t=300mm	4基
	t=350mm	4基
	t=500mm	4基
主鉄筋	D41	10基
	D35	3基
	D32	4基
	D29	1基
	D25	5基
	D22	1基
帯鉄筋	D22	13基
	D19	4基
	D16	7基

表-3 下地処理工法の特徴

工 法	特 徴
ショットブラスト	タンク内の研磨剤にエア圧力を加えホースで圧送してブラストガンから噴射し研掃する工法。乾式なので水養生排水処理は不要である。
バキュームブラスト	研磨剤による研掃と同時に研磨剤・コンクリート粉塵を飛散させることなく集塵回収する工法。乾式であるうえ騒音・粉塵発生が少ない。
ウォータージェット	超高压水による表面剥離で処理する工法。水養生・排水処理を要するが、ブラストよりも強力である。

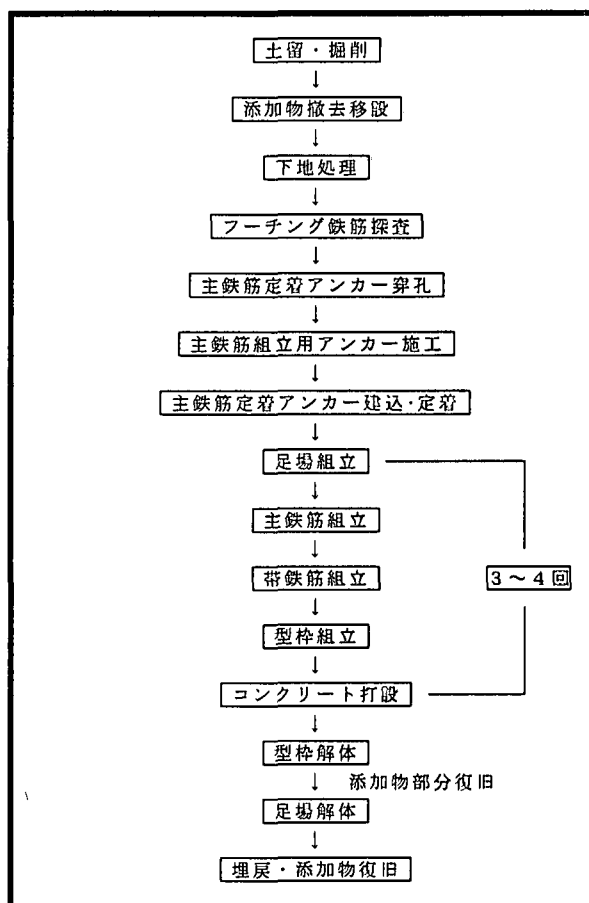


図-3 RC卷立て工法施工フロー

### 3-3 鋼板併用RC卷立て工法

鋼板併用RC卷立て工法は本設鋼板を型枠としてRC卷立てを行う工法であり、本工事においてこの工法が採用されたのは4橋脚であり、それぞれの工事内訳は表-4のとおりである。

表-4 鋼板併用RC卷立て橋脚の工事内訳

橋脚名	布施畑P3上	布施畑P3下	布施畑P51	布施畑P53(2柱)
既存断面	矩形2600×5700	矩形2600×5700	円形φ6000	矩形4500×6200
卷立てコンクリート厚	250mm	250mm	250mm	500mm
主鉄筋	SD345 D41 @250	SD345 D41 @250	SD345 D41 @250	SD345 D41 @250*2
帯鉄筋	SD345 D22 @150	SD345 D22 @150	SD345 D22 @100	SD345 D22 @150*2
鋼板	SM490YA t=12mm	SM490YA t=12mm	SM490YA t=11mm	SM490YA t=10mm
定着アンカー	SD490 D51 @250	SD490 D51 @250	SD490 D51 @250	SD490 D51 @250
下端拘束用形鋼	H-500*500*22*25	H-500*500*22*25	円柱の場合不要	H-500*500*22*25

鋼板併用RC巻立て工法の施工フローを図-4に示し、4橋脚のうち最も断面が大きく施工に時間を要したP53を例にとり記述する。

### 3-3-1 断面形状

P53は2柱式の橋脚で、形状は図-5及び6に示すとおりである。

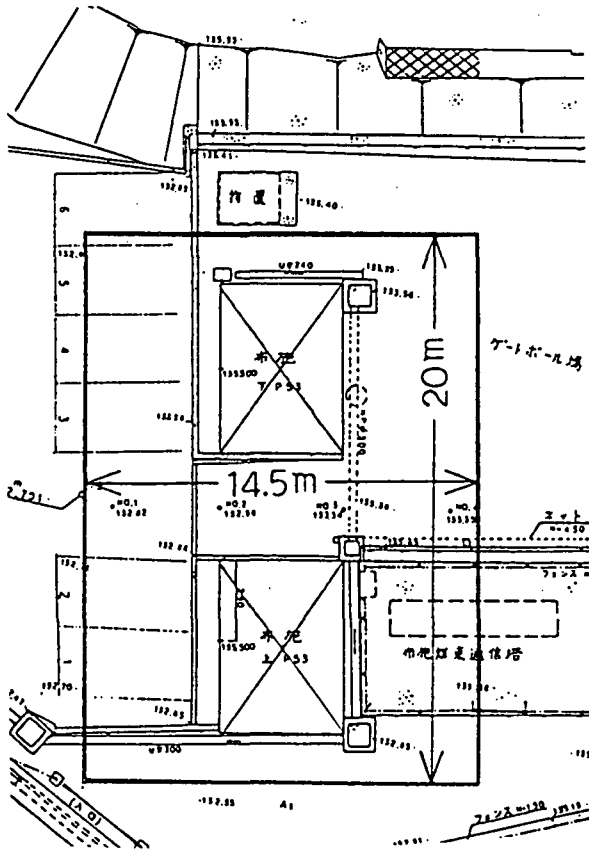


図-5 P53平面図

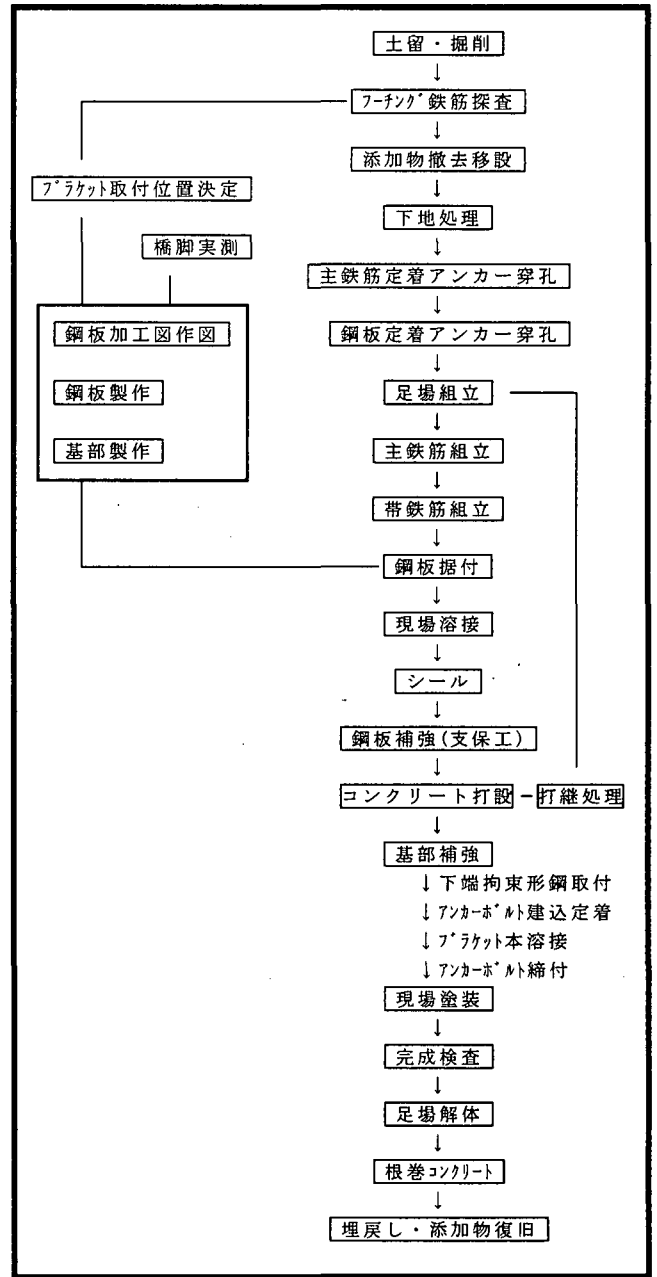


図-4 鋼板併用RC巻立て工法施工フロー

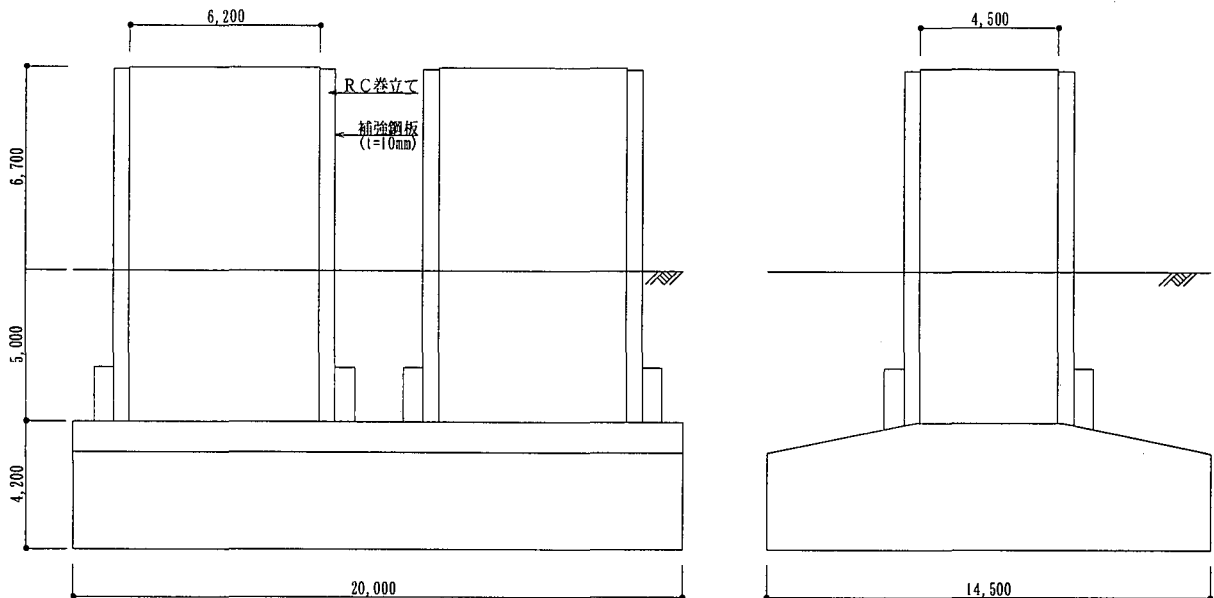


図-6 P53断面図

本橋脚周辺はゲートボール場及び駐車場として使用されており、それらを一時閉鎖することにより作業スペースを十分確保することができた。ただし、橋脚に近接して阪神高速道路公団の通信機器室があり、これを移設するには莫大な費用と時間を要するため存置したままで施工する必要があった。以下に工種毎の問題点等について記述する。

### 3-3-2 工種別問題点

#### (1) 土留・掘削工

P-53は2柱式橋脚であり、1柱の断面が4500×6200と大きいこと、掘削深さが約5mと深いこと、空頭制限はあるものの平面的な作業スペースは十分確保できること等を考慮し、図-7に示すフローに基づいて掘削工法の検討を行うこととした。

土留壁を設けず法切りで掘削した場合、掘削土量が多くなるという問題の他、通信機器室を存置したまま掘削するためには何らかの防護が必要という問題が考えられた。

土留壁の位置については、フーチングの外側及びフーチング上の2通り考えられたが、14.5mというフーチング幅を考慮すると、外側に杭を打設する工法は掘削土量が多く施工性も劣ると考えられたのでフーチング上に土留壁を設けることとした。

フーチング上に設ける土留壁としては矩形ライナープレート・親杭横矢板の2案が考えられた。親杭横矢板の場合、フーチング上に親杭を固定することになるが、約5mという掘削深さを考慮すると杭を設置するための掘削作業にかなりの時間と手間を要すると考えられたので、最終的に矩形ライナープレート設置による掘削とした。図-8に計画図を添付する。計算上は最下段にも補強リングが必要であったが、フーチングが支障となり設置不能であると考えられた。そこで、フーチング天端の傾斜も考慮し最下段はコンクリートを打設することとした。

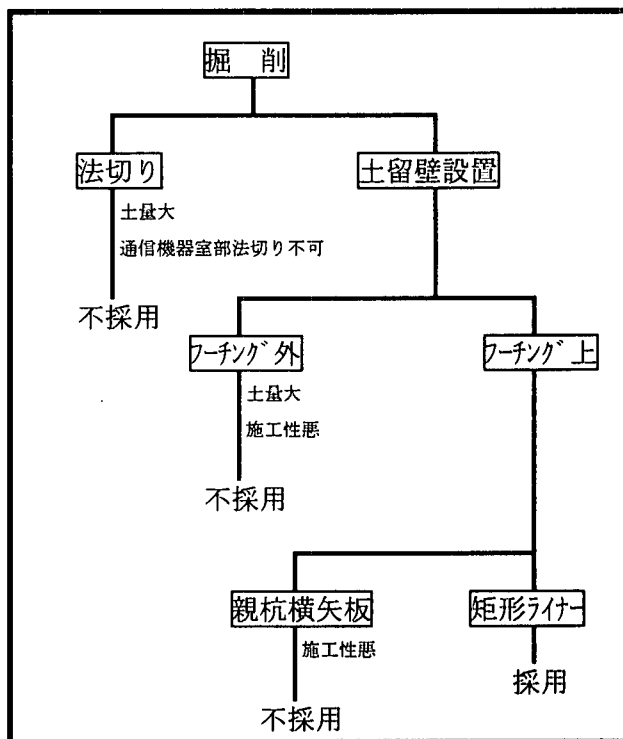


図-7 掘削工法検討フロー

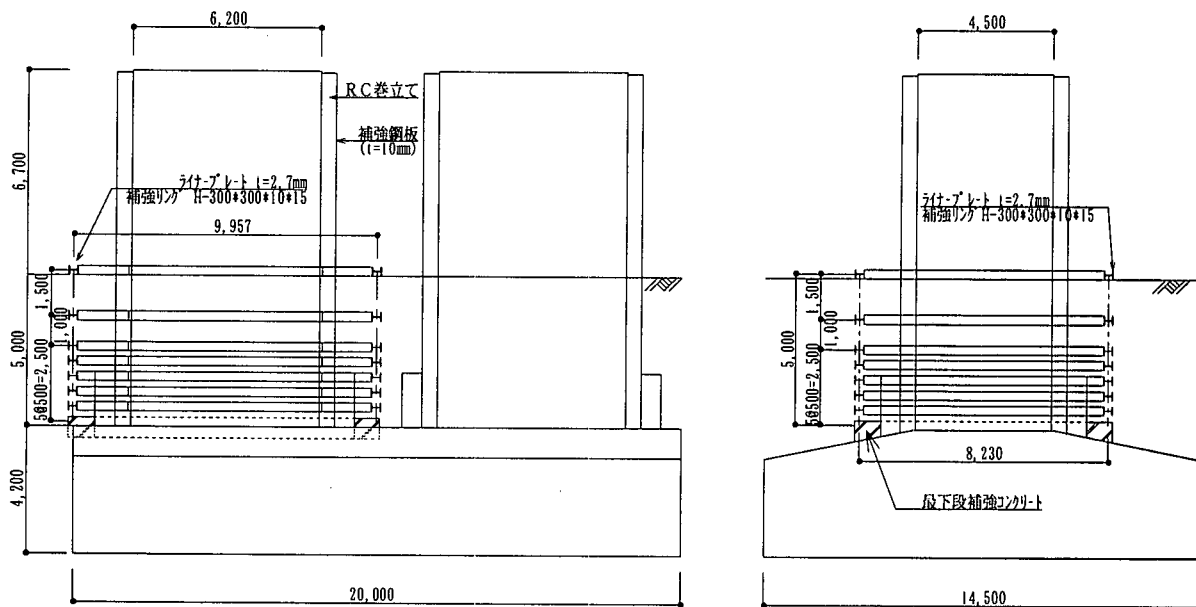


図-8 ライナープレート土留計画図

実施工に際しては、掘削途中でのライナープレート沈下が問題となった。これは、50cm間隔で設置された補強リングの自重に起因するものと考えられたので、橋脚に鋼材を取り付け、ライナープレート全体を吊ることで対処した。なお、掘削完了時は最下段コンクリートにより支持されるので鋼材は撤去することとした。

(2) フーチング定着アンカー

本橋脚の場合、定着アンカーとしては主鉄筋定着用2列、鋼板定着用1列の計3列のアンカーを設置する必要があった。他の補強工法と同様レーダー探査を行ったが、計画穿孔位置と既存鉄筋位置が非常に接近しており、ハングドリルでは鉄筋が支障になり穿孔不能となる可能性が高いと考えられた。

コアドリルに変更すれば穿孔は可能であるが、支障となる鉄筋を全て切断してしまい耐震補強としては望ましくないと判断し、フーチング上面のかぶりコンクリートを撤去して配筋状況を直接確認することとした(写真-3参照)。

主鉄筋アンカー(D41)については既存鉄筋を損傷することなく穿孔可能であることが確認できたが、鋼板定着アンカー(D51)については図-9のような状況にあり、既存鉄筋切断を余儀なくされた。

そこで、支障鉄筋を切断しアンカー施工後新たに鉄筋を配しフレアー溶接(10D以上)を行って復旧することにした。アンカー穿孔はコンクリートを撤去した面での施工となり、前出ハングドリルでは振動が大きく精度の確保が困難であること及びビットに対してロッドが細く長いので穿孔中にビットが傾いてもそのまま穿孔してしまうという理由からダイヤモンドコアドリルによる穿孔とした。(写真-4)

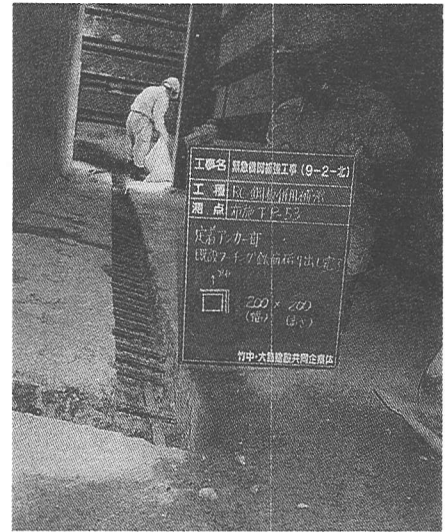


写真-3 フーチングかぶりコンクリート撤去状況

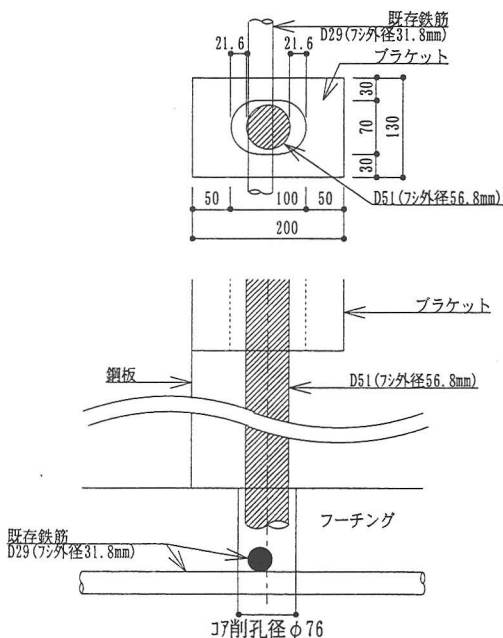


図-9 鋼板定着アンカー部詳細図

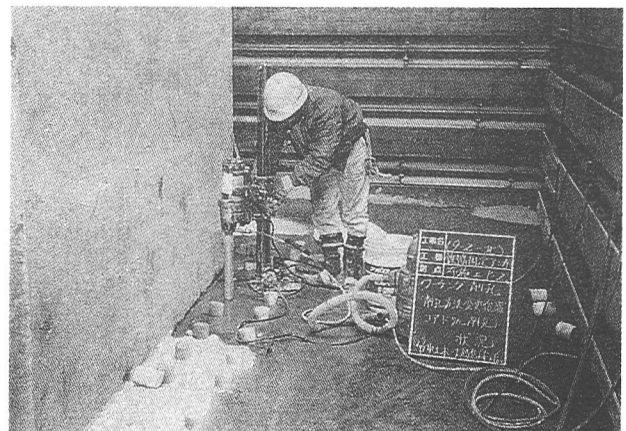


写真-4 コアドリルによる穿孔状況

(3) 鋼板製作

鋼板巻立て工法と同様、鉄筋探査を行って下端拘束用形鋼貫通位置及びブラケット取付位置を確定してからでなければ形鋼製作を行うことができなかった。

さらに、鋼板併用RC巻立て工法の場合、鋼板と巻立て鉄筋コンクリートを一体として機能させるための

スタッドジベル(φ22、L=70mm、@500mm)及びコンクリート打設時の側圧に対して鋼板を支保するアンカーが必要である。一方、巻立て鉄筋コンクリートの鉄筋間隔は縦筋250mm・横筋150mmで外側横(帯)筋の純かぶりは72.5mmである。

従って、巻立て鉄筋コンクリートの配筋・鋼板割付・スタッドジベル配置及び鋼板支保アンカー配置等全てを関連づけて計画したうえで鋼板製作を行う必要があった。

#### (4) コンクリート打設

鋼板併用RC巻立て工法では鋼板を型枠としてコンクリートを打設するため、コンクリート打設時の側圧による鋼板のたわみをおさえるための支保工が必要となる。

柱断面が小さければ鋼材を井桁に組む支保工材で対応できるが、4.5m×6.2mという大断面の本橋脚の場合、両端のみを支点としただけでは、たわみ量が許容値の0.3cmを越えてしまうと考えられた。そこで既設橋脚面にアンカーを打設しバタ材で支保する工法を採用することとした。

アンカー間隔を狭くすればバタ材の断面は小さくなるが、既存鉄筋・新設鉄筋との関連で所定の位置にアンカーを設けることができない可能性が十分考えられたので、許容される範囲内で極力アンカー間隔を広くするよう計画した。支保工計画図は図-10のとおりである。

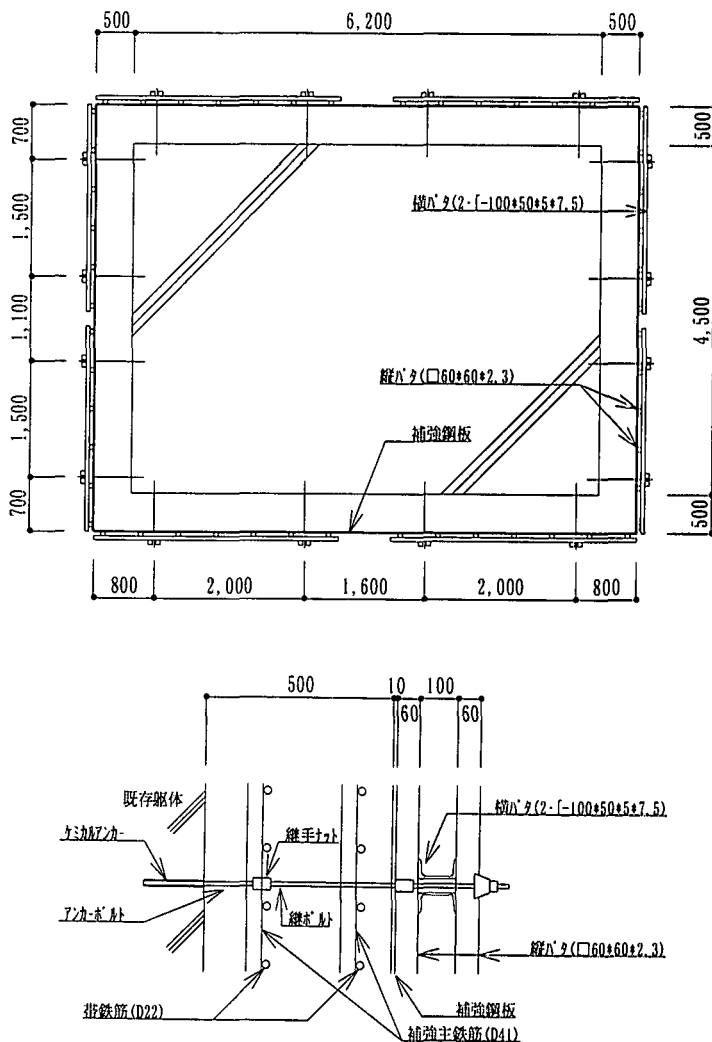


図-10 支保工計画図

#### 4. おわりに

先の阪神大震災を機に、耐震補強工事が全国各地で進められており、本工事もその一環として行われた。冒頭でも記述した通り、本工事は延長約1.1km内に点在する橋脚の耐震補強工事であり、既存橋脚形状・補強工法及び立地条件等全てが多様で、施工者側の立場としては管理という面で細心の注意を要する工事であった。

工法的には特に目新しい工法・新技術等の採用はなく従来から行われている工法であったが、一つの施工事例として施工上の問題点・留意点等について今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工に際して何かと協力頂いた関係各機関の皆様に感謝の意を表し本報告を終わります。