

## 第2章 施工技術面から見つめる橋のデザイン

---

## 第2章 施工技術面から見つめる橋のデザイン

## 目次

2.1 概要	7 2
2.2 検討方針	7 2
2.3 現状における上部工橋梁形式の選定とその施工方法について	7 3
2.3.1 鋼橋における架設工法と橋梁形式	
2.3.2 コンクリート橋における架設工法と橋梁形式	
2.3.3 下部構造形式と特徴	
2.4 架橋条件にあった架設工法及び橋梁形式の選定	8 7
2.4.1 架設工法と橋梁形式の関係	
2.4.2 山岳部におけるケーススタディー	
2.4.3 平野部におけるケーススタディー	
2.5 まとめと今後の課題	1 0 2
2.5.1 まとめ	
2.5.2 今後の課題	
参考文献	1 0 3

## 2.1 概要

近年における橋梁の計画・設計を行う際には、構造性能と耐久性能を考慮した高品質で経済的な橋梁形式が求められる。そうした中で、いかにして橋梁のデザイン性を追求し、反映していくべきなのかが本研究会の重要な課題である。

図 2.1.1 に示すように従来の橋梁形式は、地形条件に基づいて支間割・支間長の検討を行い、その結果から適用可能な橋梁形式を抽出し、さらに、「経済性」・「構造的性」・「施工性」・「景観性」等の検討を行い選定する。したがって、橋梁形式の選定を先に行うため、施工条件の制約が多い箇所では、明らかにコスト高となる施工の難しい橋梁形式が比較案に挙がり作業の手間を増やしている等の問題点がある。

そこで本章では、ケーススタディー箇所として設定した架橋地点に対して、まずその地形・架設条件に適した施工方法について検討し、次に各施工方法に適した橋梁形式を抽出する。抽出した橋梁形式から比較案を提案し、「経済性」・「施工性」・「景観性」等について検討する。

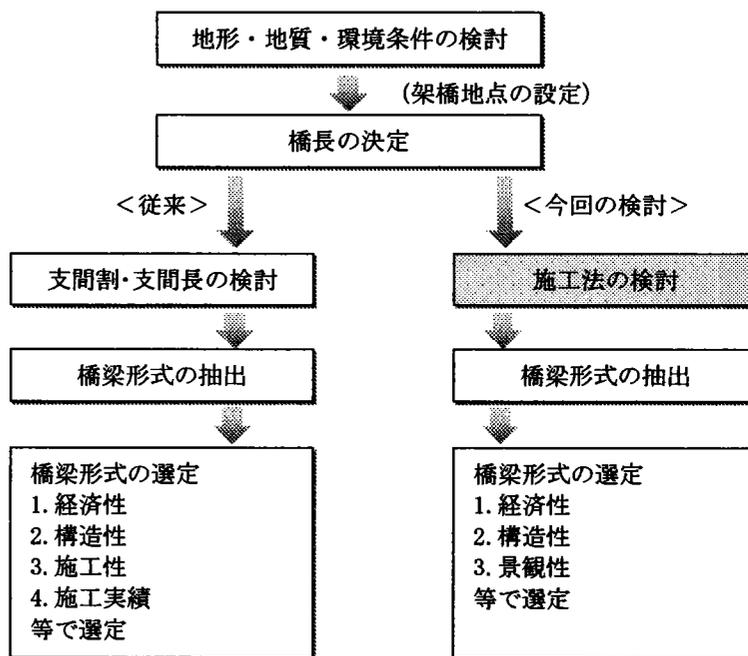


図 2.1.1 橋梁形式選定フロー

## 2.2 検討方針

既往の架設方法に関する書籍の多くは、鋼橋、コンクリート橋、下部工毎に別々になっており、一連にまとめられているものが無いことから、2.3 では、鋼橋とコンクリート橋における一般的な架設方法について、架設工法の種類と各工法の特徴、工法の選定フロー、架設工法と架橋条件との関係、架設工法と橋梁形式との関係等を整理する。

2.4 では、ケーススタディー箇所として代表的な地形条件である「山岳部」と「平野部」を取り上げ、両者について、2.3 での整理に基づき適切な施工方法を選定する。選定された各施工方法に対して適用可能な橋梁形式を抽出し、その中から比較案を提案する。

## 2.3 現状における上部工橋梁形式の選定とその施工方法について

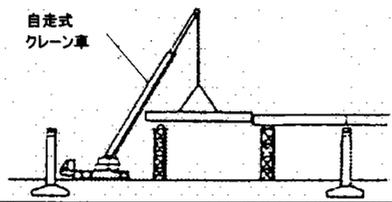
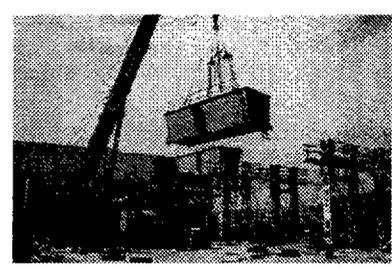
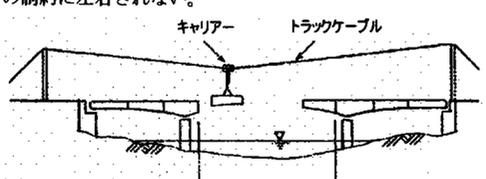
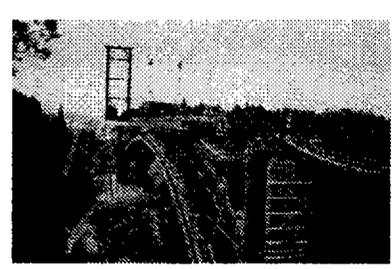
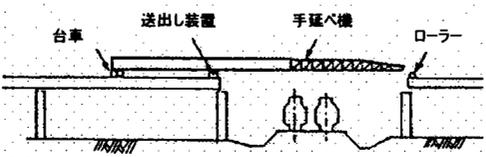
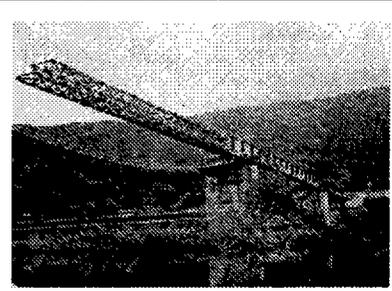
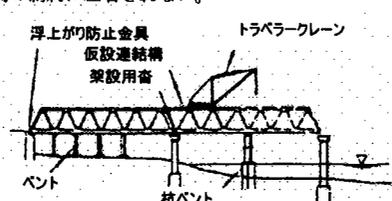
橋梁の建設に際しては、架橋条件により架設工法が限定され、その工法に適した橋梁形式の選定が必要となる。本節では、鋼橋及びコンクリート橋における架設工法の種類と適用性を整理し、各架設工法に適した橋梁形式の選定にあたっての基礎資料とする。

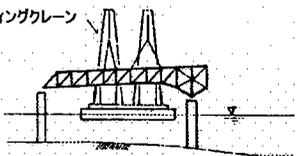
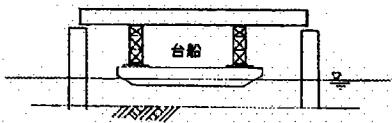
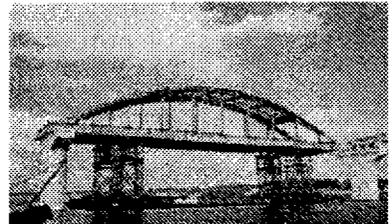
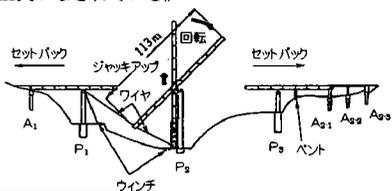
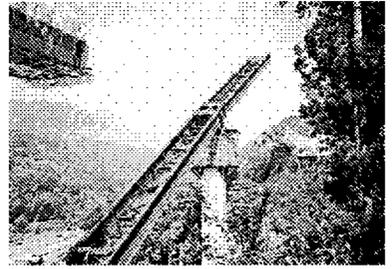
### 2.3.1 鋼橋における架設工法と橋梁形式

#### (1) 鋼橋における架設工法の種類と特徴

鋼橋における各架設工法の特徴と架設事例を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 鋼橋における架設工法の種類と特徴

架設工法	特 徴	架 設 事 例
① トラッククレーン ・トラッククレーン ベント工法 ・トラッククレーン 一括架設工法 など	橋体の組立て、架設にトラッククレーンを用いる方法で、最も一般的な工法。仮設備も少なく、T/Cの機動性も優れて、最も容易である。  自走式 クレーン車	
② ケーブルクレーン ・ケーブルクレーン ベント工法 ・ケーブルエクシジョン 直吊り工法 ・ケーブルエクシジョン 斜吊り工法 など	橋体の組立て、架設、運搬にケーブルクレーンを用いて仮設する工法。吊橋のように張り渡されたケーブルからハンガーロープにより橋体を吊り下げ架設するため、桁下空間の制約に左右されない。  キャリアー    トラックケーブル	
③ 送 出 し ・送出し工法 ・架設桁工法 など	橋体を取付け道路上、既設桁上あるいは仮設軌条桁上で組立て、橋軸方向に送出して据付ける工法。送出しヤードの確保が必要だが、桁下空間の制約に左右されない。曲線桁への対応も可能でR=150m程度まで実績がある。  台車    送出し装置    手延べ機    ローラー	
④ トラベラークレーン ・トラベラークレーン ベント工法 ・トラベラークレーン 片持式工法 など	橋体の組立て、架設にトラベラークレーンを用いて架設する工法。クレーンの自重による橋体の照査が必要だが、桁下空間の制約に左右されない。  浮上がり防止金具    仮設連結構    架設用畜    トラベラークレーン ベント    杭ベント	

架設工法	特 徴	架 設 事 例
⑤ フ ロー テ ィ ン グ ク レ ー ン ・フ ロー テ ィ ン グ ク レ ー ン ベ ン ト 工 法 ・フ ロー テ ィ ン グ 一 括 架 設 工 法 など	水上部分の橋体を架設する場合に、大型フローティングクレーンまたは現地で組立てる可搬式フローティングクレーンを用いて架設する工法である。設備費用は割高となるが、一括架設など、大ブロックでの架設となるため、架設工期は短く、高所作業も少ない。 フローティングクレーン 	
⑥ 台 船 ・台船一括架設工法 ・一括吊上げ工法 など	橋体を台船に載せて架設地点まで運搬し、干満差あるいは台船への注排水による高さ変化を利用して架設する工法。設備費用は割高となるが、一括架設など、大ブロックでの架設となるため、架設工期は短く高所作業も少ない。 	
⑦ 新 工 法 ・ 新 技 術 ・ジャッキアップ 回転架設工法 (※図、写真) ・張出し架設工法 ・都市部における急速施工法 など	山岳部、都市部など、架設地点の条件が非常に厳しく、一般的な工法の選定が困難な場合において、開発、施工された工法。足場ヤードの削減、高所作業の減少、工期短縮などの工夫がなされている。 	

(2) 鋼橋における架設工法の選定方法

鋼橋の建設の際に適用される架設工法は、一般的に以下のフローチャートにより選定される。

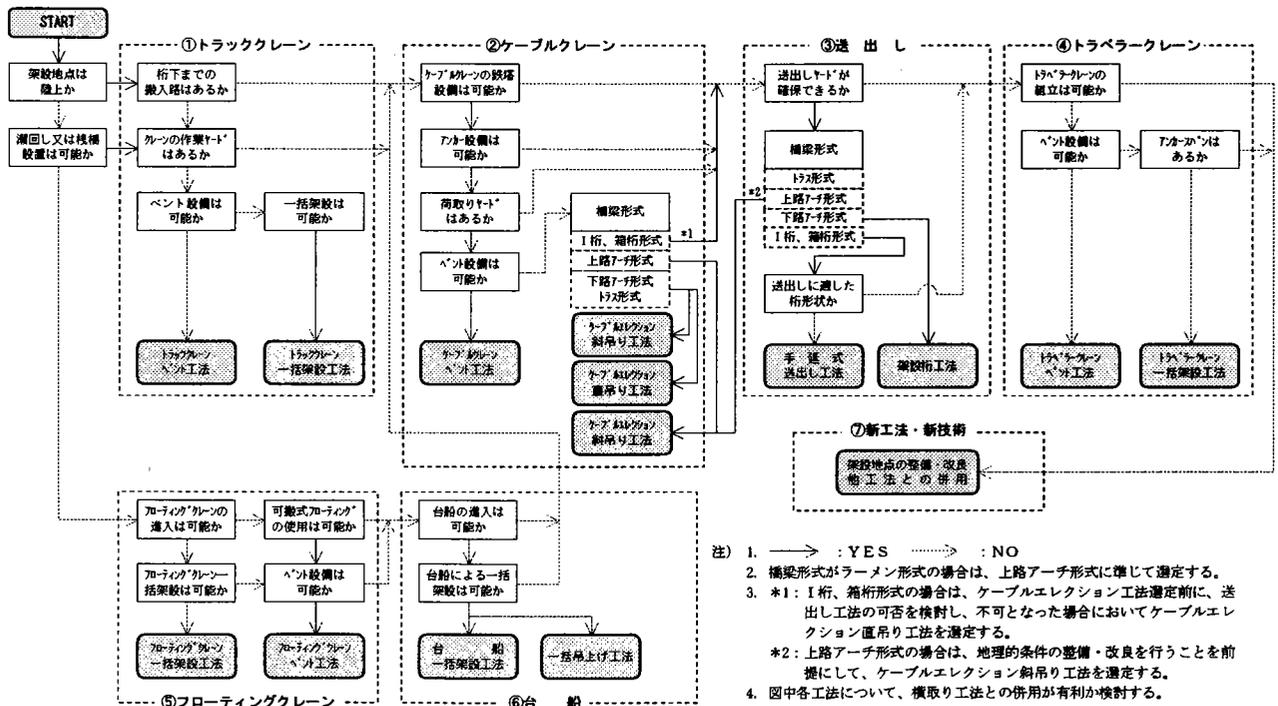


図 2.3.1 鋼橋における架設工法の選定フロー

(3) 鋼橋における架橋条件に適した架設工法と橋梁形式

1) 鋼橋における架橋条件と架設工法の適用性

各架設工法を適用するにあたっての架橋条件を整理すると表 2.3.2 の通りである。

表 2.3.2 架橋条件と架設工法の適用性

架 設 工 法		架 橋 条 件 等	備 考
① トラッククレーン	トラッククレーン ベント工法	1) 陸上部で、ベントおよび桁の架設地点までのトラッククレーンが進入できること 2) 流水部でも瀬回しまたは棧橋等によりベントの設置が可能でトラッククレーンが侵入できること 3) 供用中の道路を作業帯とする場合、交通規制により自走クレーン車が進入できること 4) ベントの設置およびトラッククレーンの据付に必要な地耐力が確保出来ること	
	トラッククレーン 一括架設工法	1) トラッククレーンの進入は可能であるが、ベントの設置が不可能な場合 2) 桁架設地点付近に橋体組立てヤードが確保出来ること 3) 吊り荷重に見合ったトラッククレーンが調達できること 4) トラッククレーンの据付に必要な地耐力が確保できること	架設時の橋体強度確認が必要
② ケーブルクレーン	ケーブルクレーン ベント工法	1) ベントの設置は可能であるが、トラッククレーンの進入が不可能な場合 2) ケーブルクレーン設備の設置が可能なこと ①鉄塔・アンカー設備および荷取ヤードの設置が可能なこと ②桁下に鉄道および架空線等がない場合 3) 鉄塔支間が 250m 程度以下の場合	
	ケーブルエレクション 直吊り工法	1) ベントの設置並びにトラッククレーンの進入が不可能な場合 2) ケーブルエレクション設備の設置が可能なこと ①鉄塔・アンカー設備および荷取ヤードの設置が可能なこと ②桁下に鉄道および架空線等がない場合 3) 鉄塔支間が 150m 程度以下の場合	
	ケーブルエレクション 斜吊り工法	1) ベントの設置並びにトラッククレーンの進入が不可能な場合 2) ケーブルエレクション設備の設置が可能なこと ①塔・アンカー設備および荷取ヤードの設置が可能なこと ②桁下に鉄道および架空線等がない場合 3) 鉄塔支間が 250m 程度以下の場合	架設時の橋体強度確認が必要
③ 送出し	送出し工法	1) 桁下空間に次の制約がある場合 ①鉄道道路がある ②通行規制をし難い主要道路がある ③ベントが設置できない河川、山間渓谷部である ④トラッククレーンが侵入できずケーブルエレクション設備の設置が不可能な場合 2) 送出しヤードが確保できること 3) 縦断勾配が 5%程度以下であること	架設時の橋体強度確認が必要
	架設桁工法	1) 桁下空間に次の制約がある場合 ①鉄道道路がある ②通行規制をし難い主要道路がある ③ベントが設置できない河川、山間渓谷部である ④トラッククレーンが侵入できずケーブルエレクション設備の設置が不可能な場合 2) 送出しヤードが確保できること	
④ トラベラー クレーン	トラベラークレーン ベント工法	1) 桁下にトラッククレーンが進入できずケーブルエレクション設備の設置ならびに送出しヤードの確保が、ともに不可能な場合	架設時の橋体強度確認が必要
	トラベラークレーン 片持ち式工法	1) 桁下にトラッククレーンが進入できずケーブルエレクション設備の設置ならびに送出しヤードの確保が、ともに不可能な場合 2) 桁下空間にベントが設置できない場合で、アンカー設備の設置が可能であること。	架設時の橋体強度確認が必要
⑤ フローティング クレーン	フローティング クレーン一括架設工法	1) 桁の架設地点までフローティングクレーン（以下FC）が進入できること 2) 流速、潮流が 2ノット程度以下であること 3) 吊り荷重に見合ったFCが調達できること 4) 架設工期が制約される場合 5) 橋体を搬出できる岸壁や、揚重設備を確保できること	架設時の橋体強度確認が必要
	フローティング クレーンベント工法	1) FCまたは可搬式FCの使用が可能で、かつベント設備の設置が可能な場合 2) 流速、潮流が 2ノット程度以下であること	
⑥ 台船	台船一括架設工法	1) 桁の架設地点まで台船が侵入できること 2) 流速、潮流が 2ノット程度以下であること 3) 桁下から水面までの高さが 7m程度以下であること	架設時の橋体強度確認が必要
	一括吊上げ工法	1) 桁の架設地点まで台船が侵入できること 2) 流速、潮流が 2ノット程度以下であること	架設時の橋体強度確認が必要

2) 鋼橋における架設工法と橋梁形式の適用性

各架設工法に対して、適用可能な橋梁形式は、表 2.3.3 に示す通りである。

表 2.3.3 橋梁形式と架設工法の適用性

架設工法	橋梁形式	単純桁	連続桁	曲線	単純トラス	連続トラス	下路アーチ	下路ローゼ	下路ランガー	上路アーチ	上路ローゼ	上路ランガー	ラーメン橋	斜張橋
		(一・箱桁)	(一・箱桁)	桁	ス	ス	チ	ゼ	ガ	チ	ゼ	ガ	橋	橋
①トラッククレーン	トラッククレーンベント工法	◎	◎	◎	○	○	△	△	△				○	△
	トラッククレーン一括架設工法	◎	△	△										
②ケーブルクレーン	ケーブルクレーンベント工法	○	○	○	○	△	○	○	○				△	○
	ケーブルエレクション直吊り工法	△	△		◎	△	◎	◎	◎				◎	
	ケーブルエレクション斜吊り工法						△	△		◎	◎	◎	◎	
③送出し	送出し工法	◎	◎	○			○	○	○					
	架設桁工法	○	○	◎					○					
④トラベラークレーン	トラベラークレーンベント工法	△	○	○	○	◎								○
	トラベラークレーン片持ち式工法		○			◎								◎
⑤フローティングクレーン	フローティングクレーン一括架設工法	○	○		○	○								
	フローティングクレーンベント工法		○	○	○	○								◎
⑥台船	台船一括架設工法	○	○		○	○	○	○	○					
	一括吊上げ工法		△			△								

(4) 鋼橋における橋梁形式と標準適用支間長

各橋梁形式に対して、標準的な適用支間長は、表 2.3.4 に示す通りである。

表 2.3.4 橋梁形式と標準支間長



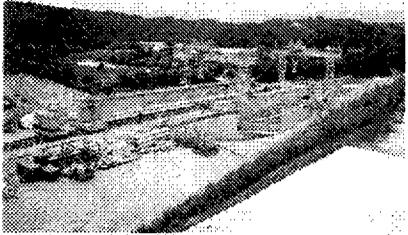
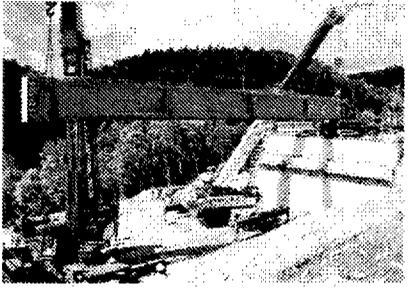
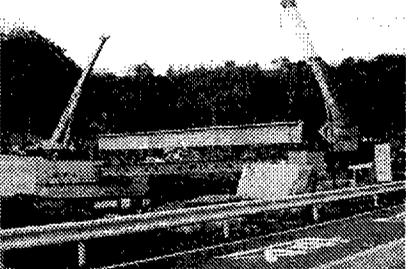
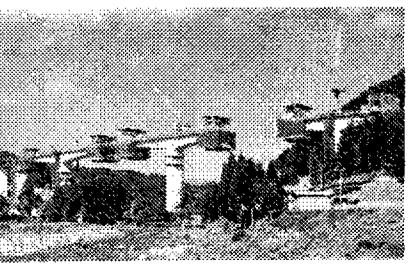
■ : 標準的な支間長 □ : 適用可能な支間長

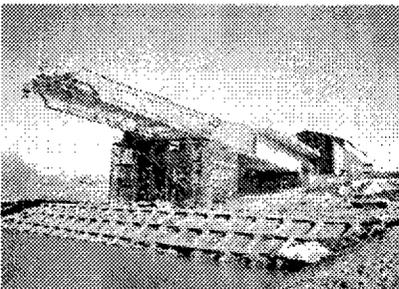
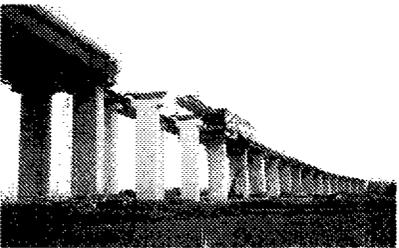
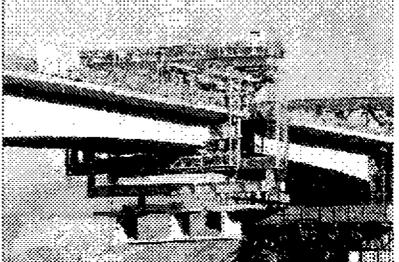
### 2.3.2 コンクリート橋における架設工法と橋梁形式

#### (1) コンクリート橋における架設工法の種類と特徴

コンクリート橋における各架設工法の特徴と架設事例を表 2.3.5 に示す。

表 2.3.5 コンクリート橋における架設工法の種類と特徴

架設工法	特 徴	架設事例
<p>① 架設桁架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一組桁架設工法</li> <li>・二組桁架設工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・架設径間に予め架設桁を据付、引出し軌道で PC 桁製作ヤードから PC 桁を引出し、架設桁を支持桁として架設する。</li> <li>・架設桁架設工法は、架設桁設備の他に、横取り設備、引出し設備、桁吊り装置設備等を組合せて架設する。</li> <li>・架設桁設備としては、一組桁設備及び二組桁設備があり、PC 桁の質量により使い分けるが、鉄道線路上、交通量の多い道路上等の特殊条件の場所では二組桁設備を使用することが多い。</li> </ul>	
<p>② クレーン架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自走クレーン車工法</li> <li>・門型クレーン工法</li> <li>・フローティングクレーン工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台背面または、架設地点の桁下へ自走クレーン車を据付け、運搬された PC 桁を吊上げ据付ける。自走クレーン車の使用台数により「単吊り架設」と「相吊り架設」がある。</li> <li>・架設される橋梁を跨いで門型クレーン設備を据付け、運搬された PC 桁を吊上げ据付ける。固定式の門型クレーンを使用する定置式門型クレーン工法と設置した軌道を移動する自走式門型クレーン工法がある。</li> <li>・河口など水深の深い架橋地点の架設にはフローティングクレーン工法がある。</li> </ul>	
<p>③ 併用架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・架設桁架設工法</li> <li>+ 自走クレーン車工法</li> <li>・門型クレーン工法</li> <li>+ 架設桁架設工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場条件が特殊な場合に採用される架設工法で、主として、架設桁設備とクレーン設備を組合せた工法。</li> <li>・架橋地点が鉄道線路上または、交通量が多い道路上等で作業時間が制限されている場合に採用される。</li> <li>・多径間にわたる橋梁で、PC 桁製作ヤードが取付け道路上、あるいは高架上に設置できない場合に採用される。</li> </ul>	
<p>④ 固定支保工架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・枠組支保工</li> <li>・支柱式支保工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・架設支点に支保工を組立て、PC 桁を場所打ちする架設工法。</li> <li>・架橋地点の桁下空間に障害物が無く、支保工を支持する基礎地盤が平坦かつ良好である場合採用される。</li> <li>・架橋地点に河川や道路が横断する等、桁下空間を一部あるいは全部を確保する必要がある場合で、支保工高が高くなる場合や地盤が軟弱で集中的な基礎を設けた方が有利な場合は、支柱式支保工が採用される。</li> </ul>	
<p>⑤ 場所打片持架設工法 (片持架設用移動作業車架設)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・片持架設用移動作業車架設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長大支間橋梁で桁下空間に左右されることなく架設する場合に有利。</li> <li>・橋脚柱東部に、片持架設用移動作業車を据え付け、柱頭部より両側に向かって、1ブロックずつ順次張出し架設を行う。1回当たりの施工ブロック長は使用する移動作業車により 2~5m の範囲となる。</li> </ul>	

架設工法	特 徴	架設事例
<p>⑥ 押し出し架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集中方式押し出し架設工法</li> <li>・分散方式押し出し架設工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋体の先端に鋼製手延桁を取付けて、押し出し装置を用いて橋体を順次架設径間前方に押し出し架設する工法。</li> <li>・一般に押し出し架設工法に適用される径間長は 30～60m程度。</li> </ul>	
<p>⑦ 大型移動支保工架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大型移動支保工架設工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支保工、型枠設備、荷役設備等が一体となった大型移動支保工設備により、一径間毎に移動しながら橋体を製作、架設する。</li> <li>・一定規模以上の多径間橋梁に有利。</li> <li>・大型移動支保工設備は、高度に機械化されており、急速施工、省力化を可能とするとともに施工管理が容易。</li> <li>・大規模の多径間連続桁や、都市内高架橋等の架設に適した工法であり、適用径官庁は20～40ミ程度。断面形状は中空床版橋、多主版桁橋、箱桁橋が多い。</li> </ul>	
<p>⑧ 接地式移動支保工工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吊桁式移動支保工工法</li> <li>・受桁式移動支保工工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・型枠受けに脚柱を取付け、コンクリート打設時にはこの脚柱でコンクリート荷重を受け、コンクリート硬化後、プレスを導入した後ジャッキアップして脚柱を縮めるか折りたたんで、脚柱の下方にセットされた車輪または台車により次のスパンに移動する。</li> </ul>	
<p>⑨ 張出し架設工法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・架設桁架設</li> <li>・移動式作業車架設</li> <li>・クレーン架設</li> <li>・タワーエレクション架設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プレストレスブロックをストックヤードから架設地点まで運搬し、ブロックを所定の架設位置まで吊上げまたは吊下げた後 PC 鋼材を通し、接着剤を塗布してブロックを引き寄せ、最後に PC 鋼材を緊張する。</li> <li>・吊上げ方式として、移動式作業車や架設桁などがある。</li> </ul>	
<p>⑩ 新工法・新技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロアリング工法</li> <li>・アーチ斜吊工法</li> <li>・合成アーチ工法</li> <li>・アーチセントル工法</li> <li>・ピロン式工法</li> <li>・メラン式工法</li> <li>・併用工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・山岳部、都市部など、架設地点の条件が非常に厳しく、一般的な工法の選定が困難な場合において、開発、施工された工法。足場ヤードの削減、高所作業の減少、工期短縮などの工夫がなされている。</li> </ul>	

(2) コンクリート橋における架設工法の選定方法

コンクリート橋における架設工法は、以下のフローチャートにしたがって選定することができる。

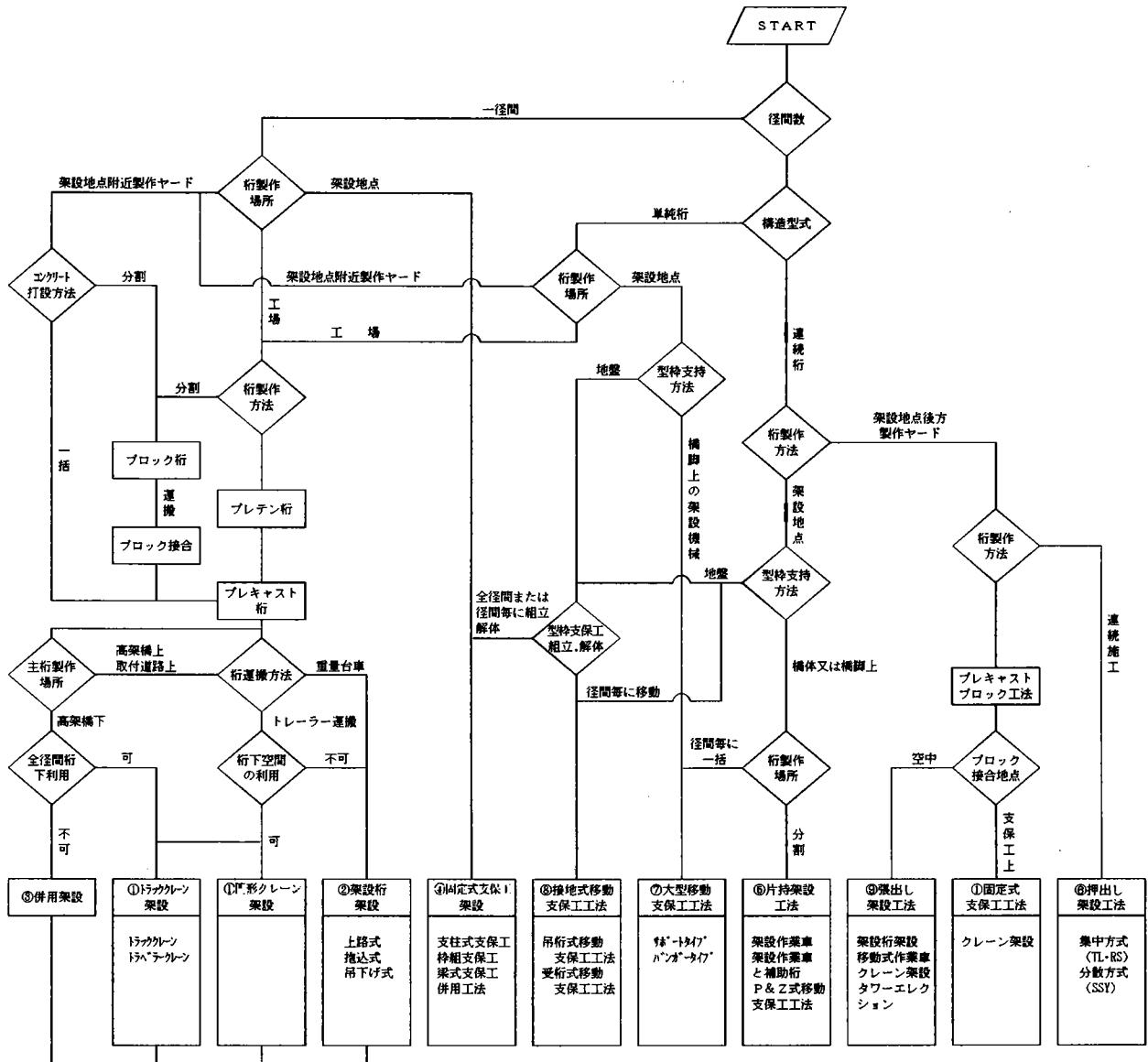


図 2.3.2 コンクリート橋における架設工法の選定フロー

(3) コンクリート橋における架設工法と橋梁形式の適用性

各架設工法に対して、適用可能な橋梁形式は、表 2.3.6 に示す通りである。

表 2.3.6 橋梁形式と架設工法の適用性

橋梁形式	架設工法		クレーン架設	架設桁架設	固定支保工	移動支保工	押し出し架設	張出し架設	新工法・新技術
	床版橋	T桁橋 プレテン桁 ポステン桁							
単純桁橋	床版橋		○						
	T桁橋	プレテン桁 ポステン桁	○	○					
	合成桁橋		○	○					
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空床版橋				○				
	箱桁橋				○				
プレキャスト桁架設方式連続桁	床版橋		○						
	T桁橋		○	○					
	合成桁橋		○	○					
連続桁橋	中空床版橋				○	○			
	箱桁橋				○	○	○	○	
	版桁橋				○	○			
ラーメン橋	Tラーメン橋				○			○	
	連続ラーメン橋				○			○	
	有ヒンジラーメン橋				○			○	
	その他のラーメン橋				○			○	
斜張橋				○			○		
アーチ橋							○	○	

※新工法・新技術 (アーチ斜吊工法、合成アーチ工法、アーチセントル工法、ピロン式工法、メラン式工法、併用工法)

(4) コンクリート橋における橋梁形式と標準適用支間長

各橋梁形式に対して、標準的な適用支間長は、表 2.3.7 に示す通りである。

表 2.3.7 橋梁形式と標準支間長

橋梁形式	支間長 (m)	適用性																						
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000
単純桁橋 (プレキャスト桁)	床版橋	【プレテン桁】(クレーン架設)																						
	T桁橋	【プレテン桁】(クレーン架設) 【ポステン桁】(クレーン架設、架設桁架設)																						
	合成桁橋	【ポステン桁】(クレーン架設、架設桁架設)																						
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空床版橋	【固定支保工】																						
	箱桁橋	【固定支保工】																						
プレキャスト桁架設方式連続桁	床版橋	【クレーン架設】																						
	T桁橋	【クレーン架設】 【架設桁架設】																						
	合成桁橋	【クレーン架設、架設桁架設】																						
連続桁橋	中空床版橋	【固定支保工、移動支保工】																						
	箱桁橋	【固定支保工】 【移動支保工】 【押し出し架設】 【張出し架設】																						
	版桁橋	【固定支保工、移動支保工】																						
ラーメン橋	Tラーメン橋	【固定支保工】 【張出し架設】																						
	連続ラーメン橋	【固定支保工】 【張出し架設】																						
	有ヒンジラーメン橋	【有ヒンジ固定架橋】(張出し架設)																						
	その他のラーメン橋	【固定支保工】 【張出し架設】 【固定支保工】																						
斜張橋	【固定支保工】 【張出し架設】																							
アーチ橋	【支保工、張出し架設、ロアリング工法等】																							

2.3.3 下部構造形式と特徴

(1) 基礎構造

基礎形式の種類と特徴を表 2.3.8 に示す。

表 2.3.8 基礎形式の種類と特徴

形式	特 徴	施 工 事 例	施 工 方 法
① 直接基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工面より比較的浅い位置にある良好な支持層に、直接フーチングを施工し基礎構造とする。</li> <li>・オープン掘削及び土留め掘削により、支持層まで掘削しフーチングを施工する。</li> </ul>	<p>図 2-18 直接基礎の施工例</p>	
② 杭基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的深い位置に良好な支持層がある場合に採用される。</li> <li>・杭の構造は、掘削した部分に組んだ鉄筋を設置しコンクリートを打設する場所打ち杭、鋼管やコンクリートにプレストレスを加えた PHC 等の既製杭、大型の施工機械が設置できないような急峻な場所で人力により掘削を行い、鉄筋の配筋、コンクリート打設を行う深礎杭等がある。</li> </ul>	<p>図 2-13 場所打ち杭の施工例</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・場所打ち杭基礎</li> <li>・オールケーシング杭</li> <li>・リバース杭</li> <li>・アースドリル杭</li> <li>・深礎杭</li> <li>・鋼管杭基礎</li> <li>・打込み杭</li> <li>・中掘り杭</li> <li>・鋼管ソイルメント杭</li> <li>・プレバール杭</li> <li>・PHC 杭基礎</li> <li>・打込み杭</li> <li>・中掘り杭</li> <li>・プレバール杭 など</li> </ul>
③ ケーソン基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主に河川などにおいて、深い位置に良質な支持層がある場合で、大きな支持力を要求される場合、杭基礎での施工が困難な場合に採用される。</li> <li>・工法はオープンケーソン工法とニューマチックケーソン工法がある。(オープンケーソン工法)</li> <li>・ケーソン内の土砂をラムシェルやクラブバケット等で掘削、排出しながらケーソンを沈下させ、所定の支持層に到達させる。(ニューマチックケーソン工法)</li> <li>・ケーソン下部に作業室を設け、作業室内に圧縮空気を送り込んで作業室内の水を排除し、人力・機械により掘削、排出しながらケーソンを沈下させ、所定の支持層に到達させる。</li> </ul>	<p>図 2-14 ケーソン基礎の施工例</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オープンケーソン</li> <li>・ニューマチックケーソン など</li> </ul>
④ 鋼管矢板基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河川内等で仮締め切りが必要な場合に採用される。鋼管矢板を井筒形等に配置することで、杭基礎と比べ剛性が大きくなる。</li> <li>・仮締め切りと基礎本体を兼用することで、作業スペースを小さく出来る。</li> <li>・隣り合う鋼管矢板は、継手管を相互にかみ合わせることで連続性を図る。</li> </ul>	<p>図 2-15 鋼管矢板基礎の施工例</p>	
⑤ 地中連続基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較的深い位置に良好な支持層がある場合に、隣接する地中連続壁エレメントを相互に継手を用いて連結して一体併合断面を形成し、その頭部に頂版を設けて、所要の支持力等を得られるようにした基礎形式。</li> <li>・壁状に掘削した部分に鉄筋を配筋しコンクリートを打設する。</li> </ul>	<p>図 2-16 地中連続基礎の施工例</p>	

(2) 基礎形式と標準適用範囲

各基礎形式に対して、標準的に適用可能な施工深さは表 2.3.9 に示す通りである。

表 2.3.9 基礎形式と標準適用施工深さ

工種	深度	施工深さ (m)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
直接基礎										
PHC杭										
鋼管杭										
場所打ち杭	ベント杭									
	リハース杭									
	深礎杭									
ケーソン杭	オーソナーソン									
	ニューマチックケーソン									
鋼管矢板基礎										
地中連続基礎										

(3) 施工性と基礎形式

1) 施工条件と基礎形式の適用性

一般的に基礎形式に対する必要条件（施工条件）は、表 2.3.10 の通りである。

表 2.3.10 基礎形式と施工性

形式	施工機械	施工性
直接基礎	バックホウ等	・水深 5m 以上の水上施工は困難。
場所打ち杭	オールケーシング杭 オールケーシング掘削機、 全回転型オールケーシング掘削機、 ケーシングチューブ、クローラークレーン等	・水上施工は困難。 ・振動・騒音が大きい。 ・掘削機等施工機械が大型で、重量が重く据付地盤の強度が必要。
	リハース杭 リハースサーキュレーションドリル、 クローラークレーン等	・施工機械が小さいため、水上や狭隘部での施工が可能。 ・空頭制限をあまり受けない。 ・掘削土の処理設備のスペースが必要。 ・低振動・低騒音工法に対応できる。
	アースドリル杭 クローラーストアオガ、 クローラークレーン等	・水深 5m 以上の水上施工は困難。 ・低振動・低騒音工法に対応できる。
	深礎杭 (人力掘削)	・水上施工は困難。 ・酸欠空気、有毒ガス等の発生する恐れがある場所では不可能。 ・人力掘削のため、狭隘部、傾斜地、重機搬入不可能な場所等、他工法では困難な場所での施工が可能。
鋼管杭	打込み杭 クローラーストアオガ、 パイルハンマ、クローラークレーン等	・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。 ・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。 ・振動・騒音が大きい。
	中掘り杭 アースオガ中掘り機、 クローラークレーン等	・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。 ・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。 ・低振動・低騒音工法に対応できる。
	鋼管 ソイルメント杭	・水上施工は困難。 ・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。 ・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。
	プレキャスト 杭	・水上施工は困難。 ・低振動・低騒音工法に対応できる。 ・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。 ・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。

形式		施工機械	施工性
杭基礎	PHC杭	打込み杭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。</li> <li>・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。</li> <li>・振動・騒音が大きい。</li> </ul>
		中掘り杭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アスカ®中掘り機、クローラークレーン等</li> <li>・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。</li> <li>・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。</li> <li>・低振動・低騒音工法に対応できる。</li> </ul>
		プレールンク杭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水上施工は困難。</li> <li>・低振動・低騒音工法に対応できる。</li> <li>・杭打ち機が大きいため、狭隘部での施工は困難。</li> <li>・杭打ち機を施工箇所配置するための搬入路が必要となる。</li> </ul>
ケーソン基礎	オープンケーソン	グラブネル等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーソンの初期構築時の反力を支えるため、地盤の強度が必要である。</li> <li>・中間層にれき径が100mm~500mmのれき層がある場合にも対応できる。</li> <li>・地下水の流速が3m/min以上の場合にも対応できる。</li> </ul>
	ニューマチックケーソン	クローラークレーン、潜函用ショベル等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーソンの初期構築時の反力を支えるため、地盤の強度が必要である。</li> <li>・中間層にれき径が100mm~500mmのれき層がある場合にも対応できる。</li> <li>・地下水の流速が3m/min以上の場合にも対応できる。</li> </ul>
鋼管矢板基礎		クローラークレーン、パイロハンマ、グラブネル、ウォータージェット等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭基礎と同様。仮締切りを兼用できる。</li> <li>・地下水の流速が3m/min以上の場合にも対応できる。</li> <li>・地表より2m以上の被圧地下水の場合にも対応できる。</li> </ul>
地中連続壁基礎		掘削機(バケット式、回転式)、クローラークレーン等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低振動・低騒音工法に対応できる。</li> </ul>

2) 施工条件と基礎形式の適用性

各施工条件に対して、適用可能な基礎形式は、表 2.3.11 に示すとおりである。

表 2.3.11 基礎形式と施工条件

施工条件		基礎形式		打込み杭基礎		中掘り杭基礎						場所打ち杭基礎				ケーソ基礎		鋼管矢板基礎	地中連続基礎					
				直接基礎	R/C杭	P/HC杭・S/C杭	鋼管杭		PHC杭・SC杭		鋼管杭		鋼管ソイルセメント杭	プレボーリング杭基礎	オールケーシング	リバース	アースドリル	深礎	ニューマチック	オープン				
							打撃工法	N.C.工法	最終打撃方式	噴出攪拌方式	コンクリート打撃方式	最終打撃方式											噴出攪拌方式	コンクリート打撃方式
支持層までの状態	中間層に極軟弱層がある	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	中間層に極硬い層がある	○		△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	△	△	○	○				
	中間層にれきがある	れき径 50mm以下	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		れき径 50~100mm	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○			
		れき径 100~500mm	○											△		○	○	△		△	○			
	液状化する地盤がある	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	支持層の状態	支持層の深度	5m未満	○												○								
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△		
			15~25m		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
			25~40m			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○		
40~60m					△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	○		△	○	○	○	○			
60m以上						△	△					△	△	△			△	△	△	△	△			
支持層の土質		粘性土 (20≤N)	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
砂・砂れき (30≤N)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
傾斜が大きい (30度程度以上)	○		△	○	△	△	△	○	○	△	△	△	△	○	○	△	△	△	△	△				
支持層面の凹凸が激しい	○	△	△	○	○	△	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△				
地下水の状態	地下水位が地表に近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○				
	湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△		○	○	○	△				
	地表より2m以上の被圧地下水		○	○	○	○					○						△	△	○					
	地下水流速3m/min以上		○	○	○	○	○		○								○	△	○					
構造物の特性	荷重規模	鉛直荷重が小さい(支間20m以下)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△				
		鉛直荷重が普通(支間20m~50m)	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		鉛直荷重が大きい(50m以上)	○		△	○	△	△	△	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○			
		鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△			
		鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
支持形式	支持杭	/	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	/	/	/	/	/				
	摩擦杭	/	○	○	○	○	/	/	/	/	/	○	○	○	/	/	/	/	/	/				
水上施工	水深5m未満	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	△		△	△	○						
	水深5m以上		△	△	○	△	△	△	△	△	△	△		△		△	△	○						
施工条件	作業空間が狭い	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△		△				
	斜杭の施工	/	△	○	○	○			△	△	△	△	△			/	/	/	/	/				
	有害ガスの影響	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○				
	周辺環境	振動騒音対策	○			△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○			
隣接構造物に対する影響		○			△	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△				

○：適合性が高い △：適合性がある 空欄：適合性が低い /：適合性が無い

(4) 橋台

一般的な橋台の形式と適用高さについて以下の表 2.3.12 に示す。

表 2.3.12 橋台と適用高さ

橋台形式	高さ (m)			備考
	10	20	30	
逆丁式 (土圧低減工法の場合)				
ラーメン				
箱式				
盛こぼし				

(5) 橋脚

一般的な橋脚の形式と適用高さについて以下の表 2.3.13 に示す。

表 2.3.13 橋脚形式と適用高さ

橋脚形式	高さ (m)			備考
	10	20	30	
柱式 壁式				適用された最大橋脚高さ: 118m (→鋼管・コンクリート複合構造橋脚)
ラーメン式 (一層)				
ラーメン式 (二層)				
二柱式				上部工: PC中空床版の場合適用 

地形条件による選定の目安を以下に示す。

- ①河川部 … 壁式橋脚(小判形、特例として円柱式)
- ②平地部 … 柱式橋脚、壁式橋脚、ラーメン橋脚、鋼管・コンクリート複合構造橋脚
- ③山間部 … 柱式橋脚、壁式橋脚、ラーメン橋脚(一層、二層)、鋼管・コンクリート複合構造橋脚
- ④都市部 … 柱式橋脚、壁式橋脚、ラーメン橋脚、鋼管・コンクリート複合構造橋脚
- ⑤インターチェンジ部 … 柱式橋脚、壁式橋脚、ラーメン橋脚、鋼管・コンクリート複合構造橋脚

## ◇鋼管・コンクリート複合構造橋脚施工事例

東海北陸自動車道 鷺見川橋 (岐阜県郡上郡高鷺村)

- ・ P C 4 径間連続ラーメン箱桁(橋長 436m)
- ・ 橋脚高 P1:55m P2:118m P3:68m

施工工法：自昇式型枠足場システム

特徴：

- ① 橋脚躯体へのアンカーボルト埋め込み等の作業が不要であり、全足場を一体化して昇降できるため、足場の移動、設置などの作業を省力化できる。
- ② 型枠の移動、設置を足場の昇降作業とは関係なく行うことが出来るため、コンクリートの養生期間中に鉄筋組立て作業が先行でき、作業性の効率化を図ることができる。
- ③ 足場、型枠の移動作業には他の揚重機を使用せず、手摺などを設備した作業床内にて全ての作業を行えるので、高所作業での安全性を確保できる。
- ④ 型枠の再利用による経費の低減だけでなく、既存の足場材の使用、昇降装置の転活用などにより資機材の有効利用も図ることができる。
- ⑤ 足場・型枠の水平移動装置を装備しているため、躯体の断面形状が変化しても足場と躯体の距離を一定に保つことができる。



図 2.3.3 高橋脚の施工風景

## 2.4 架橋条件にあった架設工法及び橋梁形式の選定

### 2.4.1 架設工法と橋梁形式の関係

本節では、ケーススタディーとして下図に示すような山岳部（制約条件が大きい）、及び平野部（制約条件が少ない）の2つの架橋地点を対象とし、下図 2.4.3 の検討フローにしたがって、この架橋地点に適した橋梁形式の選定を行うものとする。

本ケーススタディーでは、地質及び環境条件等については、特別な条件は設けないものとし、架橋地点の地形（断面形状）をするものとする。



図 2.4.1 山岳部地形図



図 2.4.2 平野部地形図

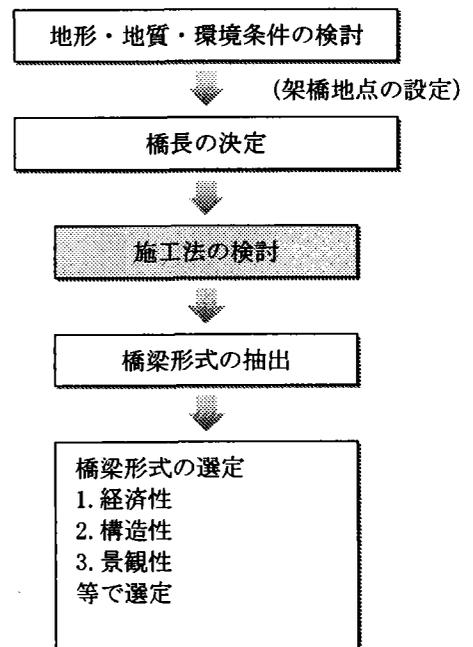


図 2.4.3 検討フロー

## 2.4.2 山岳部におけるケーススタディー

### (1) 架橋条件の整理

ここでは、図 2.4.3 で示す検討フロー手順に基づき、以下に示すような地形的条件の厳しい山岳部（谷の深さ約 140m、幅約 400m）を架橋地点として橋梁形式選定についてのケーススタディーを行う。

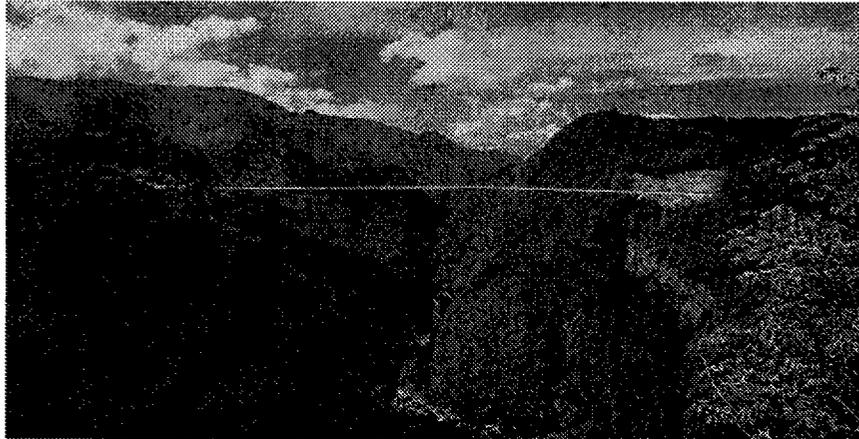


図 2.4.4 山岳部イメージ

表 2.4.1 架橋条件の整理（橋長の設定）

	① <橋長最短案> 単純案	② <橋長最短案> 2径間案
概要図		
コメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇概要                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台施工可能最大高さまで橋梁区間を設定(→橋長最短)</li> <li>・橋脚を設けない単純支間案。</li> </ul> </li> <li>◇施工                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・下部工施工は、峡谷部での施工とならないことから容易。</li> <li>・土工量が最少であることから、環境性に優れている。</li> </ul> </li> <li>◇適用橋種                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・『吊り形式』の橋梁となる。(→上部工コスト大)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇概要                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台施工可能最大高さまで橋梁区間を設定(→橋長最短)</li> <li>・橋梁区間を二分する位置に橋脚を設置した2径間案</li> <li>・橋脚高さの適用高さを超過(→コスト大)</li> </ul> </li> <li>◇施工                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・下部工施工は、峡谷部の最も深い位置での施工となり、工事用道路および栈橋等の施工が必要。</li> <li>・橋脚の河川占有問題が生じる。</li> </ul> </li> <li>◇適用橋種                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・『トラス』『アーチ』形式の橋梁となる。</li> </ul> </li> </ul>
	③ <橋長最短案> 3径間案	④ 3径間案
概要図		
コメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇概要                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台施工可能最大高さまで橋梁区間を設定(→最小橋長)</li> <li>・橋脚を最適支間割り(0.8:1.0:0.8)に設定。</li> <li>・橋脚高さの適用高さを超過(→コスト大)</li> </ul> </li> <li>◇施工                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・下部工施工は、峡谷部の最も深い位置での施工となり、工事用道路および栈橋等の施工が必要。</li> <li>・橋脚の河川占有問題が生じる。</li> </ul> </li> <li>◇適用橋種                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・『鋼床版箱桁』『トラス』『アーチ』形式の橋梁となる。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇概要                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・河川条件による橋脚設置可能位置をコントロールして中央支間長を設定。最適支間割り(0.8:1.0:0.8)から橋台位置を決定する。</li> <li>・橋脚設置位置や橋脚高さは②、③案より現実性のある案。</li> </ul> </li> <li>◇施工                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・下部工施工は、峡谷部の深い位置での施工となるが、栈台や栈橋等を用いての施工が可能。</li> <li>・①案に比べて土工量が多くなり、下部工施工コストが大きい。</li> </ul> </li> <li>◇適用橋種                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・『鋼床版箱桁』『トラス』『アーチ』形式の橋梁となる。</li> </ul> </li> </ul>

(2) 架設工法の選定

1) 鋼橋の場合

山岳部に適した鋼橋の施工方法を、図 2.4.5 のフローにしたがって選定する。

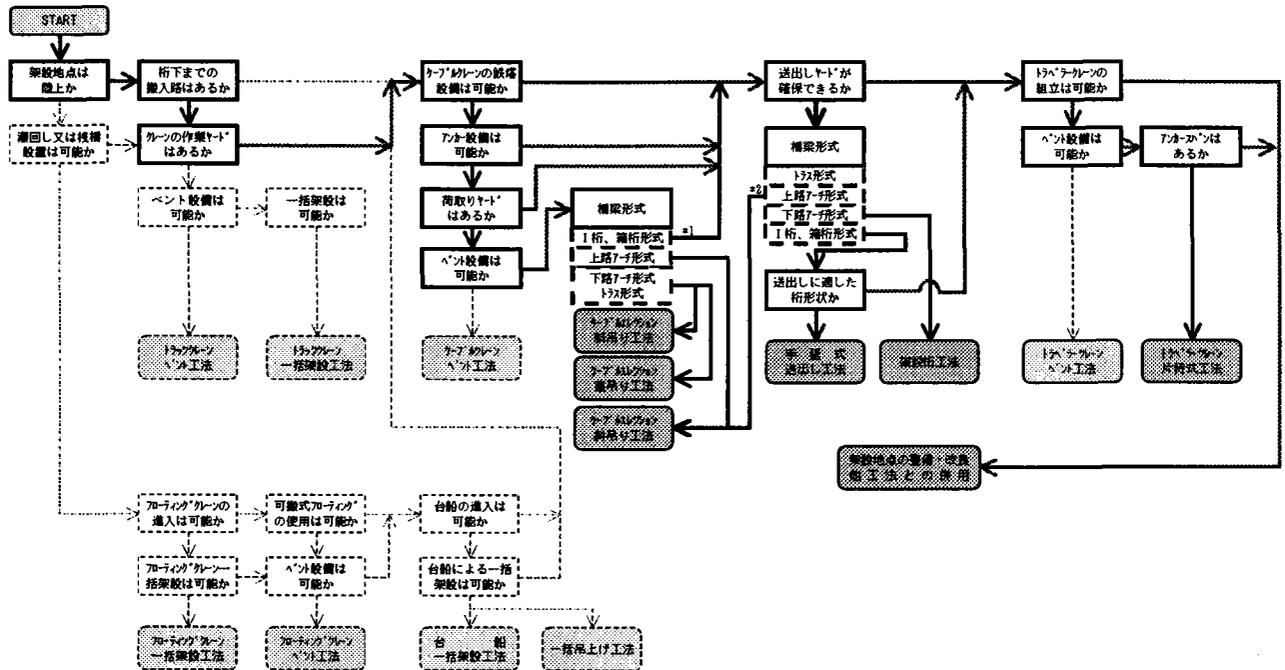


図 2.4.5 山岳部における鋼橋の架設方法選定フロー

2) PC橋の場合

山岳部に適したPC橋の施工方法を、図 2.4.6 のフローにしたがって選定する。

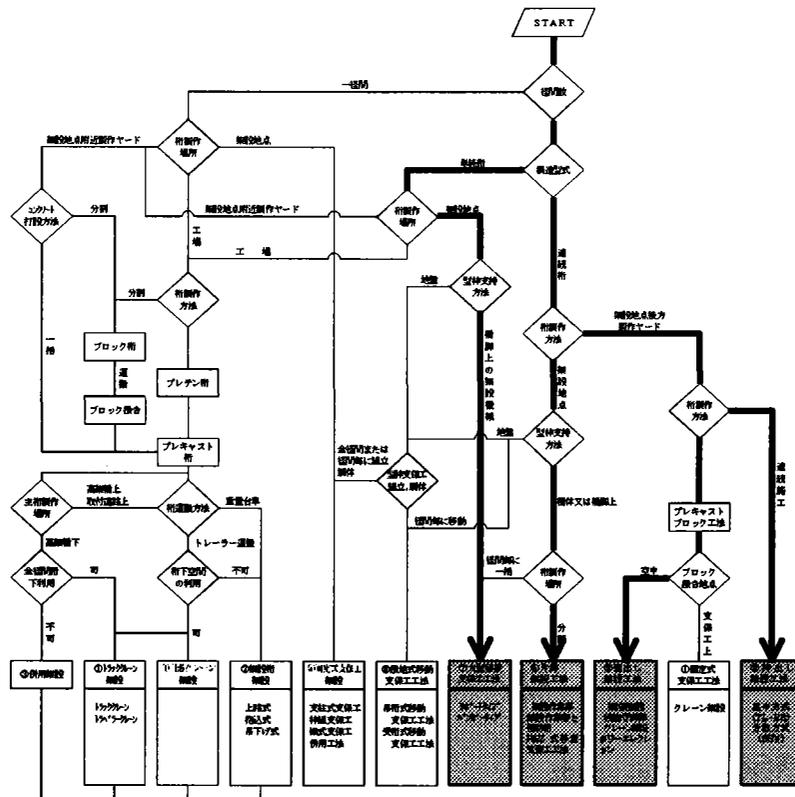


図 2.4.6 山岳部におけるPC橋の架設方法選定フロー

(3) 橋梁形式の抽出

1) 鋼橋の場合

前項で選定した施工方法から、適用可能な橋梁形式を表 2.4.2 より選定すると、全ての橋梁形式について適用可能であることがわかった。

表 2.4.2 架設工法に適用可能な橋梁形式抽出表 (鋼橋)

架設工法		橋梁形式												
		単純桁 (I・箱桁)	連続桁 (I・箱桁)	曲線桁	単純トラス	連続トラス	下路アーチ	下路ローゼ	下路ランガー	上路アーチ	上路ローゼ	上路ランガー	ラーメン橋	斜張橋
①トラッククレーン	トラッククレーンベント工法	◎	◎	◎	○	○	△	△	△				○	△
	トラッククレーン一括架設工法	◎	△	△										
②ケーブルクレーン	ケーブルクレーンベント工法	○	○	○	○	△	○	○	○				△	○
	ケーブルエレクション直吊り工法	△	△		◎	△	◎	◎	◎			◎		
	ケーブルエレクション斜吊り工法						△	△		◎	◎	◎	◎	
③送出し	送出し工法	◎	◎	○			○	○	○					
	架設術工法	○	○	◎				○						
④トラベラークレーン	トラベラークレーンベント工法	△	○	○	○	◎								○
	トラベラークレーン片持ち式工法		◎			◎								◎
⑤フローティングクレーン	フローティングクレーン一括架設工法	○	○	○	○	○								
	フローティングクレーンベント工法		○	○	○	○								◎
⑥台 船	台船一括架設工法	○	○		○		○	○	○					
	一括吊り上げ工法		△			△								

2) PC橋の場合

前項で選定した施工方法から、適用可能な橋梁形式を表 2.4.3 より選定すると、連続桁橋、ラーメン橋、斜張橋、アーチ橋の4形式が適用可能であることがわかった。

表 2.4.3 架設工法に適用可能な橋梁形式抽出表 (PC橋)

橋梁形式		架設工法		クレーン架設	架設桁架設	固定支保工	移動支保工	押出し架設	強出し架設	新技術・新工法
		架設	架設							
単純桁橋	庄版橋			○						
	T桁橋	プレテン桁		○						
		ポステン桁		○						
合成桁橋			○	○						
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空庄版桁					○				
	箱桁橋					○				
プレキャスト桁架設方式連続桁	床版橋			○						
	T桁橋			○	○					
	合成桁橋			○	○					
連続桁橋	中空庄版橋					○	○			
	箱桁橋					○	○	○	○	
	版桁橋					○	○			
ラーメン橋	Tラーメン橋					○			○	
	連続ラーメン橋					○			○	
	有ヒンジラーメン橋								○	
	その他のラーメン橋					○			○	
斜張橋					○			○		
アーチ橋								○	○	

※新工法・新技術 (アーチ斜吊工法、合成アーチ工法、アーチセントル工法、ピロン式工法、メラン式工法、併用工法) 等

(4) 橋梁形式の選定

1) 鋼橋の場合

前項で抽出した橋梁形式を、適用可能スパンによる絞込みを行った結果、下表 2.4.4 で示す通り、8形式が適用可能であることがわかった。

表 2.4.4 橋梁形式と標準支間長

橋梁形式		支間長(m)																								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	2000	2000
プレートガーダー	単純桁 (1-連桁)	標準的な支間長																								
	連続桁 (1-連桁)	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	少数主桁単純桁	標準的な支間長																								
	少数主桁連続桁	標準的な支間長										適用可能な支間長														
鋼床版橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														
トラス	単純トラス	標準的な支間長																								
	連続トラス	標準的な支間長										適用可能な支間長														
アーチ系	アーチ	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	下路ローゼ	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	下路ランガー	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	上路ローゼ	標準的な支間長										適用可能な支間長														
ラーメン橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														
斜張橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														
吊橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														

■ : 標準的な支間長      □ : 適用可能な支間長

2) PC橋の場合

前項で抽出した橋梁形式を、適用可能スパンによる絞込みを行った結果、下表 2.4.5 で示す通り、有ヒンジラーメン橋、斜張橋、アーチ橋の3形式が適用可能であることがわかった。

表 2.4.5 橋梁形式と標準支間長

橋梁形式		支間長(m)																								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	2000	2000
単純桁橋 (プレートスリット)	床版橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	T桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	合成桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空床版橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	箱桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
プレートスリット架設方式連続桁	床版橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	T桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	合成桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
連続桁橋	中空床版橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	箱桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	版桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
ラーメン橋	T桁橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	連続ラーメン橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	有ヒンジラーメン橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
	その他のラーメン橋	標準的な支間長										適用可能な支間長														
斜張橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														
アーチ橋		標準的な支間長										適用可能な支間長														

(5) 橋梁形式の提案

以上により抽出された橋梁形式の中から、今回のケーススタディーとして、以下の5案を提案する。

- 提案1 橋梁形式：中路式変則アーチ案（鋼橋）  
架設方法：ケーブルエレクション架設工法
- 提案2 橋梁形式：上路式連続トラス案（鋼橋）  
架設工法：トラベラークレーン架設工法
- 提案3 橋梁形式：ダブルV脚混合案（コンクリート橋、中央径間は鋼桁）  
架設工法：張出し架設工法
- 提案4 橋梁形式：吊り橋案（鋼橋）  
架設工法：吊橋架設工法
- 提案5 橋梁形式：鋼・コンクリート複合ラーメン案（鋼・コンクリート橋）  
架設工法：張出し架設工法

1) 提案1：中路式変則アーチ案

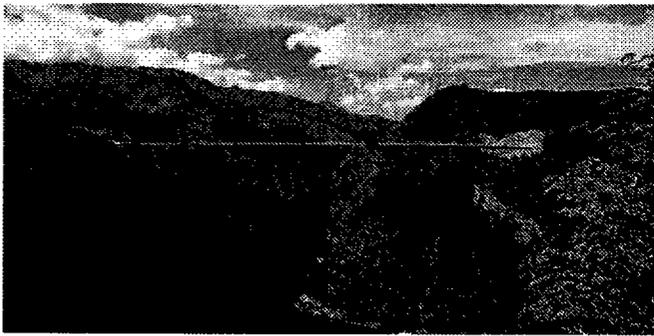
橋梁形式		中路式変則アーチ	
			
評価項目	Elegance (優美性)	外部景観	アーチ橋形式であり、シンボル製が高い。 非対称アーチとすることで、非対称な地形とバランスしている。
		内部景観	アーチリブが橋上に存在するためやや眺望性に劣る。
	Efficiency (効率性)	施工性	コンクリートの現場打設による現場工期の長期化。 大きいため、ケーブルエレクション設備が大規模となる。
		構造性	アーチアクションの構造性は高い。 傾斜面に下部工を設けるため、水平力を直接支持できる。
	Economy (経済性)	建設費	ケーブルエレクション設備等の仮設備費が高くなる。 下部工の施工は、他案と比較して安価となる。
		維持管理費	鋼部材が主であり、規模も大きく、維持管理は困難。 定期的な塗り替えが必要。

図 2.4.7 中路式変則アーチ案

2) 提案2：上路式連続トラス案

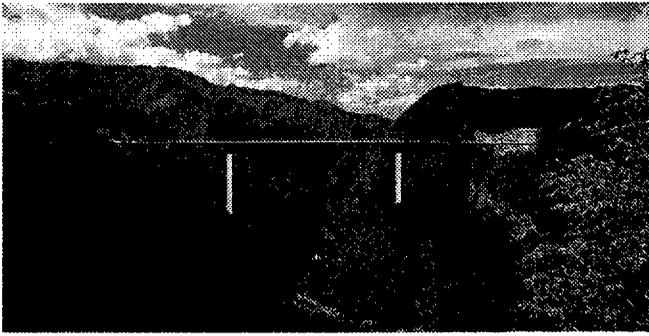
		上路式連続トラス	
橋梁形式			
評価項目	Elegance (優美性)	外部景観	細い部材で構成されるため透過性があり、背景と調和しやすい。ややシンボル性に劣る。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	中央径間の施工はトラベラークレーンのため比較的容易だが、側径間のベント施工が困難である。
		構造性	トラス構造とすることで無駄のない部材構成となる。
	Economy (経済性)	建設費	主な仮設備はベントのみのため比較的安価。
		維持管理費	高部材が主であり、部材数も多く、維持管理が困難。定期的な塗り替えが必要。

図 2.4.8 上路式連続トラス案

3) 提案3：ダブルV脚混合案

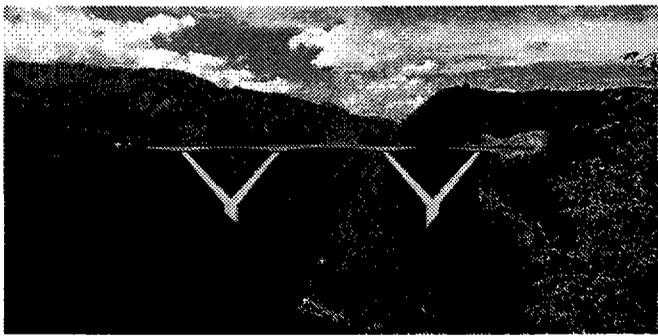
		ダブルV脚混合	
橋梁形式			
評価項目	Elegance (優美性)	外部景観	対称な橋梁形式は、非対称な地形への収まりがやや悪い。ダブルのV形状であることから、シンボル性は比較的高い。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	V字脚の傾きが大きく、吊りステージの上昇に難有り。谷部に大規模な下部工を設置する必要がある。
		構造性	V字脚とすることで、桁支間長を抑えられるが、基礎への作用力が大きくなり、基礎工の規模が大きくなる。
	Economy (経済性)	建設費	V脚部の施工費は高いが、張り出し架設は比較的安価。
		維持管理費	コンクリート構造が主であるため、維持管理は容易。中央径間の鋼桁を定期的に塗り替える必要がある。

図 2.4.9 ダブルV脚混合案

4) 提案4 : 吊り橋案

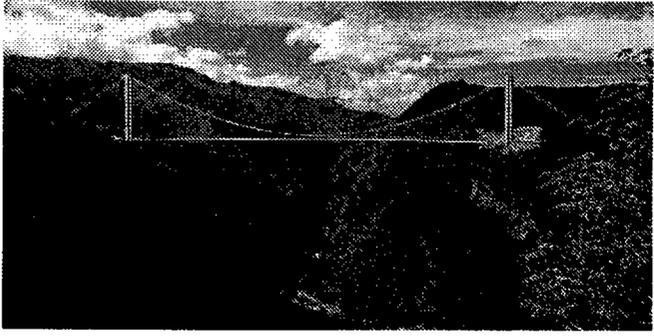
橋梁形式	吊り橋		
			
評価項目	Elegance (優美性)	外部景観	吊橋形式であり、シンボル性が高い。 桁下部分が大きく空いているため、やや空間的な収まりが悪い。
		内部景観	主塔がアクセントとなっている。 ケーブルや主塔が眺望をやや阻害している。
	Efficiency (効率性)	施工性	ケーブル定着部施工は大規模となるが谷部に下部工が不用。 本体を使用して架設するため、施工性は高い。
		構造的性	ケーブルにより桁を吊ることで、桁の曲げ応力が低減される。 吊り構造であることから、部材に無駄が少ない。
	Economy (経済性)	建設費	吊り橋の製作・架設は高価である。
		維持管理費	鋼部材が主であり、維持管理上は不利となる。 定期的な塗り替えが必要。

図 2.4.10 吊り橋案

5) 提案5 : 鋼・コンクリート複合ラーメン案

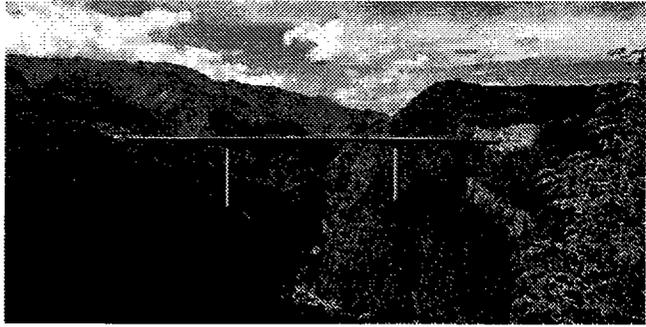
橋梁形式	鋼・コンクリート複合ラーメン橋		
			
評価項目	Elegance (優美性)	外部景観	シンプルな桁形式であり、背景と調和しやすい。 ややシンボル性に劣る。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	柱頭部ブロックの施工に難はあるが、その他の箇所は張出し架設となり 峡谷部施工に適する。
		構造的性	ラーメン構造とすることで、橋梁全体で安定する構造である。 架設時に生じる部材応力が比較的大きい。
	Economy (経済性)	建設費	鋼橋であるため、上部工重量を軽減でき、下部・基礎工の規模を 抑えることができる。
		維持管理費	剛結構造のため、支承部の維持管理が不要。 定期的な塗り替えが必要。

図 2.4.11 鋼・コンクリート複合ラーメン橋

### 2.4.3 平野部におけるケーススタディー

#### (1) 架橋条件の整理

本節では、平野部において連続高架橋を架設することを想定して、橋梁形式比較を行う。



図 2.4.12 平野部イメージ

本検討において、橋梁建設に関して制約となる条件は特に無いものとする。

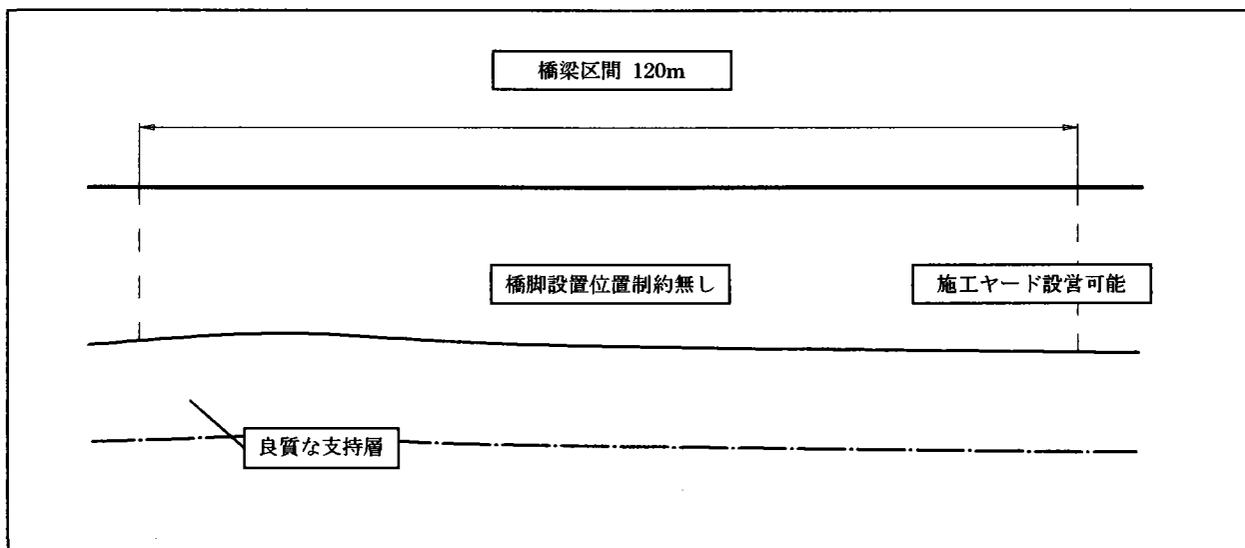


図 2.4.13 橋梁区間における架橋条件

(2) 架設工法の選定

1) 鋼橋の場合

架設工法を、図 2.4.14 より選定する。

本ケースでは、施工上の制約条件は特に無い為、トラッククレーンベント工法が選定される。

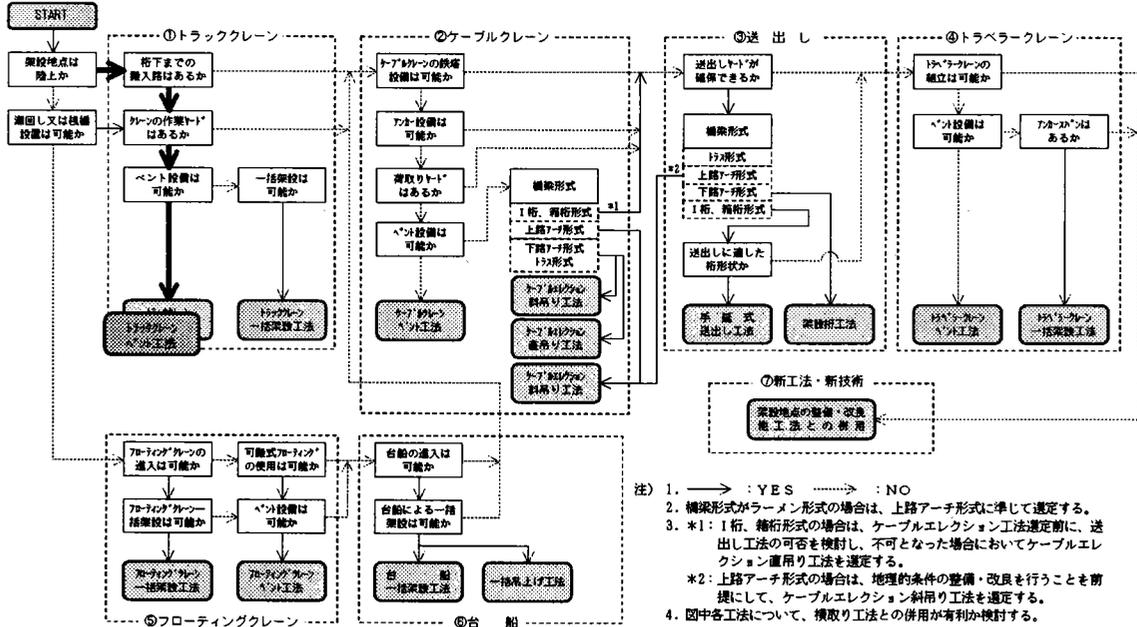


図 2.4.14 平野部における鋼橋の架設方法選定フロー

2) PC橋の場合

平野部におけるPC橋の施工方法を、図 2.4.15 により選定する。

その結果、本ケースでは固定式支保工架設を選定される。

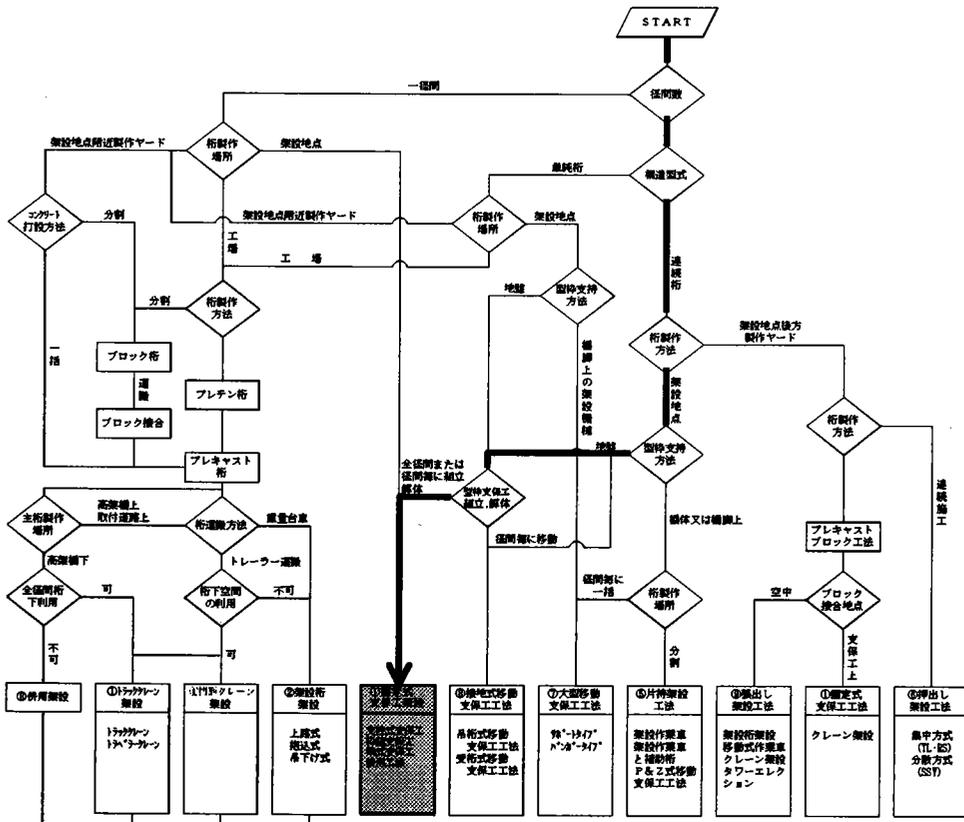


図 2.4.15 平野部におけるPC橋の架設方法選定フロー

(3) 橋梁形式の抽出

1) 鋼橋の場合

前項で選定したトラッククレーンベント工法が適用可能な橋梁形式を、表 2.4.6 より抽出する。  
 本ケースは、連続高架橋を想定しているため、単純桁は候補から除外する。  
 また、下路形式の橋梁についても、景観上好ましくないため、候補から除外する。

表 2.4.6 架設工法に適用可能な橋梁形式抽出表 (鋼橋)

架設工法		橋梁形式												
		単純桁 (I・箱桁)	連続桁 (I・箱桁)	曲線 桁	単純 トラス	連続 トラス	下路 アーチ	下路 ローゼ	下路 ランガイ	上路 アーチ	上路 ローゼ	上路 ランガイ	ラーメン 橋	斜張 橋
①トラッククレーン	トラッククレーンベント工法	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	△				◎	△
	トラッククレーン一括架設工法	◎	△	△										
②ケーブルクレーン	ケーブルクレーンベント工法	○	○	○	○	△	○	○	○				△	○
	ケーブルエレクション直吊り工法	△	△		◎	△	◎	◎	◎			◎		
	ケーブルエレクション斜吊り工法						△	△		◎	◎	◎	◎	
③送出し	送出し工法	◎	◎	○			○	○	○					
	架設桁工法	○	○	◎					○					
④トラベラークレーン	トラベラークレーンベント工法	△	○	○	○	◎							○	
	トラベラークレーン片持ち式工法		○			◎								◎
⑤フローティングクレーン	フローティングクレーン一括架設工法	○	○		○	○								
	フローティングクレーンベント工法		○	○	○	○								◎
⑥台 船	台船一括架設工法	○	○		○	○	○	○						
	一括吊上げ工法		△			△								

2) PC橋の場合

前項で選定した施工方法より、適用可能な橋梁形式を表 2.4.12 より選定する。

表 2.4.12 架設工法に適用可能な橋梁形式抽出表 (PC橋)

橋梁形式		架設工法		架設 クレーン	架設桁架設	固定支保工	移動支保工	押し出し架設	張出し架設	新技術・ 新工法
		架設	クレーン							
単純桁橋	庄版橋			○						
	T桁橋	プレテン桁		○						
		ポステン桁		○	○					
	合成桁橋			○	○					
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空庄版桁					○				
	箱桁橋					○				
プレキャスト桁架設方式連続桁	床版橋			○						
	T桁橋			○	○					
	合成桁橋			○	○					
連続桁橋	中空庄版橋					○	○			
	箱桁橋					○	○	○	○	
	版桁橋					○	○			
ラーメン橋	Tラーメン橋					○			○	
	連続ラーメン橋					○			○	
	有ヒジラーメン橋								○	
	その他のラーメン橋					○			○	
斜張橋					○			○		
アーチ橋								○	○	

(4) 橋梁形式の選定

前項までに絞り込んだ橋梁形式の中から、支間長をもとにさらに絞り込む。

本ケースでは、経済性を考慮し、支間長を40~60mと想定した。

1) 鋼橋の場合

表 2.4.13 橋梁形式と標準支間長

橋梁形式	支間長 (m)	支間長 (m)																									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	2000	2000	
プレートガイダー	単純桁 (1-桁桁)																										
	連続桁 (1-桁桁)																										
	少数主桁単純桁																										
	少数主桁連続桁																										
	床版橋																										
トラス	単純トラス																										
	洋風トラス																										
アーチ系	アーチ																										
	下路ローゼ																										
	下路ランガー																										
	上路ローゼ																										
	上路ランガー																										
ラーメン橋																											
斜張橋																											
吊橋																											

: 標準的な支間長     
  : 適用可能な支間長

2) PC橋の場合

前項で抽出した橋梁形式より、適用可能スパンより橋梁形式の選定を行う。

表 2.4.14 橋梁形式と標準支間長

橋梁形式	支間長 (m)	支間長 (m)																									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	2000	2000	
単純桁橋 (プレキャスト桁)	床版橋																										
	T桁橋																										
	合成桁橋																										
単純桁橋 (場所打ち桁)	中空床版橋																										
	箱桁橋																										
プレキャスト架設方式連続桁	床版橋																										
	T桁橋																										
	合成桁橋																										
連続桁橋	中空床版橋																										
	箱桁橋																										
ラーメン橋	T桁橋																										
	連続ラーメン橋																										
	箱ラーメン橋																										
	その他のラーメン橋																										
斜張橋																											
吊橋																											
アーチ橋																											

(5) 橋梁形式の提案

以上のように抽出された橋梁形式の中から、最終的に橋梁形式を選定していく。

本ケースは、平野部の連続高架の一区間であるため、トラス橋、ラーメン橋など特殊な形式は除外し、一般的な橋梁形式を採用することとした。

その結果、以下の3ケースを提案する。

提案1 橋梁形式：3径間連続鋼I桁橋（鋼橋）  
架設工法：トラッククレーンベント架設工法

提案2 橋梁形式：2径間連続鋼少数主桁橋（鋼橋）  
架設工法：トラッククレーンベント架設工法

提案3 橋梁形式：3径間連続PC箱桁橋（鋼橋）  
架設工法：固定式支保工架設工法

1) 提案1 ～ 3径間連続鋼I桁橋 ～

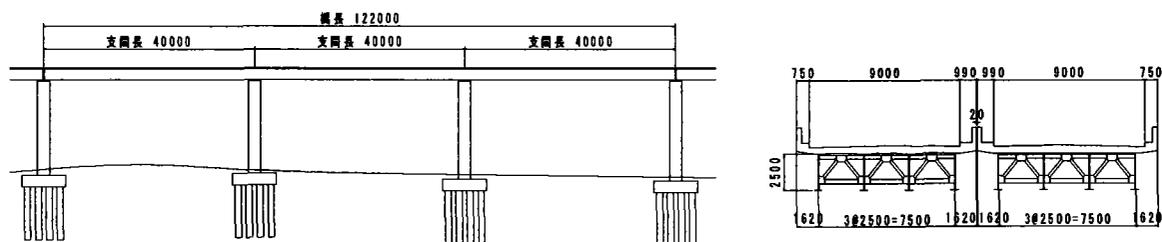


図 2.4.16 3径間連続鋼I桁橋案

表 2.4.15 提案1の3E評価

橋梁形式		評価項目	
3径間連続鋼I桁橋	Elegance (優美性)	外部景観	シンボル性に劣る。 部材が多く桁裏が煩雑である。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	少数主桁橋に比べ部材数が多い。 鋼橋のため現場工期の短期化が図れる。
		構造性	通常の鉄桁橋である。
	Economy (経済性)	建設費	上部工が鋼桁のためコンクリート橋に比べ高価となる。 多主桁のため部材数が多い。
		維持管理費	定期的な塗り替えが必要であり、塗装面積も大きい。 RC床版の耐久性が悪い。

2) 提案2 ~ 2径間連続鋼少数主桁橋 ~

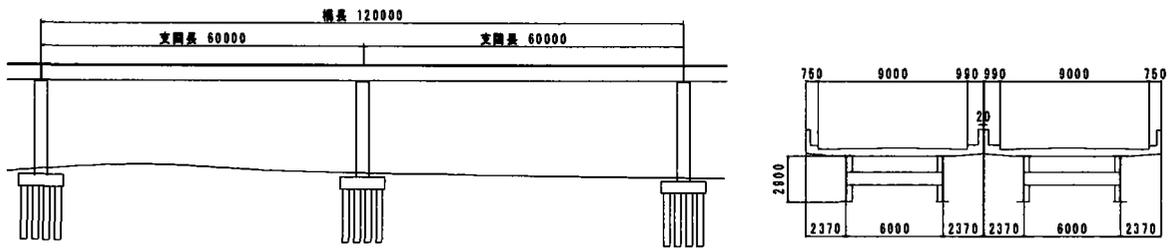


図 2.4.1 2径間連続鋼少数主桁橋案

表 2.4.1 提案2の3E評価

橋梁形式		評価項目	
2径間連続鋼少数主桁橋	Elegance (優美性)	外部景観	部材数が少なく桁裏は比較的すっきりとしている。シンボル性に劣る。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	鋼橋のため現場施工の短期化が図れる。部材数が少ないため作業効率が優れる。
		構造性	多種桁に比べ合理的な構造。PC床版、合成床版の耐久性が良い。
	Economy (経済性)	建設費	部材数が少なく、コスト安である。長スパンにすることで、下部工の工費を抑えられる。
		維持管理費	塗り替えが必要だが、塗装面積は多主桁に比べ小さくなる。PC床版、合成床版の採用により耐久性の向上が図れる。

3) 提案3 ~ 3径間連続PC箱桁橋 ~

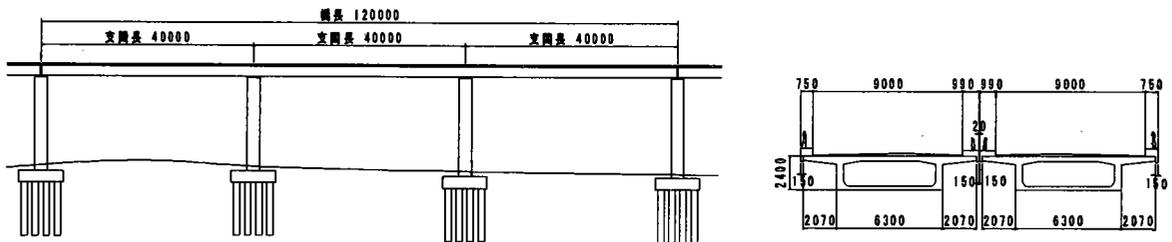


図 2.4.1 3径間連続PC箱桁橋案

表 2.4.1 提案3の3E評価

橋梁形式		評価項目	
3径間連続PC箱桁橋	Elegance (優美性)	外部景観	桁裏がすっきりとしている。コンクリートボックスのためやや重たい印象となる。
		内部景観	上路橋のため開放感があり、眺望性が良い。
	Efficiency (効率性)	施工性	コンクリートの現場打設による現場工期の長期化。PC構造のため緊張作業等により施工が煩雑となる。
		構造性	上部工重量がやや大きい。
	Economy (経済性)	建設費	RC構造に比べ、PC鋼材の緊張工等の特殊作業を必要とする。
		維持管理費	コンクリート構造物のためメンテナンスフリー。PC構造のため、クラック等の発生を抑制できる。

## (6) 事例紹介 ～ 連続 RC アーチ橋 ～

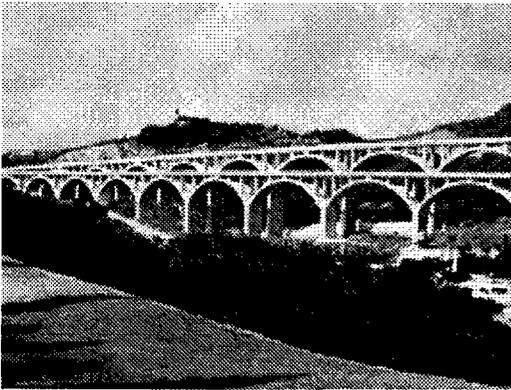


図 2.4.17 南風原高架橋外観

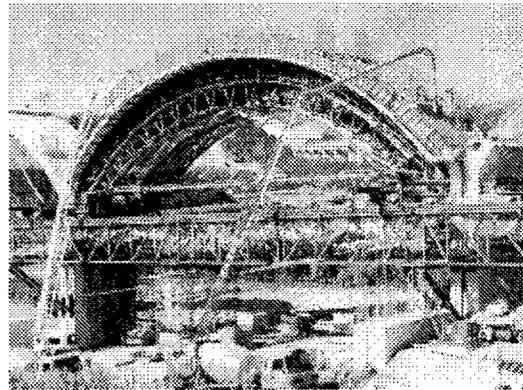


図 2.4.18 施工時

- 1) 橋梁名 : 南風原高架橋
- 2) 施工場所 : 沖縄県
- 3) 橋梁諸元 :

表 2.4.16 南風原高架橋 橋梁諸元

道路規格	第1種第3級A規格 V=80km/h 4車線	
橋格	一等橋 (B活荷重)	
橋梁形式	下り線	上り線
	21径間連続 RC アーチ橋	20径間連続 RC アーチ橋
橋長	L=828m (39.0m×21径間)	L=780m (39.0m×20径間)
有効幅員	9.00m	9.00m
アーチライズ比	$f/l : 1/4$ ( $f=9.250m$ $l=37.0m$ )	
主要構造	補剛桁 (RC床版 0.55m) 桁長 78m×10連 アーチリブ厚 0.80m 橋脚高 10~35m 橋脚厚 2m	
基礎形式	場所打ち杭 $\phi 1200mm$ (杭長 10.0~18.0m)	

## 4) デザインコンセプト

周辺の自然環境との調和と開放的な桁下空間の確保を図った。  
最新の技術・工法を活用し、沖縄の石造文化を具現化した。

## 5) 鋼製セントル支保工

## 特徴

- セントルの横移動および縦移動は油圧ジャッキおよび移動装置を使用して行うため、移動作業が容易である。
- トラスガーダーを2径間分用意し、転用する。

## 留意点

- セントル移動時の転倒防止処理を行う。
- 橋脚にブラケットを取付けるため、橋脚の断面力の検討を行う。

6) 施工手順

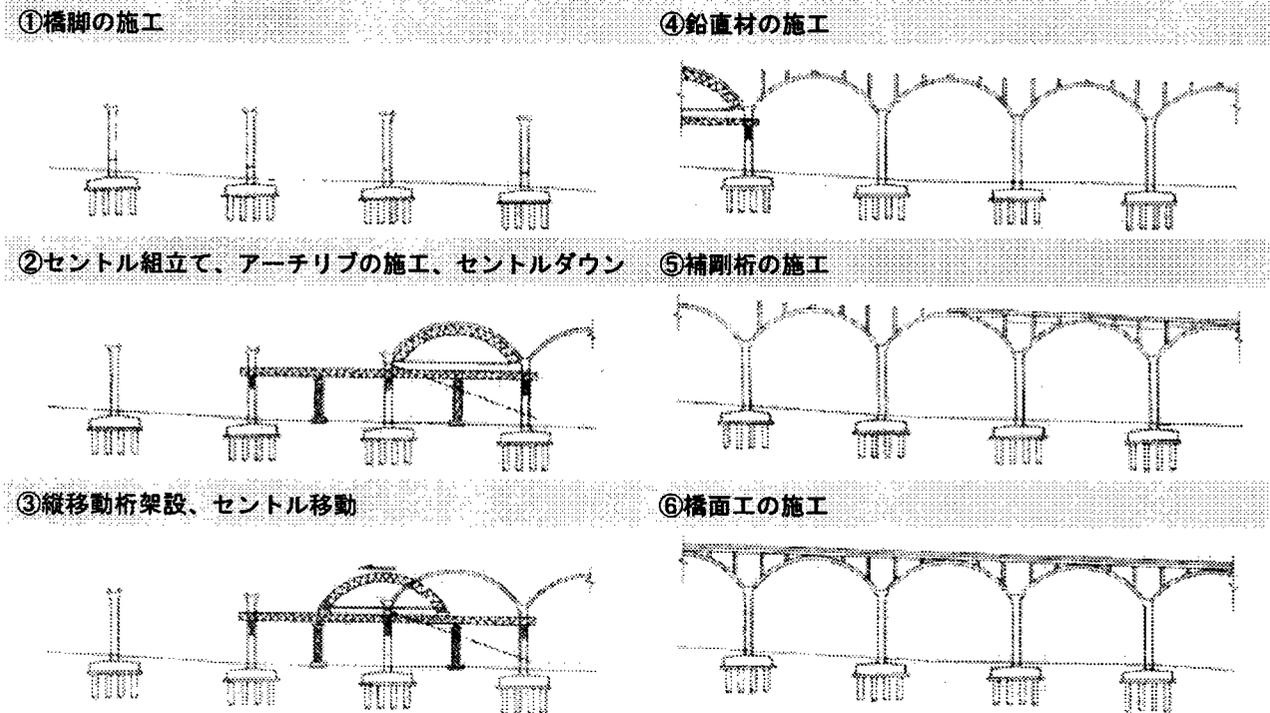


図 2.4.19 南風原高架橋における施工手順

2.5 まとめと今後の課題

2.5.1 まとめ

- 1) 橋梁形式検討において、架設工法の検討を最初に行うことは、適用橋梁形式を絞ることができ、橋梁形式の第一次選定として有効であることがわかった。
- 2) 山岳部の橋梁は、架橋地点の制約条件が比較的厳しい場合が多く、適用可能な架設工法が限定される。そのため、橋梁形式選定の初期段階から架設工法を条件に計画を行うことで現実性のある適用橋梁形式の選定を行うことができると考えられる。
- 3) 平野部の橋梁は、山岳部の橋梁よりも架橋地点の制約条件が少なく比較的施工条件の自由度が大きい。したがって、架設工法の選定では、経済的なトラッククレーンベント工法により桁橋が選定されることが多い。そこで平野部の橋梁においては、安易にトラッククレーンベント工法で桁橋を選定するのではなく、その他にも架設工法を工夫することにより経済性に優れ、かつ景観性、施工性に優れた橋梁形式があるかを検討することが重要であると考えられる。
- 4) コンクリート系の橋梁の場合、“型枠転用”という工夫をすることによって、平野部において桁橋以外の形式（南風原高架橋：上路アーチ）でも経済的に施工の簡略化を図れるケースもあることがわかった。
- 5) 現地の架設条件によっては、景観面の配慮を行いながら、施工面において合理的かつ経済的な橋梁形式の選定も考えられる。
- 6) 景観性と施工性は必ずしも対極に位置する性質ではなく、両方をバランスよく融合させた橋梁形式こそ景観性に優れた形式であると考えられる。

## 2.5.2 今後の課題

- 1) 今回の検討ケースでは、搬入路や工事用道路等の検討を行っていない。また、下部工施工においても施工ヤード等の検討が必要であると思われる。したがって、橋梁全体としての施工工程を含めた検討を行う必要がある。
- 2) 都市部における立体交差の施工法の検討  
都市部については、山岳部や平野部とは異なる立地特性を有しており、とりわけ交差点の立体交差化が検討されている。ここで、都市部においては、急速施工や近接施工についての検討が課題としてあげられる。

## 参考文献

- 1) PC 道路橋計画マニュアル/(平成9年3)/社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 2) 設計要領第二集 橋梁建設編/(平成10年7月)/日本道路公団
- 3) 日経コンストラクション/97.12.12号
- 4) 鮎の瀬大橋/(2000年6月1日)/エムアンドエムデザイン事務所
- 5) 橋梁と基礎/1995年6月、1996年2月 (建設図書)
- 6) 鋼橋架設工事の積算/(2000.4) / (社) 日本建設機械化協会
- 7) わかりやすい鋼橋の架設/(1997.3) / (社) 日本橋梁建設協会
- 8) 鋼橋のQ&A シリーズ 架設編/(2002.3) / (社) 日本橋梁建設協会
- 9) 新しい鋼橋の誕生II/(2003.5) / (社) 日本橋梁建設協会
- 10) デザインデータブック/(2001.9) / (社) 日本橋梁建設協会
- 11) 橋梁と基礎 2001 Vol.35 No.1/(2001.1) /建設図書