

I. 共 通 編

1. 総則	1
1.1. 設計要領の位置づけと適用範囲	1
1.2. 適用示方書・指針等	1
1.3. 橋梁全体一般図に付記する設計条件	5
1.4. 字句の意味.....	6
2. 橋梁計画における基礎事項	7
2.1. 橋梁の構成.....	7
2.2. 橋梁の分類.....	9
2.3. 上部構造	11
2.3.1. 概説	11
2.3.2. 鋼橋	14
2.3.3. コンクリート橋	22
2.3.4. その他の工法	31
2.4. 下部構造	34
2.4.1. 概説	34
2.4.2. 橋台	34
2.4.3. 橋脚	36
2.4.4. 基礎	37
2.5. 設計一般	41
2.5.1. 道路橋示方書の主な改定内容	41
2.5.2. 設計の基本方針	41
2.5.3. 橋の耐荷性能に関する基本事項	42
2.5.4. 橋の限界状態	43
2.5.5. 橋の耐久性能に関する基本事項	44
2.5.6. 橋の使用目的との整合性を満足するために必要なその他検討	45
2.5.7. 作用の特性値	46
2.5.8. コンクリートおよび鉄筋の使用区分と重ね継手長	50
3. 橋梁計画のための調査	51
3.1. 調査の基本方針	51
3.2. 調査の手順.....	51
3.3. 地形の調査.....	52
3.4. 地盤の調査.....	53
3.5. 河相・利水状況などの調査.....	65
3.6. 交差物件調査	66
3.7. 添架物・埋設物調査	66

3.8. 耐震設計のための調査.....	67
3.9. 施工条件の調査.....	67
3.10. その他特殊条件の調査.....	67
4. 橋梁計画のための協議.....	68
4.1. 協議の種類.....	68
4.2. 道路協議.....	70
4.3. 河川との関係.....	70
4.4. 鉄道との関係.....	71
5. 橋梁設計における環境保全.....	73
5.1. 環境保全対策.....	73
5.2. 景観への配慮.....	75
5.3. 交通騒音・振動対策.....	79
5.4. 施工騒音・振動対策.....	80
5.5. 日照阻害・電波障害対策.....	82
6. 橋梁計画.....	84
6.1. 橋梁計画・設計作業のフローチャート.....	84
6.2. 橋梁計画の基本方針.....	85
6.3. 交差条件との関係.....	85
6.4. 橋梁計画の留意点.....	86
6.5. 計画条件の決定.....	87
6.6. 橋梁とすべき必要性.....	92
6.7. 橋梁基本計画.....	93
6.8. 確実な維持管理を行うための基本方針.....	114
7. 橋梁設計.....	116
7.1. 一般.....	116
7.1.1. 橋梁形式選定の基本事項.....	116
7.1.2. 橋梁形式選定の流れ.....	116
7.2. 上部構造形式の選定.....	117
7.3. 下部構造形式の選定.....	120
7.3.1. 橋台形式の選定.....	120
7.3.2. 橋脚形式の選定.....	121
7.3.3. 基礎形式の選定.....	123
7.4. 橋梁予備設計.....	125
7.4.1. 橋梁予備設計の流れ.....	125
7.4.2. 設計条件の整理.....	126

7.4.3. 橋梁形式一次選定.....	126
7.4.4. 橋梁形式二次選定.....	128
7.4.5. 留意点.....	130
7.4.6. 詳細設計への課題.....	140

1. 総則

1.1. 設計要領の位置づけと適用範囲

本要領は静岡県交通基盤部が管理する国道および県道に架かる道路橋の計画、調査、設計について適用し、本要領に示されていない事項は「H29 道路橋示方書・同解説」のほか、各種基準によるものとする。

本要領は、I. 共通編、II. 鋼橋編、III. コンクリート橋編、IV. 下部構造編、V. 耐震設計編、VI. 橋梁付属物編、VII. 耐震補強編、VIII. 参考資料編の8編で構成しており、共通編、各設計編については、平成29年11月に改定された道路橋示方書に準じて道路橋の計画から設計まで円滑に行うことが出来るように手順、手法を主眼にまとめた。よって利用に当たっては、H29 道路橋示方書の条文や解説の中に示されている規定の主旨や背景、根拠を十分に踏まえながら適切に参考にされたい。

本要領はH29 道路橋示方書と同様に、支間長が200m以下の橋の設計及び施工に適用する。なお、河川事業等で計画する市町道にも適用できるものとするが、適用の可否については道路管理者に事前に確認するものとする。

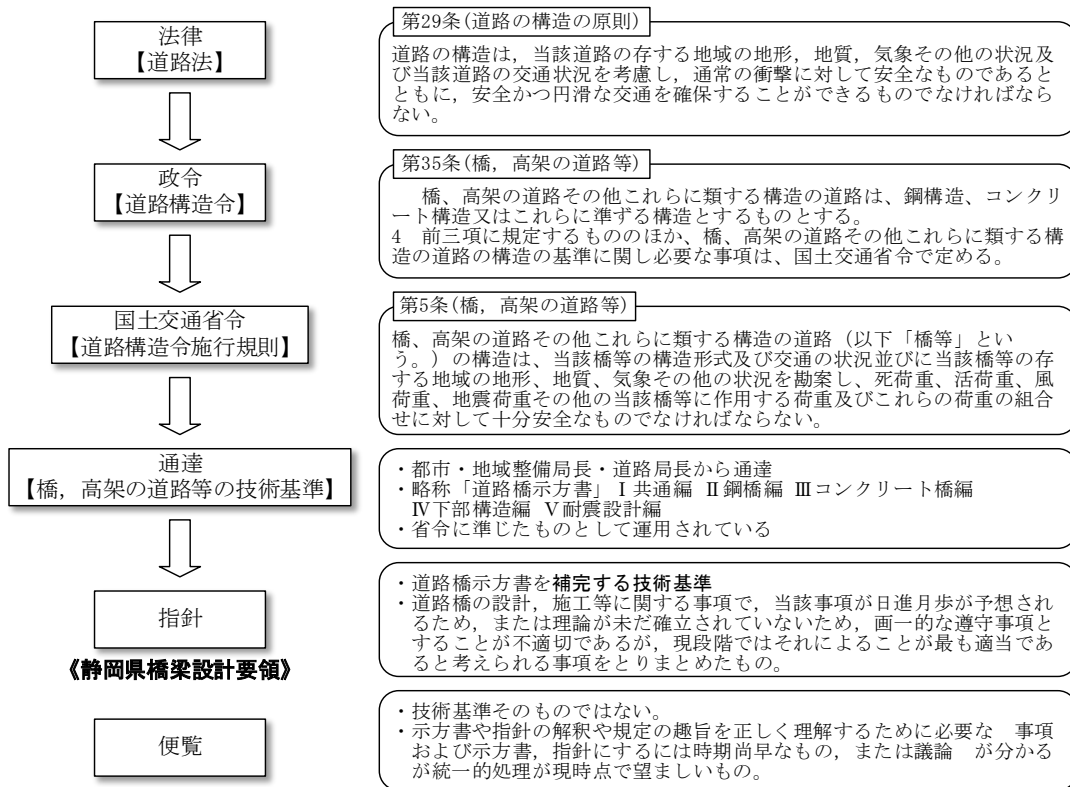


図 1-1 道路橋技術基準の体系

1.2. 適用示方書・指針等

道路橋の設計にあたっては、道路橋示方書が技術基準として最優先され、細部については各種指針、便覧の順に適用する。本要領は、道路橋示方書等に明確に規定されていない細部事項や予備設計を実施する場合の考え方等、統一的な運用を図ることに適用される。

道路橋の計画、設計に必要な示方書・指針等を表 1-1・表 1-2 に示し、その他、設計の参考となる図書を表 1-3・表 1-4 に示す。

なお、橋梁設計において道路橋示方書の内容が第 1 となり、道路橋示方書の内容を逸脱してはならない。

【補足】
設計要領の作成の経緯・目的

静岡県設計要領は、静岡県が管理する道路橋の計画・設計にかかる基本事項を取りまとめたもので、県職員が行う橋梁計画や設計業務を円滑かつ適切に遂行することを目的として平成15年に策定し、平成26年に改訂を行った。

平成29年7月に「橋・高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）」が改訂され、これに伴い各種基準類（便覧、技術資料等）も改訂されていることを踏まえ、最新の技術基準等を反映し橋梁設計要領を改訂することを定めている。

【補足】
道路橋示方書の法的な位置づけ

「道路構造令第35条」ではこれを受けて、橋、高架の道路等の構造基準に関して必要な事項は国土交通省令で定めるとされている。

「橋、高架の道路等の技術基準」は、国土交通省道路局長、都市・地域整備局長から通達として通知され、省令に準じたものとして運用されている。

「道路橋示方書」は「橋、高架の道路等の技術基準」の略称である。

【補足】

本要領は新設橋の設計や耐震補強設計での適用を基本として編成しており、橋梁補修設計では適用できない場合もある。橋梁補修設計では「橋梁補修マニュアル」に準拠することが基本となるが、可能な範囲で本要領の内容を適用する。

表 1-1 適用示方書・指針等（その1）

示方書・指針等		発行年月	発 刊 者	
政令	道路構造令の解説と運用	R3.3	(社)日本道路協会	
	改定解説・河川管理施設等構造令	H12.1	(社)日本河川協会	
示方書	道路橋示方書・同解説（I 共通編）	H29.11	(社)日本道路協会	
	道路橋示方書・同解説（II 鋼橋・鋼部材編）	H29.11	(社)日本道路協会	
	道路橋示方書・同解説（IIIコンクリート橋・コンクリート部材編）	H29.11	(社)日本道路協会	
	道路橋示方書・同解説（IV下部構造編）	H29.11	(社)日本道路協会	
	道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）	H29.11	(社)日本道路協会	
その他の示方書	2012年制定 コンクリート標準示方書【基本原則編】	H25.3	(社)土木学会	
	2017年制定 コンクリート標準示方書【設計編】	H30.3	(社)土木学会	
	2017年制定 コンクリート標準示方書【施工編】	H30.3	(社)土木学会	
	2018年制定 コンクリート標準示方書【規準編】	H30.10	(社)土木学会	
	2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】	H30.10	(社)土木学会	
	2014年制定 舗装標準示方書	H27.10	(社)土木学会	
	2018年制定 鋼・合成構造標準示方書 【総則編・構造計画編・設計編】	H28.7	(社)土木学会	
	2018年制定 鋼・合成構造標準示方書【耐震設計編】	H30.9	(社)土木学会	
	2018年制定 鋼・合成構造標準示方書【施工編】	H31.1	(社)土木学会	
	2014年制定 複合構造標準示方書【原則編・施工編】	H27.5	(社)土木学会	
	指針・便覧等	共通	道路橋支承便覧	H30.12
道路橋示方書・同解説V耐震設計編に関する参考資料			H27.3	(社)日本道路協会
平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例			H31.2	(社)日本道路協会
防護柵の設置基準・同解説			H28.12	(社)日本道路協会
鉄筋定着・継手指針【2020年版】(コンクリートライブラリー156号)			R2.3	(社)土木学会
道路橋床版防水システムガイドライン2016			H28.10	(社)土木学会
鋼橋		鋼道路橋設計便覧	R2.9	(社)日本道路協会
		鋼道路橋施工便覧	R2.9	(社)日本道路協会
		鋼道路橋の疲労設計便覧	R2.9	(社)日本道路協会
		鋼道路橋防食便覧	H26.3	(社)日本道路協会
		鋼道路橋の細部構造に関する資料集	H3.7	(社)日本道路協会
		道路橋床版防水便覧	H19.3	(社)日本道路協会
		無塗装耐侯性橋梁の設計・施工指針(案)	H5.3	建設省土木研究所他
		鋼道路橋設計ガイドライン	H7.10	建設省
コンクリート橋		道路橋耐風設計便覧	H19.12	(社)日本道路協会
		コンクリート道路橋設計便覧	R2.9	(社)日本道路協会
		コンクリート道路橋施工便覧	R2.9	(社)日本道路協会
		プレキャストブロック工法によるプレストレスコンクリートTげた道路橋設計・施工指針	H4.10	(社)日本道路協会
	道路橋の塩害対策指針(案)・同解説	H12.2	(社)日本道路協会	
下部構造	プレビーム合成げた設計施工指針 第4版	H30.4	(社)日本道路協会	
	杭基礎設計便覧	R2.9	(社)日本道路協会	
	杭基礎施工便覧	R2.9	(社)日本道路協会	
	鋼管矢板基礎設計施工便覧	H9.12	(社)日本道路協会	
	土木構造物設計ガイドライン	H18.6	(社)全日本建設技術協会	
	土木構造物設計マニュアル(案)【土木構造物・橋梁編】	H11.11	(社)全日本建設技術協会	
斜面上の深礎基礎設計施工便覧	H24.4	(社)日本道路協会		

※) 表以外の技術基準等を適用する場合には、担当事業課および道路整備課と協議すること。

表 1-2 適用示方書・指針等 (その2)

示方書・指針等		発行年月	発 刊 者
指針・ 便覧等	その他, 指針等	道路土工要綱(平成 21 年度版)	H21.6 (社)日本道路協会
		道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版)	H22.3 (社)日本道路協会
		道路土工—仮設構造工指針	H11.3 (社)日本道路協会
		ふじのくに色彩・デザイン指針(社会資本整備)第 4 版	H30.7 静岡県
		エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針	H15.11 (社)土木学会

※) 表以外の技術基準等を適用する場合には、担当事業課および道路整備課と協議すること。

表 1-3 設計参考図書等 (その1)

参考図書等		発行年月	発 刊 者
共通	解説・河川工作物許可基準	H10.11	(財)国土開発技術研究センター
	河川工作物設置の審査手引き	H13.7	(社)中部建設協会
	道路設計要領(設計編)	H26.3	国交省中部地方整備局
	設計要領 第二集 橋梁建設編	H28.8	高速道路総合技術研究所
	設計要領 第二集 橋梁保全編	R2.7	高速道路総合技術研究所
	橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案)(第 2 版)	H25.3	中部地方整備局道路部
	2017 年版コンクリート標準示方書 改訂資料(コンクリートライブラリー 149 号)	H30.3	(社)土木学会
	道路技術基準通達集・基準の変遷と通達	H14.3	(株)ぎょうせい
	建設架設工事の積算	最新版	(社)日本建設機械化協会
	デザインデータブック	R3.5	(社)日本橋梁建設協会
鋼橋	鋼橋構造詳細の手引き(改訂 2 版)	H25.6	(社)日本橋梁建設協会
	鋼橋の計画・設計におけるチェックポイント	H24.8	(社)日本橋梁建設協会
	わかりやすい鋼橋の架設 II	H19.11	(社)日本橋梁建設協会
	足場工・防護工の施工計画の手引き(鋼橋架設工専用)	H30.4	(社)日本橋梁建設協会
	ガイドライン型設計適用上の考え方と標準図集(改定版)	H15.3	(社)日本橋梁建設協会
	鋼橋付属物の設計手引き(改定 2 版)	H25.3	(社)日本橋梁建設協会
	鋼道路橋の疲労設計資料	H15.10	(社)日本橋梁建設協会
	鋼橋の維持管理を考えた設計の手引き	H12.3	(社)日本橋梁建設協会
	鋼道路橋計画の手引き	H20.11	(社)日本橋梁建設協会
コンクリート橋	プレキャストブロック工法によるプレストコンクリート道路橋設計・施工指針(案)	H7.12	建設省土木研究所 (社)PC 建設業協会
	PC アシスタント(2020 年版)	R2.8	(社)PC 建設業協会
	PC 道路橋計画マニュアル [改定版]	H19.10	(社)PC 建設業協会
	PC 連結桁橋設計の手引き(案)	H10.6	(社)PC 建設業協会
	塩害に対するプレキャスト PC げたの設計・施工資料	H17.3	(社)PC 建設業協会
	PC 道路橋工事費実績	H18	(社)PC 建設業協会
	PC 橋のライフサイクルコストと耐久性向上技術	H17.5	(社)PC 建設業協会
下部構造	地中連続壁基礎工法ハンドブック	H5.11	(社)日本建設機械化協会
	大口径岩盤掘削工法の積算平成 24 年度版	R2.5	(社)日本建設機械化協会
	鋼管杭—その設計と施工—2009 改訂版	H21.4	(社)鋼管杭協会
	鋼管矢板基礎—その設計と施工—	H21.12	(社)鋼管杭協会
	PC ウェル工法設計・施工マニュアル—設計編—	H21.2	PC ウェル工法研究会
耐震設計	平成 9・10 年度耐震設計ソフトウェアに関する研究委員会報告書	H11.4	(財)土木研究センター
	既設橋の耐震補強設計に関する技術資料	H24.11	国土技術政策総合研究所, 土木研究所
	既設橋梁の耐震補強工法事例集	H17.4	(財)海洋架橋・橋梁調査会

表 1-4 設計参考図書等（その2）

参考図書等		発行年月	発刊者
仮設・ 土工	土木工事仮設計画ガイドブック H23 改訂版	H23.3	(社)全日本建設技術協会
	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	H23.4	(社)日本建設機械化協会
景観設計	橋の美Ⅰ 道路橋景観便覧	S52.7	(社)日本道路協会
	橋の美Ⅱ 道路橋景観便覧	S56.6	(社)日本道路協会
	橋の美Ⅲ 橋のデザインノート	H4.5	(社)日本道路協会
	美しい橋のデザインマニュアル	H5.3	(社)土木学会
	道路のデザイン—道路デザイン指針（案）とその解説—	H17.7	(財)道路環境研究所
土質	土質試験・基本と手引き（第2回改訂版）	H22.3	(社)地盤工学会
	地盤調査・基本と手引き 改訂版	H25.10	(社)地盤工学会

表 1-5 本要領における略称

正式名称		略称
政令	道路構造令の解説と運用	道路構造令
	改定解説・河川管理施設等構造令	河川構造令
示方書	道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編）	道示Ⅰ
	道路橋示方書・同解説（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）	道示Ⅱ
	道路橋示方書・同解説（Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編）	道示Ⅲ
	道路橋示方書・同解説（Ⅳ下部構造編）	道示Ⅳ
	道路橋示方書・同解説（Ⅴ耐震設計編）	道示Ⅴ
参考図書	建設省制定土木構造物標準設計	標準設計
	設計要領第二集（高速道路総合技術研究所）	NEXCO 第二集
	既設橋の耐震補強設計に関する技術資料	耐震補強設計技術資料
	既設橋梁の耐震補強工法事例集	耐震補強工法事例集
	橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案）（第2版）	長寿命化の手引き
協会等	国土交通省 中部地方整備局	中部地整
	公益社団法人 土木学会	土木学会
	公益社団法人 日本道路協会	道路協会
	一般社団法人 日本橋梁建設協会	橋建協
	一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会	PC 建協

1.3. 橋梁全体一般図に付記する設計条件

橋梁全体一般図に付記する設計条件表は表 1-6 を標準とする。

表 1-6 設計条件表

【県の運用】
表 1-6

路線名	〇〇			
橋名	〇〇			
道路規格	第〇種第〇級			
設計速度	V=〇〇km/h			
橋長	L=〇〇m(道路中心線上)			
桁長	L=〇〇m(道路中心線上)			
支間長	L=〇〇m+〇〇m+〇〇m(道路中心線上)			
計画交通量	〇〇台/日(〇〇センサスペース)			
大型車計画交通量	〇〇台/日/方向(〇〇センサスペース)			
交通区分	〇〇交通			
幅員構成	総幅員	〇〇m=〇〇+〇〇+〇〇(〇〇拡幅有り, 路肩縮小有り)		
	有効幅員	〇〇m		
線形条件	平面線形	R=〇〇〇~A=〇〇〇		
	縦断線形	i=〇〇% 		
	横断線形	i=〇〇%(片勾配)		
	斜角	A1: 〇〇°, P1: 〇〇°, P2: 〇〇°, A2: 〇〇°		
設計活荷重	B活荷重			
交差条件	〇級河川〇〇川, 市道〇〇線			
添架物件	〇〇(φ〇〇×〇条, 〇〇N/m)			
舗装	アスファルト舗装 t=80mm 表層 例)密粒度アスファルト混合物(13)ボリマ改質アスファルトⅢ型-W t=40mm 基層 例)密粒度アスファルト混合物(13)ボリマ改質アスファルトⅢ型-W t=40mm(平均厚)			
耐震設計条件	橋の重要度の区分	〇種の橋		
	地域別補正係数	A1 地域		
	地盤種別	〇種地盤		
	設計水平震度	レベル1 地震動: kh=〇〇, レベル2 地震動タイプ I: klh=〇〇 タイプ II: kllh=〇〇		
上部構造条件	形式	例)鋼3径間連続桁橋(RC床版)		
	材料	主要鋼材	例)SM400A, SM490Y, SM520C, SM570, SS400, S10T	
		コンクリート	σ_{ck} =〇〇kN/m ² : RC床版, 端支点巻立てコンクリート σ_{ck} =〇〇kN/m ² : 壁高欄, 地覆	
		鉄筋	SD345	
架設方法	〇〇架設工法			
下部構造条件	形式	橋台	例)逆T式橋台, 場所打ち杭基礎(φ〇〇)(〇〇工法)	
		橋脚	例)張出し式橋脚, ケーソン基礎(〇〇工法)	
	橋台裏込土	γ =〇〇kN/m ³ , ϕ =〇〇°		
	橋台背面アプローチ部	構造・延長等を記載		
	材料	橋台躯体	σ_{ck} =〇〇kN/m ² , SD〇〇	
		橋脚躯体	σ_{ck} =〇〇kN/m ² , SD〇〇	
		基礎(〇〇)	σ_{ck} =〇〇kN/m ² , SD〇〇	
		基礎(〇〇)	SKK〇〇	
支持地盤	〇〇層(N \geq 50), 〇〇岩層(岩級区分: D級)			
支承形式	例)水平力分散ゴム支承, ゴム支承(免震支承: LRB)			
維持管理条件	想定点検方法	梯子, 橋梁点検車, リフト車, 進入ルート等		
	検査路	上部構造, 下部構造検査路の有無		
	補修時特記事項	・想定している主たる塑性部, 被害予想箇所 ・舗装, 床版部分補修時の交通規制等 ・その他		
適用基準等	道路橋示方書・同解説 I~V(平成29年11月)			
	静岡県橋梁設計要領(令和3年7月)			
	〇〇〇〇			
	〇〇〇〇			

【補足】

橋梁形式の表し方

橋梁形式の表し方については、明確な決まりはないが、「主材料+径間数+連続形式+(床版形式)+主桁形状」の順で表すことを標準とする。

【表示例】

鋼単純箱桁
PC4 径間連続ボスンT桁橋
PC6 径間連続中空床版橋
※ボスン方式→ボスン
プレテンション方式→プレテン

注)河川等の交差(コントロール)条件がある場合には、設計条件表の欄外に交差条件を記述する。

1.4. 字句の意味

規定の末尾に用いられる字句の意味は表 1-7 に示すとおりとする。

表 1-7 末尾につく字句の意味

末尾に置く字句	意味	意味の区別
……する。 ……するものとする。 ……とする。 ……によるものとする。 ……とおりにする。 ……しなければならない。	指示	理論上または実際上の明確な根拠に基づく規定、または規格や取扱いを統一する必要から設けた規定。 従って、よほどはっきりした理由がない限り当該規定を犯してはならない。
……原則として……する。 ……を標準とする。	要求	周囲の状況などによって一律に規制することはできないが、実用上の必要から設けた規定。従って、規定の趣旨を逸脱しない範囲であれば、必ずしも当該規定に従う必要はない。
……するのがよい。 ……することが望ましい。	推奨	理論上または実際上は規定どおり実施してほしいが、構造により、または簡易を旨とする橋などで、そこまで厳重に規制する必要はないと思われる規定。 従って、とくに大きな支障がない限り規定に従わなければならない。
……してもよい。 ……することができる。	許容	本来、厳密な検討を行ったうえで設計するのがよいが、設計を簡単にするを旨とするときの便宜上、簡便法を与えた規定。従って、厳密な検討を行う場合には、それが当該規定に優先する。 規定がすべて安全側になるようにつくられているため、それをそのまま適用すると厳しすぎる場合、緩和するための規定。従って、安全側にすぎることが明らかな場合には緩和規定によってよい。

備考欄の項目	意 味
補 足	本文、解説で説明が足りない事項を備考欄で補う。
出 典	引用文、図表、写真等の出所である基準、文献等。
参 考	本文、解説文を作成する際に参考とした基準、文献等。
県の運用	地域性を踏まえた静岡県特有の基準。

2. 橋梁計画における基礎事項

2.1. 橋梁の構成

橋梁を構成する構造部材は一般には上部構造と下部構造に大別され、上部構造は自動車や歩行者などを直接支持する部分をいい、下部構造は上部構造を支える部分をいう。

しかし、すべての橋梁が上部構造と下部構造に明確に区分できるわけではなく、たとえばラーメン橋のように、上下部構造が一体となっているものもある。

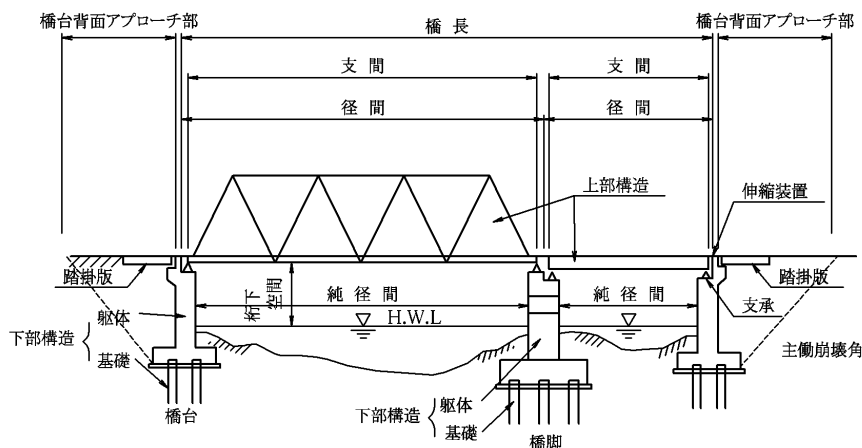


図 2-1 一般的な名称

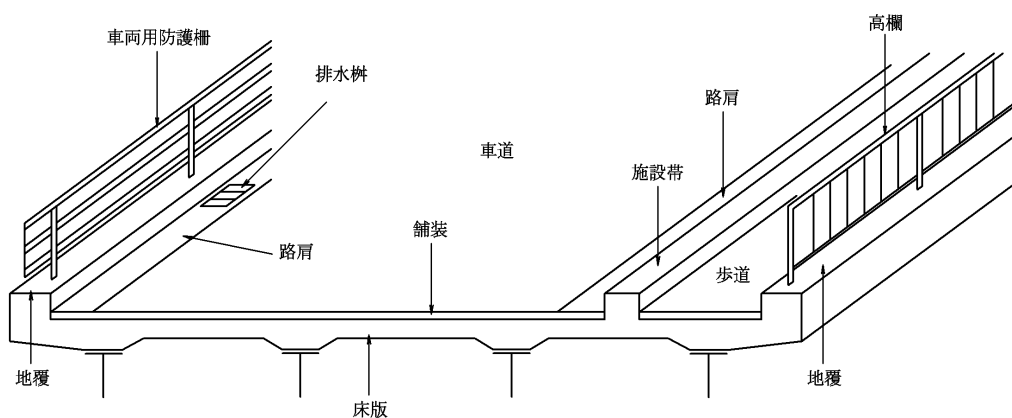


図 2-2 橋面上の名称

- 上部構造 : 自動車・歩行者など直接支持する部分
- 下部構造 : 上部構造からの荷重を基礎地盤に伝達する構造部分で橋台・橋脚・基礎等
- 橋 長 : 両橋台のパラペット前面間の橋中心線の長さ
- 支 間 : 主構造の支承中心間の長さ
- 径 間 : 橋台・橋脚の中心間の長さ
- H.W.L : 計画高水位
- 桁下空間 : 河川では計画高水位と桁下面に確保される空間で、道路・鉄道では足場設置等の余裕高

【補足】

平成 23 年東北地方太平洋沖地震など近年の地震による被災事例等を踏まえて、H24 道示において、橋台と背面側の盛土等との間に位置する構造部分を橋台背面アプローチ部として位置づけられた。

橋台	: 橋梁の両端にあつて、上部構造からの荷重と橋台背面の土圧および自重を支持するもの
橋脚	: 橋梁の中間部にあつて、上部構造からの荷重および自重を支持するもの
橋台背面アプローチ部	: 橋台と背面側の盛土等との間に位置し、両構造間の路面の連続性を確保するために設ける部分
橋座（沓座）	: 上部構造を支持する支承を据え付ける橋脚や橋台の上面
パラペット(胸壁)	: 橋台躯体の上部にあり、橋台背面の土圧の他、輪荷重の影響によって作用する荷重を支える壁
躯体（たて壁）	: 上部構造からの荷重をフーチングに伝える構造物。壁形式・柱形式などがある
フーチング(底版)	: 柱または壁部分(躯体)を支え、基礎あるいは地盤へ荷重を伝える版状の構造物
基礎	: 躯体・フーチングからの荷重を地盤に伝える構造部分。その構造により直接基礎・杭基礎・ケーソン基礎などに分類される
踏掛版	: 橋台背面盛土の沈下による路面の段差を防止するために設置する鉄筋コンクリート版
支承	: 上部構造からの力を下部構造に伝達するために、それらの境界に設ける支持装置。上部構造の温度変化による伸縮・活荷重のたわみ・回転・移動を円滑にする働きをする
伸縮装置	: 橋の温度変化・コンクリートのクリープおよび乾燥収縮・荷重等による桁端の変位に対して車両が橋面を支障なく走行できるようにする装置
落橋防止システム	: 地震時における上部構造の落下を防止する目的で、下記で構成されている ・桁かかり長 ・落橋防止構造 ・横変位拘束構造
排水装置	: 橋の路面上の雨水などを排水するための設備
地覆	: 橋梁の幅員方向最端部で自動車から橋面から逸脱するのを防ぐ構造物
防護柵	: 地覆とともに橋面からの逸脱を防ぐ柵。防護柵は、車両を対象とする車両用防護柵と歩行者等を対象とする歩行者自転車用柵に区分される
床版	: 自動車の輪荷重や歩行者の群集荷重を直接受ける部分。通常表面には舗装が施されている
主桁・主構	: 橋梁の主体。上部構造に作用する荷重を支え、これを下部構造に伝達する。桁橋の場合は主桁、トラス橋等の場合は主構と言う

2.2. 橋梁の分類

橋梁は、主にその用途、架設位置、上部構造使用材料、路面の位置、平面形状、上部構造支持方法、構造形式、橋の動作、等によって分類される。

1) 橋の用途による分類

- 道路橋 : 道路を通す橋
- 鉄道橋 : 鉄道を通す橋
- 歩道橋 : 歩行者（自転車を含む）専用の橋
- 水路橋 : 水道、かんがい用などの水路を通す橋
- 管路橋 : ガス、石油用の管路を設けた橋
- 併用橋 : 道路と鉄道、道路と水路などを同時に通す橋

2) 架設位置による分類

- 河川橋 : 河川を越える橋
- 跨道橋 : 道路上を横断する橋
- 跨線橋 : 鉄道上を横断する橋
- 高架橋 : 道路、鉄道、市街地との平面交差を避けるため連続的に設けられた橋
- 避溢橋^{ひいつきょう} : 低平地で湛水被害を防止するための橋

3) 上部構造使用材料による分類

- 鋼橋 : 鋼材を主要構造とする橋
- コンクリート橋 : コンクリートを主要材料とする橋
RC 橋(鉄筋コンクリート橋)
PC 橋(プレストレスを与えた橋)
- 木橋 : 木材を主要材料とする橋
- 石橋 : 石材で作った橋

4) 路面の位置による分類

- 上路橋 : 橋桁の上部に路面を設けた橋
- 中路橋 : 橋桁の中間部に路面を設けた橋
- 下路橋 : 橋桁の下部に路面を設けた橋
- 二層橋 : 上下に二層の路面がある橋

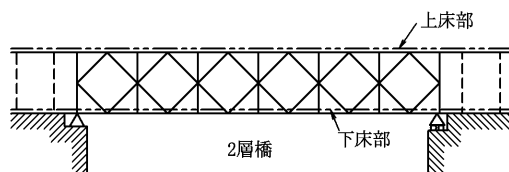


図 2-3 二層橋

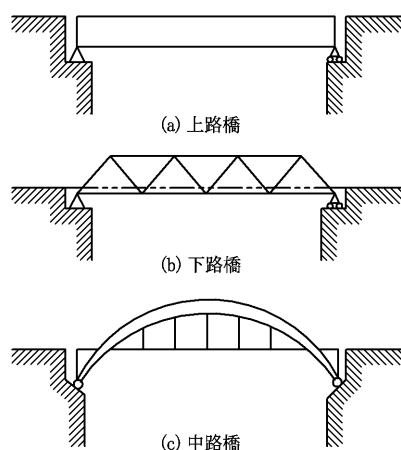


図 2-4 路面位置による分類

【補足】

避溢橋とは洪水のとき築堤が水をせき止めて上流側を水没させないように造られるものである。

5) 橋の平面形状による分類

- 直線橋 : 橋軸が直線である橋
- 曲線橋 : 橋軸が曲線である橋
- 直橋 : 橋桁の支承線が橋軸に直角である橋
- 斜橋 : 橋桁の支承線が橋軸に斜めである橋

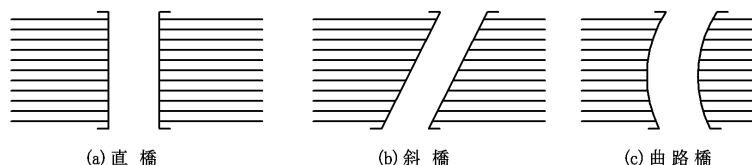


図 2-5 橋の平面形状による分類

6) 支持方法からの分類

- 単純橋 : 主桁が両端で単純に支持されている橋
- 連続橋 : 主桁が2径間以上で支持され連続している橋
- ゲルバー橋 : 径間の途中の適当な箇所主桁に回転が可能なヒンジを設けて静定構造とした橋

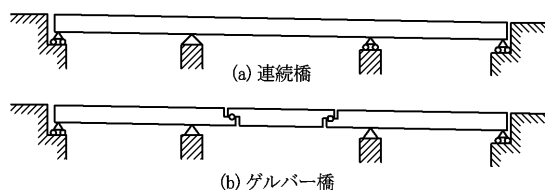


図 2-6 橋の支持方法による分類

7) 構造形式による分類

- 鈹桁橋 : 主桁の鋼板をI形断面にした橋
- 床版橋 : 桁がなく版のみで構成された橋
- 箱桁橋 : 主桁が箱桁断面の橋
- トラス橋 : 橋の主体にトラスを使用した橋
- アーチ橋 : 橋の主体にアーチを使用した橋
- ラーメン橋 : T形やπ形のラーメン構造の橋
- 斜張橋 : 塔と桁とを斜めに張ったケーブルでつないで桁を支える構造の橋
- 吊橋 : 塔間にケーブルを張り、補剛桁や床組を吊り下げた橋

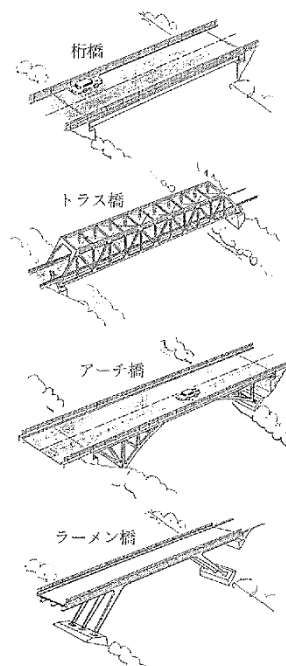


図 2-7 橋の構造形式による分類

【補足】
斜橋・曲線橋の短所は7.4.5.を参照。

【補足】
近年では、新設橋にゲルバー橋を採用することはほとんどない。

8) 橋の動作による分類

- 固定橋 : 据え付けられて動かない橋
- 可動橋 : 船を通すため上下や左右に開いたり旋回する橋
- 旋回橋 : 鉛直軸を中心に回転する橋
- 昇開橋 : 上下に平行移動する橋
- 跳開橋 : 水平軸を中心に回転する橋
- 潜水橋 : 路面が平常は水面より上にあるが、増水や洪水時には水中に没する橋

2.3. 上部構造

2.3.1. 概説

上部構造形式には使用材料や構造形式の組み合わせによって多くの形式があり、それぞれの特徴を有しているため、形式の選定にあたっては、経済性・構造的性・施工性・周辺環境への影響・維持管理性等を考慮の上、総合的に判断しなければならない。

橋梁は上部構造と下部構造の二つに大別され、それぞれは設計上の取り扱い・構造特性・製作施工法等、あらゆる点で著しく相違しているが、橋梁を計画する場合には同時に考慮しなければならない。

上部構造は、河川橋梁の場合を例にすると、岸から岸にわたって空中に架けられる部分、即ち橋桁の部分の総称であって、主桁または主構・床部・横構・対傾構（横桁）・その他から成っている。

上部構造形式と標準適用支間および標準桁高の目安を図 2-8 及び図 2-9 に示す。

※参考：'21 Design Data Book（社）日本橋梁建設協会）

PC アシスタント(2020年版)（社）PC 建設業協会）

形式	支 間 (m)					範囲 (m)	幾何構造条件	曲線適否		桁高スパン比
	50	100	150	200	250			主構造	橋面	
プレートガーダー	単 純 合 成 H 桁 橋	■					10~30	×	○	—
	単 純 非 合 成 飯 桁 橋	■	■				20~60 (中心角 $\leq 15^\circ$)	○	○	1/17
	単 純 合 成 飯 桁 橋	■	■				20~68 (中心角 $\leq 15^\circ$)	○	○	1/19
	単 純 非 合 成 箱 桁 橋	■	■				25~80	○	○	1/22
	単 純 合 成 箱 桁 橋	■	■				30~80	○	○	1/23
	連 続 非 合 成 飯 桁 橋	■	■				25~70 (中心角 $\leq 15^\circ$)	○	○	1/18
	連 続 非 合 成 箱 桁 橋	■	■				30~110	○	○	1/23
	鋼 床 版 飯 桁 橋	■	■				30~70 (中心角 $\leq 15^\circ$)	○	○	1/22.5
	鋼 床 版 箱 桁 橋	■	■				30~200	○	○	1/27.5
	単 純 少 数 主 桁 橋	■	■				20~70	○	○	1/17
	連 続 少 数 主 桁 橋	■	■				30~90 曲線半径 $R \geq 100m$	○	○	1/17
	開 断 面 箱 桁	■	■				40~90 曲線半径 $R \geq 300m$	○	○	1/25
	細 幅 箱 桁 (合成・PC床版)	■	■				45~110	○	○	1/23
	鋼 橋	ラ ー メ ン 橋 (π ラ ー メ ン)	■	■				30~80	×	○
ラ ー メ ン 橋 (V 脚 形 式)		■	■				50~120	×	○	
ラ ー メ ン 橋 (橋脚と剛構造)		■	■				40~150	○	○	
ト ラ ス	単 純 ト ラ ス	■	■				40~120	×	○	1/9
	連 続 (ゲルバー) ト ラ ス	■	■				50~250	×	○	1/10
	合 理 化 ト ラ ス 橋	■	■				60~160	×	○	
補 剛 ア ー チ 系	ラ ン ガ ー 桁 橋	■	■				50~150	×	×	1/6.5
	逆 ラ ン ガ ー 桁 橋	■	■				60~140	×	○	1/6.5
	ロ ー ゼ 桁 橋	■	■				70~200	×	×	1/6.7
	逆 ロ ー ゼ 桁 橋	■	■				60~200	×	○	1/6.5
	ラ ン ガ ー ト ラ ス 桁 橋	■	■				100~150	×	×	1/6.8
	ト ラ ス ド ラ ン ガ ー 桁 橋	■	■				70~150	×	×	1/6.8
	ニ ー ル セ ン 桁 橋	■	■				80~250	×	×	1/6.5
	無 補 剛 ア ー チ 橋	■	■				50~200	×	○	—
斜 張 橋	■	■				110~400	○	○	—	
吊 橋 (無補剛形式)	■	■				70~250	×	×	—	
吊 橋 (補剛形式)	■	■				88~1991	×	×	—	

注明朝体で表している橋梁形式は、原則として採用しない(7.2. 参照)。

図 2-8 一般的標準適用支間 (鋼橋)

■: 一般的によく適用される範囲
 ■: 比較的適用される範囲

形式	支間 (m)					範囲 (m)	幾何構造条件	曲線適否		桁高スパン比	
	50	100	150	200	250			主構造	橋面		
プレキャスト桁 単純桁・連結桁	フレキシオン式	床版橋	■	■	■	■	5~24	×	○	1/14~1/24	
		T桁橋	■	■	■	■	18~24	×	○	1/18~1/20	
	ポストテンション方式	T桁橋	■	■	■	■	20~45	×	○	1/13~1/18	
		合成桁橋	■	■	■	■	20~40	×	○	1/15	
		バルブT桁橋	■	■	■	■	25~45	×	○	1/14~1/19	
		PCコンボ橋	■	■	■	■	25~45	×	○	1/13~1/17	
	ハイフレ式	床版橋	■	■	■	■	25~45	×	○	1/23~1/26	
		I桁橋	■	■	■	■	25~50	×	○	1/28~1/32	
コンクリート橋 場所打ち桁 連続桁	単純桁	中空床版橋	■	■	■	■	20~30	○	○	1/22	
		版桁橋	■	■	■	■	20~35	○	○	1/15~1/17	
		箱桁橋	■	■	■	■	30~60	○	○	1/17~1/20	
		波形ウェブ橋	■	■	■	■	30~60	○	○	1/17~1/20	
		複合トラス橋	■	■	■	■	30~60	○	○	1/12~1/18	
	連続桁	中空床版橋 (固定支保工)	■	■	■	■	20~30	○	○	1/22	
		版桁橋 (固定支保工)	■	■	■	■	20~35	○	○	1/15~1/17	
		箱桁橋	(固定支保工)	■	■	■	■	30~60	○	○	1/17~1/20
			(片持架設)	■	■	■	■	50~110	○	○	*1/15~1/35
		波形ウェブ橋	(固定支保工)	■	■	■	■	30~60	○	○	1/17~1/20
			(片持架設)	■	■	■	■	50~110	○	○	*1/15~1/35
			(押出架設)	■	■	■	■	30~60	○	○	1/15
		複合トラス橋	(固定支保工)	■	■	■	■	30~60	○	○	1/12~1/18
	(片持架設)		■	■	■	■	50~110	○	○	*1/10~1/30	
	ポータルラーメン橋	(固定支保工)	■	■	■	■	20~50	斜角>75°	△	△	
	プレビーム合成桁		■	■	■	■	20~50	斜角>70°	×	○	
	吊床版橋	懸垂架設	■	■	■	■	20~100	×	△		
	PCフィンバック橋	(固定支保工)	■	■	■	■	50~80	○	○		
(片持架設)		■	■	■	■	100~200	○	○	*1/25~1/30		
エクストラロードーズド橋	(固定支保工)	■	■	■	■	50~100	○	○	*1/25~1/30		
	(片持架設)	■	■	■	■	100~200	○	○	*1/30~1/60		
斜版橋	(固定支保工)	■	■	■	■	50~100	○	○			
	(片持架設)	■	■	■	■	100~200	○	○			
斜張橋	(固定支保工)	■	■	■	■	50~100	○	○	1/40~1/100		
	(片持架設)	■	■	■	■	100~250	○	○	1/40~1/100		
アーチ橋		■	■	■	■	70~250	○	○			

注)明朝体で表している橋梁形式は、原則として採用しない(7.2. 参照)。

■ : 標準的な支間

図 2-9 一般的標準適用支間 (コンクリート橋)

2.3.2. 鋼橋

(1) 桁橋(プレートガーダー橋)

鋼橋として最も一般的に用いられている基本的な形式である。力学的にも単純であり、梁の曲げモーメントを主として受け持つ上下のフランジと、せん断力を受け持つ腹板を組み合わせた構造である。桁橋には多くの種類があるが、最も多く使用されているのは鈹桁、箱桁である。

H29 道示では、コンクリート系床版を有する鋼橋の設計にあたっては、床版のコンクリートと鋼桁との合成作用を適切に考慮しなければならないことが明示された。その際、設計供用期間中の床版の一部更新や取替えが行えるかを検討し、架橋位置の状況に合わせて適切な設計を行う必要がある。

合成作用の取り扱いについての詳細は「II.鋼橋編」を参照のこと。

1) H形鋼橋

一般に簡易組立式H桁橋として採用されている。製造される最大桁高は912mmまでである。

2) 鈹桁

最も使用例が多く、設計・製作が容易で鋼重も小さく経済的である。また、各主桁のねじり剛性が小さいため、直橋に適した形式である。

3) 箱桁

曲げ剛性やねじり剛性が大きく、鈹桁よりも長径間・曲線橋に適した形式であり、桁高を低くできる。

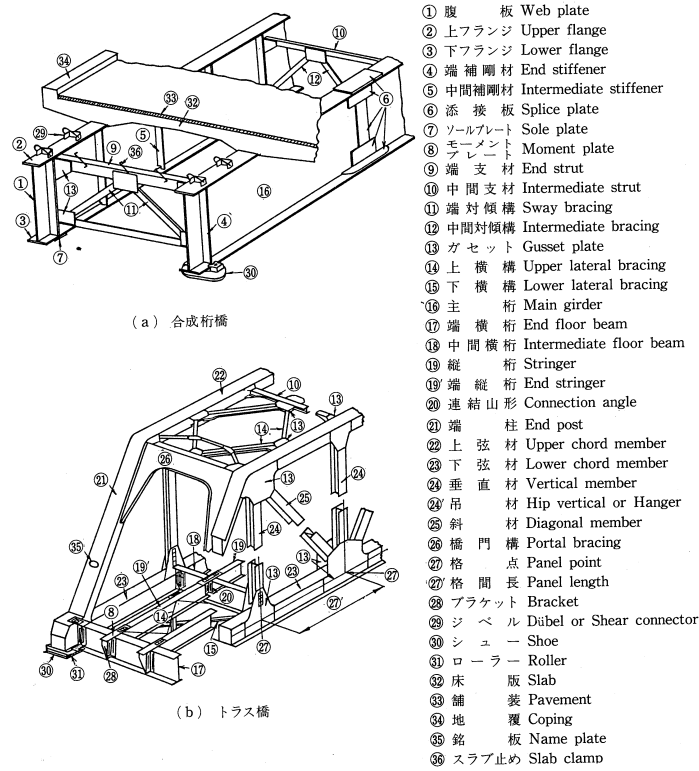
4) 鋼床版桁

鋼床版とは縦リブや横リブでデッキプレート(鋼板)を補剛したものであり、鋼床版桁は鋼床版を縦桁と横桁等の床組構造や主桁で支持したものである。鋼床版はコンクリート床版より軽量であり、特に長支間の橋梁になるほど死荷重低減効果が大きくなるため経済的効果が生じる。また、中小支間の橋梁において桁下制限がある場合など、コンクリート床版の桁に比べて桁高を低くできる利点がある。一方、冬期に凍結し易いという欠点がある。

このような、鋼床版の特性を活かした橋梁で、鈹桁・箱桁・トラス・アーチ等の形式に用いられている。

【補足】

H形鋼橋は、HBB(H-beam bridge)と略されることもある。



【出典】
共立出版㈱、
鋼橋設計の基礎、P3

図 2-10 鋼桁橋・トラス橋の部材の名称

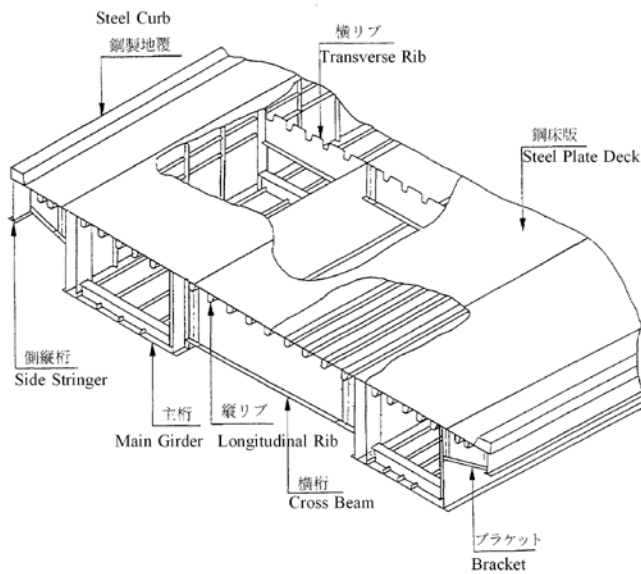


図 2-11 鋼床版箱桁部材の名称

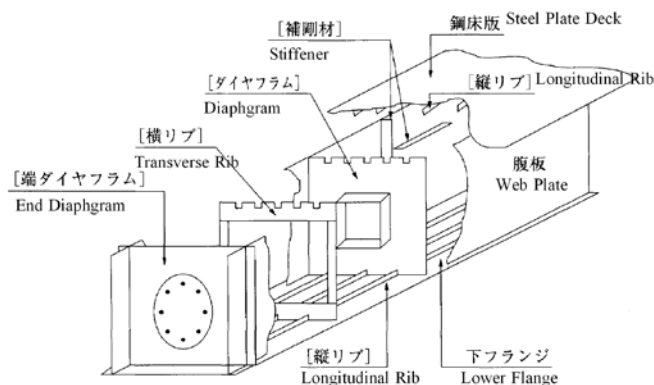


図 2-12 箱桁部材の名称

5) 少数主桁橋

少数主桁橋とは、合成床版またはPC床版を用いて床版支持間隔を大きくすることにより、主桁本数を少なくし、横桁・横構などを単純化または省略して合理化を図った橋梁である。

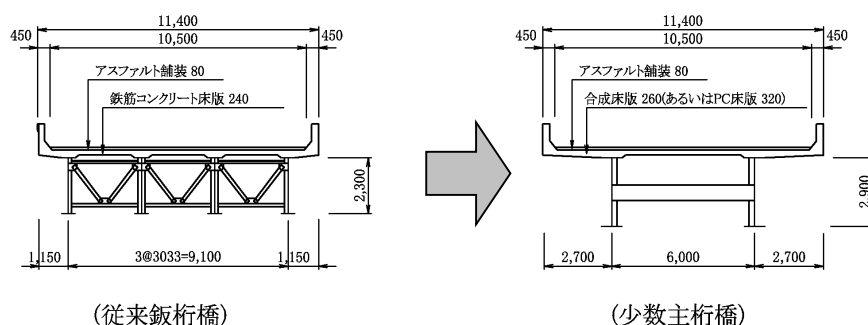


図 2-13 少数主桁橋

6) 細幅箱桁橋

細幅箱桁橋とは、箱断面の幅を従来箱桁より狭くし、一方フランジを厚くして箱内構造を簡略化(縦リブ本数を低減、横リブを省略)し、また合成床版やPC床版を用いて床版支間を大きくすることにより床組構造を省略して合理化を図った箱桁橋である。

長支間橋に採用する場合は、フランジ断面が厚板化するため、比較的広幅の断面としても、箱内構造を簡略化することができる。

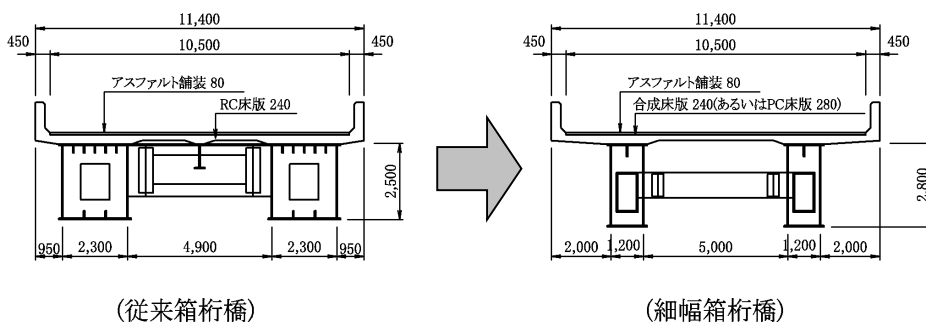


図 2-14 細幅箱桁橋

(2) トラス橋

トラスとは、軸引張材および軸圧縮材のみを直線部材で構成した骨組構造で、部材相互を結合するピン(節点)、すなわち部材両端が自由に回転するように結合された構造をいう。荷重は節点のみに作用するとみなすので、トラスを構成する部材には曲げモーメントおよびせん断力は作用せず、軸力のみが作用する。このようなトラス構造を橋梁の主構造に用いたのがトラス橋である。

1) 特徴

- 下路橋の場合は桁構造高を低くでき、桁下空間の確保が可能であるが、走行時視界などの不利な面もある。
- 上路橋の場合は、構造高分だけ下部構造高を低くでき、経済性では有利となる場合が多い。
- 構造的には非常に合理的な構造であり、構造形態がシンプルで製作も容易で軽いこと等からワーレントラスが一般的である。

【出典】
橋建協,
新しい鋼橋の誕生II
改訂版

【出典】
橋建協,
新しい鋼橋の誕生II
改訂版

【補足】
ワーレントラス
(Warren truss) とは、斜材の向きを交互にしたトラス橋であり、プラットトラスと異なり垂直材がないため鋼材が節約でき、安価で軽量となる。

ハウトラス (Howe truss) とは、斜材を橋中央部から端部に向けて「ハ」の字形に配置したトラス橋であり、垂直材に引張力、斜材に圧縮力が生じる。

プラットトラス (Pratt truss) とは、斜材を橋中央部から端部に向けて「逆ハ」の字形に配置したものであり、垂直材に圧縮力、斜材に引張力が生じる。この力の作用の仕方は、ハウトラスと逆である。斜材がW字形、Y字形となるものもあり、それぞれKトラス、Yトラスとも称する。

2) 主構高と格間長

経済的な主構高は使用鋼材によっても異なり、単純トラス橋よりも連続トラス橋の方が若干経済的であることが多い。

	単純トラス	連続トラス
h/L	1/7~1/9	1/9~1/10
λ/L	1/6~1/8	1/8~1/10

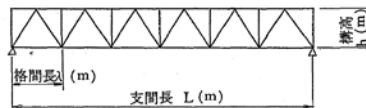


図 2-15 トラス橋の主構高

3) 主構に縦断勾配がある場合

図 2-16 のような部材配置をとる。

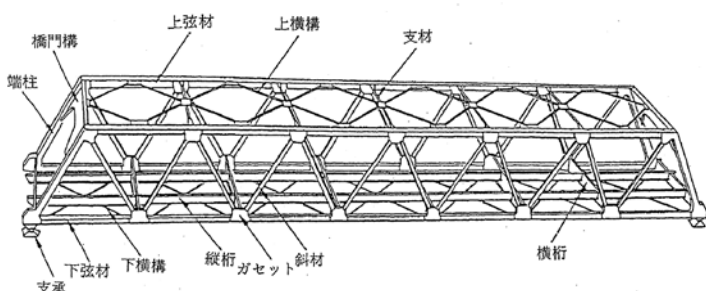


図 2-16 トラス橋部材の名称

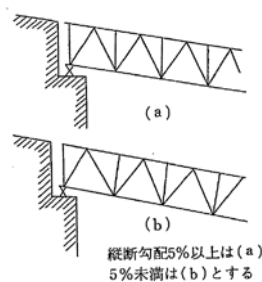


図 2-17 縦断勾配がある場合

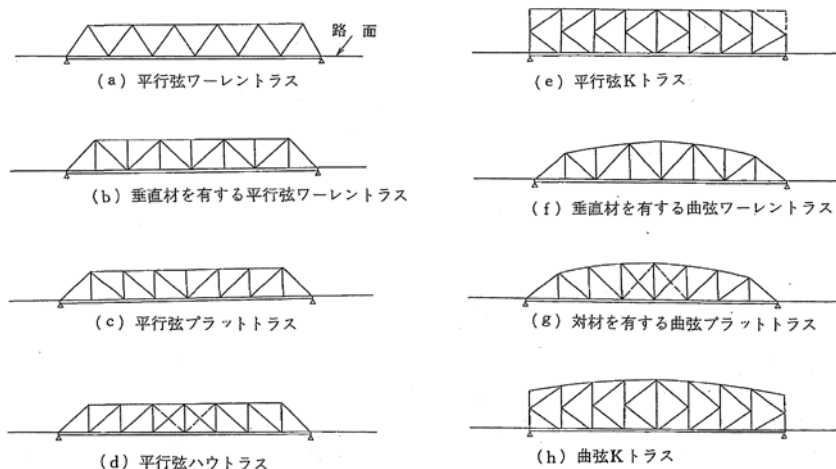


図 2-18 トラス橋の形式

(3) アーチ橋

アーチ橋とは、一つの平面内での形状が上側に凸の曲線を有する構造部材(アーチ部材)を主構造とする橋で、かつ両端の支点部で鉛直・水平方向の移動を拘束したものをいう。アーチ橋には多くの種類があり、またそれぞれに独自の名称がつけられているが、ここでは構造力学的な観点から整理する。

1) リブアーチ橋

アーチリブのみが曲げ剛性を有し、補剛桁は単に床組として扱われる橋である。

アーチリブ形式 構造系	ソリッドリブアーチ	ブレースドリブアーチ
3 ヒンジアーチ		
2 ヒンジアーチ		
固定アーチ		
タイドアーチ		

図 2-19 アーチ橋の種類

2) ランガー桁橋

アーチは荷重によって軸方向力のみが生じるものとして設計する。このためアーチは比較的細い直線部材を折線状に配置することによって作られ、ローゼ橋に比べてアーチ部材を細くかつ格点構造を簡単にすることができる。

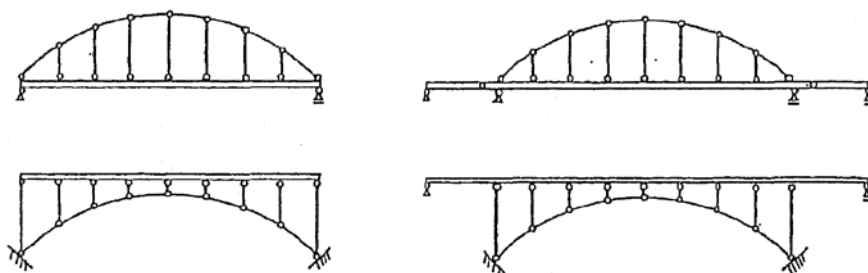


図 2-20 ランガー桁橋の種類

【補足】

鋼アーチのうち鋼板を組み合わせた箱形断面であるものを**ソリッドリブアーチ(Solid-rib arch)**、三角形を組み合わせたトラス構造のアーチを**ブレースドリブアーチ(Braced-rib arch)**と呼ぶ。

2 ヒンジアーチは、支承部にヒンジ支承を設け、支点部に働く回転力を逃がすようなアーチである。鋼ソリッドリブアーチ橋に多くみられる形式である。

固定アーチは、支点部にヒンジを設けず、完全に剛結とした構造である。この形式では、支点部に水平力・鉛直力の他回転力も働くため、強固な基礎が必要となる。鋼ブレースドリブアーチ橋やコンクリートアーチ橋に多くみられる形式である。

アーチ橋では支点部に水平力が働く。これに対し弓のように、支点部同士を引張部材(タイ)で結び、水平力を伝達させる形式を**タイドアーチ(Tied arch)**または**自定式アーチ**と呼ぶ。この形式では、水平力は橋内部に閉じこめられるため、支点部に水平力は発生しない。

【補足】

ランガー橋(lancher bridge)は補剛桁を曲げ剛性がないアーチにより支持した形式の橋梁で、下路アーチ橋の一種である。アーチには軸方向力のみが生じる特徴がある。上路アーチ橋である逆ランガー橋を含めて、ランガー橋と称する場合もある。

補剛桁(stiffening girder)は吊り橋やアーチ橋において、橋全体及び橋床部の剛性を補う目的で設ける曲げ剛性のある桁のことをいう。

3) ローゼ桁橋

アーチおよび桁に曲げ剛性のある部材を用い、荷重によってそれらに軸方向力のほか曲げモーメント・せん断力が生じるものとして設計したアーチ橋である。両端でのアーチ部材と桁の結合にはヒンジ構造と剛結構造とがあるが一般的には剛結構造が用いられている。

ニールセン橋は、ローゼ桁橋の一種で、アーチリブと補剛桁を結ぶつり材を綾状に配置した橋であり、一般につり材にはワイヤロープが用いられるが、鋼棒を用いる場合もある。

【補足】

ローゼ橋 (Lohse Bridge)は補剛桁とアーチ部材の双方で曲げモーメントを分担する補剛アーチ橋である。右図上段に示すように、アーチ部材と補剛桁がほぼ同程度の部材厚を持つことが外見上の特徴となる。また、ローゼ橋にはアーチ部材と補剛桁の間に斜めに張ったケーブルを配置した形式があり、これを**ニールセン・ローゼ橋 (Nielsen Lohse Bridge)**という。

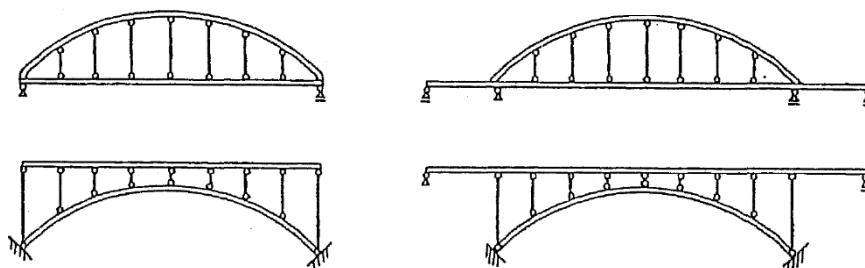


図 2-21 ローゼ桁橋の種類

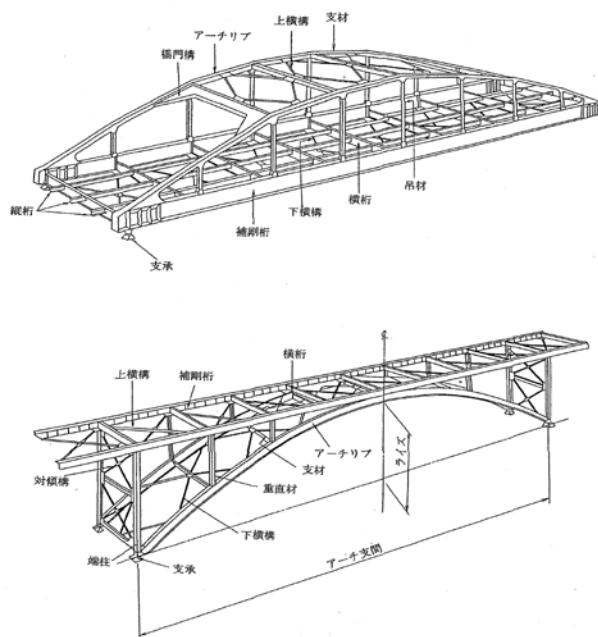


図 2-22 アーチ橋部材名称

4) ラーメン橋

桁と柱の部材が剛結されている構造形式である。ラーメン橋は連続桁橋の一変形と考えられ、曲げモーメント・軸力・せん断力が橋全体に作用する一連の部材からできている。

一般的なラーメン橋の種類を図 2-23 に示す。

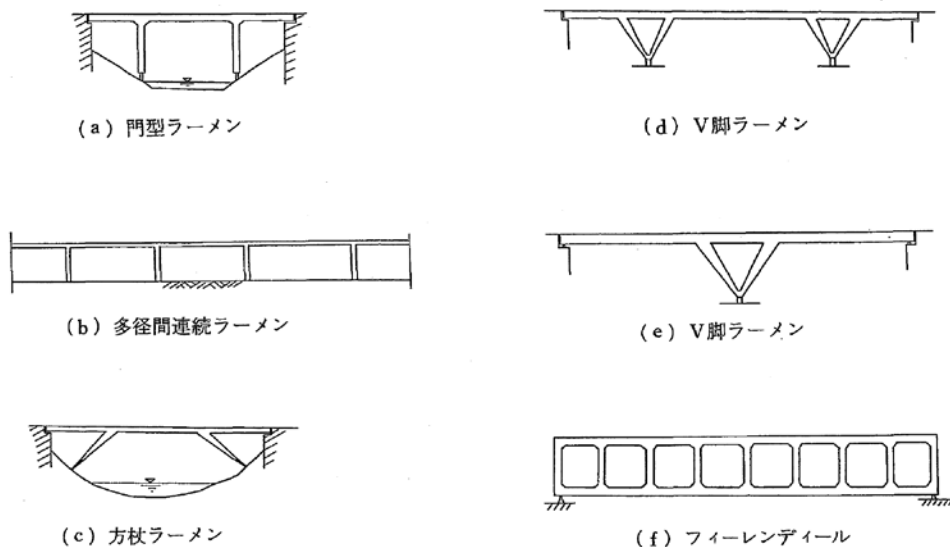


図 2-23 ラーメン橋の種類

鋼ラーメン橋として一般的な形式で、深い谷や道路を横断する中小スパンの橋梁に多く使用されているのは方杖ラーメン橋(π形ラーメン橋)である。

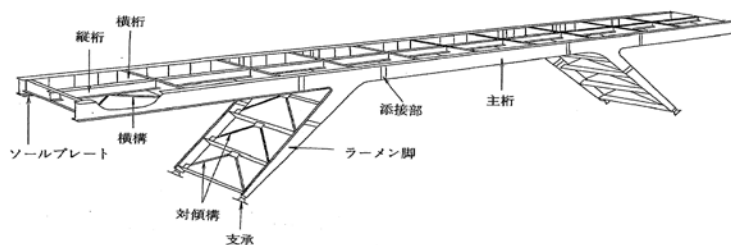


図 2-24 ラーメン橋部材名称

5) 斜張橋

中間橋脚の基礎あるいは橋脚上に塔を立て、塔から斜めに張ったケーブルで桁を支持する形式である。ケーブルの配置方法に放射型・ファン型・ハーブ型等があり、吊橋と異なりケーブルを定着するアンカerbロック(アンカレイシ)が不要なことに特徴がある。

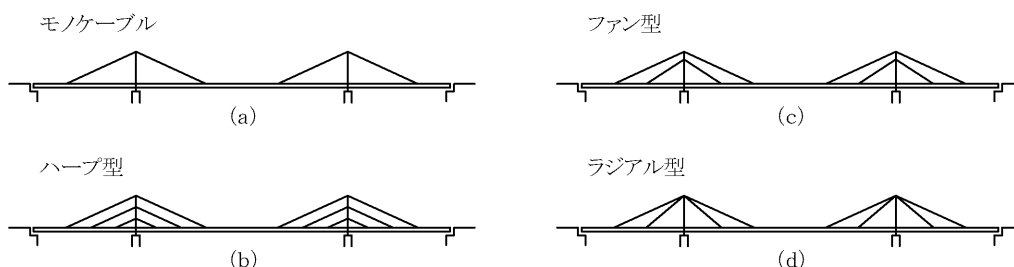


図 2-25 ケーブルの基本的張り方

【補足】

門型ラーメン橋は、ポータルラーメン橋とも呼ばれる。1 径間の両橋台(もしくは橋脚)と主桁を剛結構造とした構造である。下部構造に大きな回転反力が作用するため、比較的、小規模なものに採用される。

方杖ラーメン橋は橋脚部材を斜めに配したラーメン橋である。深い谷を渡る橋梁で中間に橋脚が立てられない場合などに用いられ、橋脚を斜めに配置することにより、上部構造の見かけの支間を小さくすることができる利点がある。ただし、近年では、小数主桁橋に代表される合理化桁の採用実績が多く、方杖ラーメン橋の採用は少ない。

V脚ラーメン橋脚は方杖ラーメン橋を連続させた形式であり、中間橋脚がVもしくはYの字のように開いているのが特徴である。

連続ラーメン橋は2径間以上のラーメン橋である。小規模なものでは、鉄道の高架橋に8~10m 支間の鉄筋コンクリートによるラーメン橋がよく見られる。大規模なもの、張出架設工法による PC 連続ラーメン橋があり、T ラーメンと同様に山間部の高速道路などで採用事例が多い。しかし、剛結橋脚を増やして橋長を伸ばすと2次力の影響が大きくなり、上部構造・下部構造に悪影響を及ぼしかねない。そこで、一部の中間橋脚を支承構造とする例も見られる。また、近年、上部構造を鋼桁とし下部構造に RC 橋脚を使用した複合ラーメン橋も採用されている。

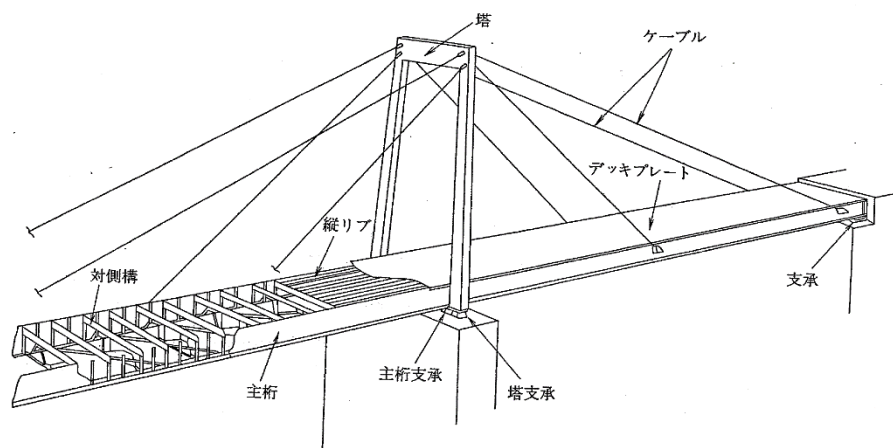


図 2-26 斜張橋（ファン型二面ケーブル）の構成

【補足】

側面形では、塔の先端で全てのケーブルをまとめたラジアル型、少しずつずらしたファン型、さらにずらしケーブル同士が平行に張られたハーブ型などがある。放射型はケーブルの塔頂でのとりまとめ構造が複雑になるのでケーブル本数の少ない小型の橋にしか用いられない。

ラジアル型：尾道大橋等
ファン型：多々羅大橋、横浜ベイブリッジ等
ハーブ型：新尾道大橋等

6) 吊橋

吊橋は、塔、ケーブル、桁で構成され、道路路面を構成する床組や補剛桁を空中に張り渡したケーブル（主ケーブル）から吊り下げた形式である。一般的に長支間の橋梁に適するが、深い渓谷など山間部や海に架ける橋としても用いられている。

路面を構成する桁部分は、曲げ剛性を考慮する補剛桁を用いる補剛吊橋と、曲げ剛性を考慮しない床組を用いる無補剛吊橋とがあり、後者は歩行者専用吊橋に用いられる。

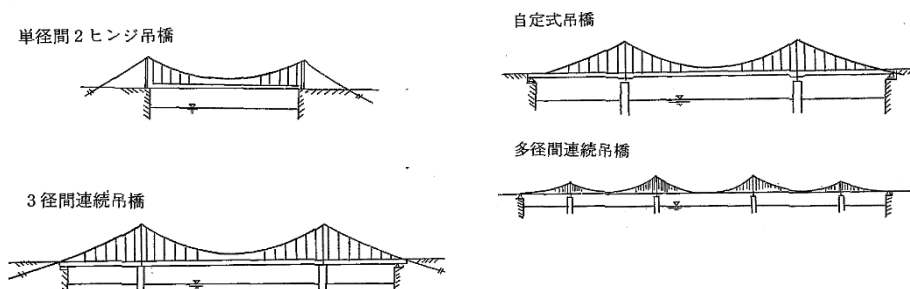


図 2-27 吊橋の種類

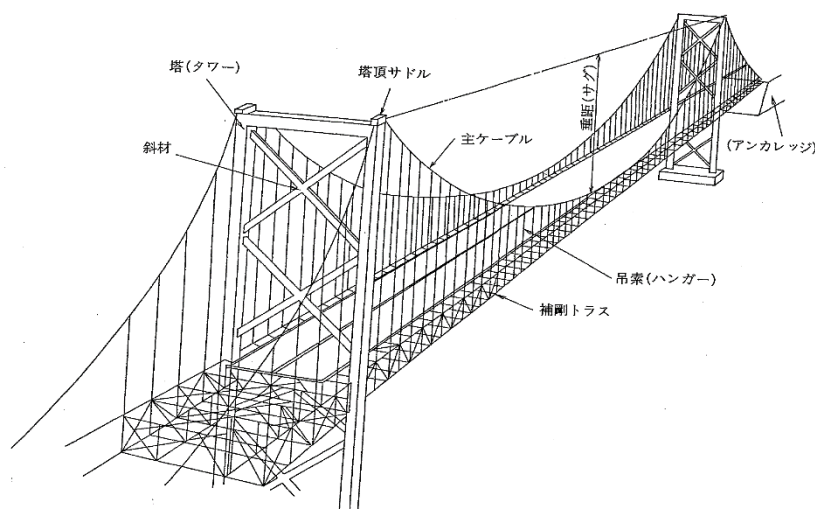


図 2-28 吊橋の構成

2.3.3. コンクリート橋

(1) 鉄筋コンクリート橋(RC橋)

コンクリートは圧縮に対して強く、引張に弱いため、その引張に対して鉄筋で補強したものが鉄筋コンクリート橋(RC橋)である。断面形状により、床版橋・T桁橋・箱桁橋・アーチ橋等に分けられる。

1) 床版橋

床版橋は最も単純な形式であり施工も容易であるが、断面に比して自重が大きいことから短支間の橋梁に用いられる。

充実床版では適用支間は3m～10m、中空床版では10m～18m程度が一般的であり、短支間の橋梁になるような場合においては、BOXカルバート等との比較が必要である。



図 2-29 床版橋断面図

2) T桁橋・箱桁橋

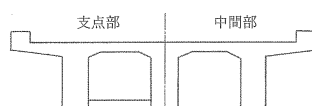


図 2-30 T桁橋断面図

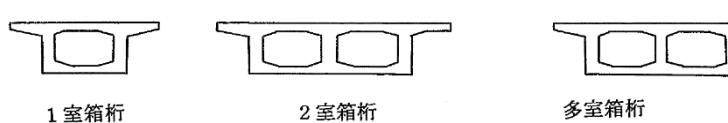


図 2-31 箱桁橋断面図

3) アーチ橋

アーチ橋の基礎には大きな軸力が作用するので、堅固な支持層のあることが必要である。道路の高架橋として、橋脚を有する多径間アーチ橋が採用されている。

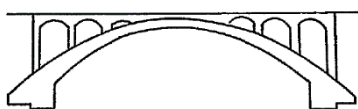


図 2-32 固定アーチ

(2) プレストレストコンクリート橋(PC橋)

コンクリートの弱点を補強するために、引張応力が生じる部分に鉄筋を配置するだけでなく、あらかじめ引張応力が発生する部分にPC鋼材等によって圧縮応力を作用させておく方法をプレストレストコンクリート(PC)という。

プレストレスを与える方法には下記の種別がある。

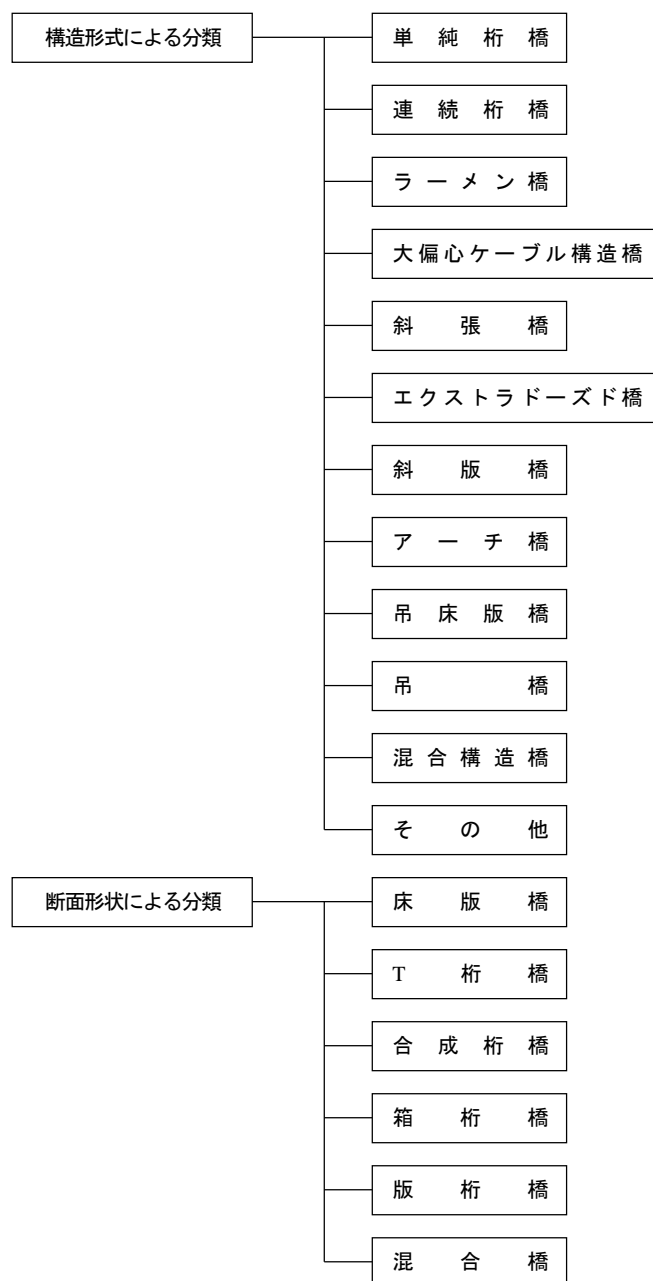
a) プレテンション方式

PC鋼材に引張力を与えておいてコンクリートを打設し、硬化後にPC鋼材の定着をゆるめるか、または引張力を解放し、コンクリートとの付着によってプレストレスを導入する方法。

b) ポストテンション方式

コンクリートが硬化し所定の強度が確保された後、PC 鋼材に引張力を与え、コンクリート部材端部でPC 鋼材を定着させてプレストレスを導入する方法。

PC 橋を構造形式・断面形状・プレストレス導入方法および主桁の製作方法に分類すると、図 2-33 図 2-34 のようになる。



【参考】PC 建協、
PC 設道路橋計画マニュアル
平成 19 年 10 月
〔改訂版〕、p-6

図 2-33 PC 橋の分類(1)

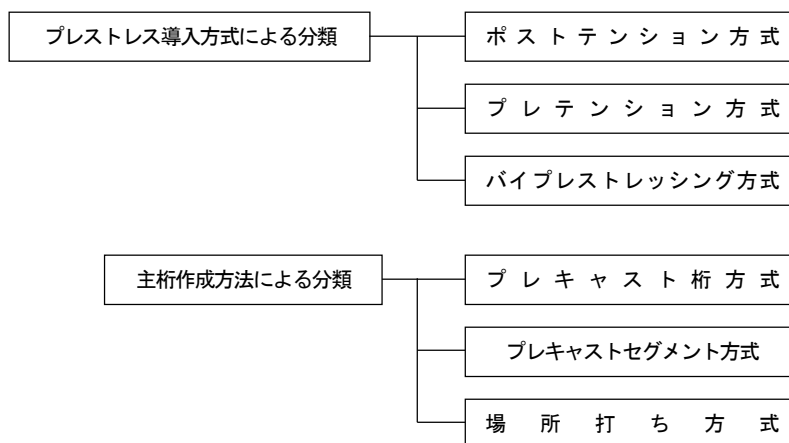


図 2-34 PC 橋の分類(2)

c) プレストレスを与えるレベルによる分類

フルプレストレスング (Full-prestressing) :

引張側の合成応力が引張応力とならないようにプレストレスを与えること。

パーシャルプレストレスング (partial-prestressing) :

プレストレスを与えることによりひび割れが発生しないことを前提に引張応力が生じることを許容すること。ただし、引張応力度に対しては引張鉄筋を配置する。

PRC (Prestressed Reinforced Concrete) :

プレストレスを与えることと異形鉄筋の配置により、ひび割れは許容するがひび割れ幅をある制限値以下に抑えること。

1) 床版橋

プレテン床版橋では、JIS 桁で支間 5m~24m 区間に適用しており、11m までは充実タイプ、12m 以上が中空タイプとなっている。

また、ポステン床版橋は一般に、軽量化を図るために円筒形の鋼製型枠を埋設することから中空床版橋と呼ばれており、桁高が低くできる利点がある。

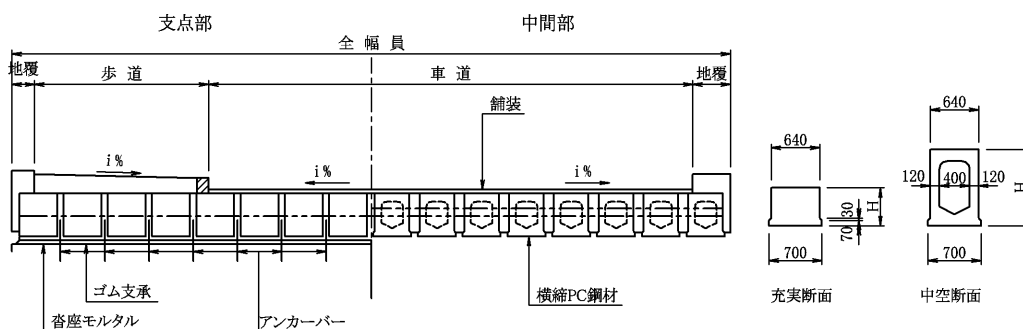


図 2-35 プレテン床版橋

【補足】

バイプレストレスング方式 (Bi-Prestressing System) とは、“2つの”を意味する接頭辞 Bi と Prestressing System の合成語。従来のポストテンション方式(あるいはプレテンション方式)とコンクリート中の PC 鋼材を圧縮・定着して、コンクリートに引張プレストレスを与えるポストコンプレッション方式を組み合わせたプレストレスング方式という意味。略してバイプレ方式と呼んでいる。

プレキャストセグメント方式とは、あらかじめ工場や現場ヤードで分割して製作したプレキャスト部材(セグメント)を架橋地点で接合し、プレストレスを与えて一体化する工法である。

【補足】

中空床版橋とは、その言葉のとおり、中が空洞になった円筒状の鋼製管(円筒型枠)を床版内に配置した橋梁である。床版の中を空洞とすることにより、橋の軽量化を図っている。一般的に、20.0m~30.0mの橋梁に採用されており、橋の高さ(桁高)が1.0m~1.5m程度なので、圧迫感がなく、スレンダーな橋梁である。π形ラーメン橋にも、この形状が採用されている。架設方法としては、固定支保工や移動支保工等がある。

2) T桁橋

T桁を架設し、床版・横桁に間詰コンクリートを打設し、硬化後に橋軸直角方向にもプレストレスを導入して一体構造とする。プレテンション方式とポストテンション方式があり、プレテンT桁橋はJIS桁である。

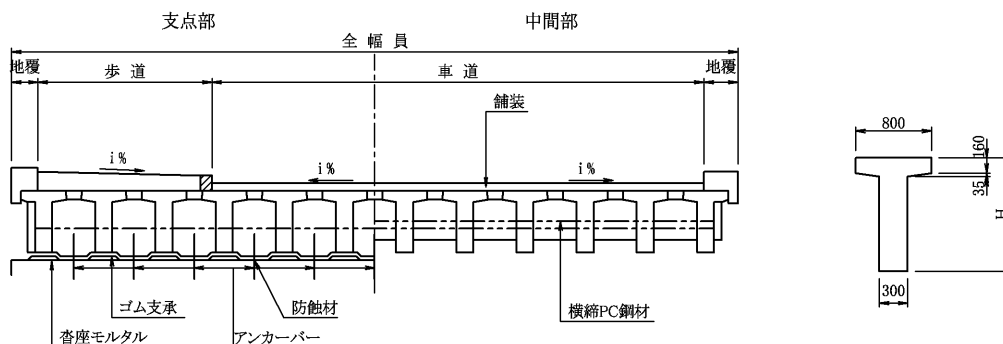


図 2-36 プレテンT桁橋

3) 合成桁橋

基本的にはプレテン桁またはポステン桁の主桁と鉄筋コンクリート床版、またはプレキャスト床版を所要のずれ止め鉄筋(ジベル)により結合することで主桁と床版を合成し、主桁と床版が一体となって抵抗する構造である。

PCの合成桁橋としては、床版を場所打ちコンクリートとするRC床版タイプとプレキャストPC床版を用いたPC合成床版タイプ(PCコンボ橋)の橋梁が一般的である。

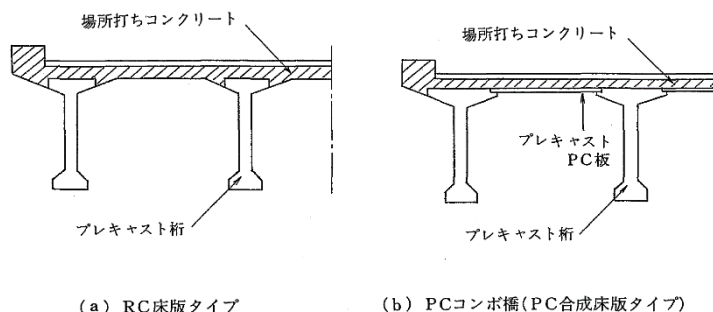


図 2-37 PC合成桁橋の例

4) プレキャスト桁架設方式連続桁(連結桁)

プレキャスト桁を単純桁として架設後、中間支点上で現場打ちコンクリートを用いて主桁を橋軸方向にRCまたはPC構造で連結し、連続桁とする橋梁形式である。中間支点部は単純桁状態で設置したゴム支承をそのまま使用するので、主桁連結後も2点支承となる場合が多い。連続中空床版橋に比べ、適用支間長が制限される反面、施工が比較的簡単で工期も短く、施工時の支保工などの制約を受けにくい。そのため、橋梁のノージョイント化・維持管理性および耐震性に優れた構造となる。

【補足】

PCコンボ橋は、省力化・コスト削減を目的に考案されたPC合成床版タイプのPC合成T桁橋である。桁高を高くし、主桁間にプレストレスを導入されたPC版を設置することで、主桁本数を減らすことができる。

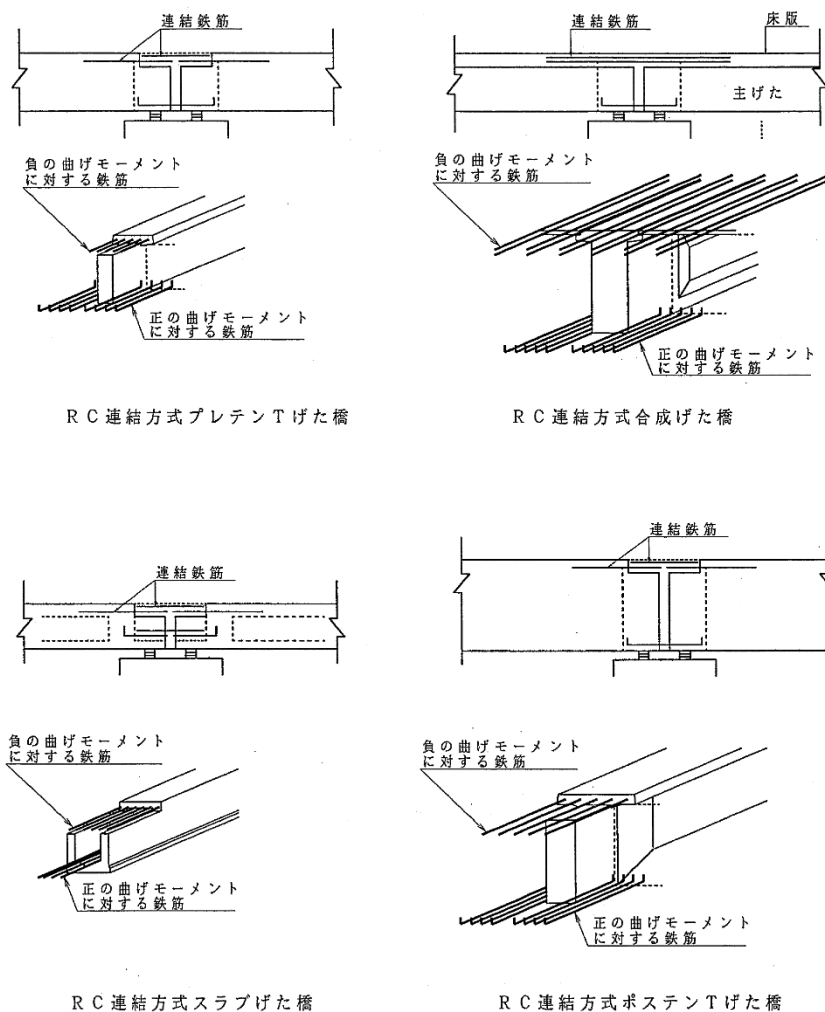


図 2-38 中間支点部の連結構造

5) 箱桁

主桁の断面形状が箱形である橋の総称であり、断面の形状によって1室箱桁・2室箱桁・3室箱桁・2主箱桁に大別される。また箱桁は、曲げモーメントによる大きな圧縮力に抵抗できることや補強鋼材などを多量に配置できる等の断面特性から、連続桁橋・ラーメン橋などの長大橋に多く用いられ、ねじり剛性も大きいいため、幅員の大きい場合や曲線橋等に用いられる。また支間に比べて桁高を低くすることができる。

【補足】

PC箱桁橋には、コスト削減を目的とした新形式として、高速道路橋に用いられているストラット(杖)で床版を支持する形式がある。

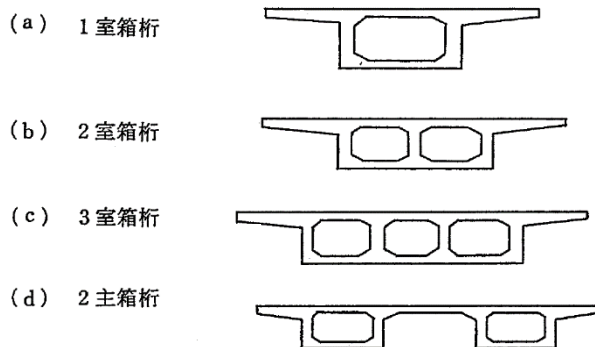


図 2-39 箱桁の形状

6) ラーメン橋

ラーメン橋は不静定構造であるため、部材の一部が降伏しても応力の再分配により、瞬時に構造系全体の破壊にはつながらないので安定した構造である。構造形式上では、下記の形式に分類される。

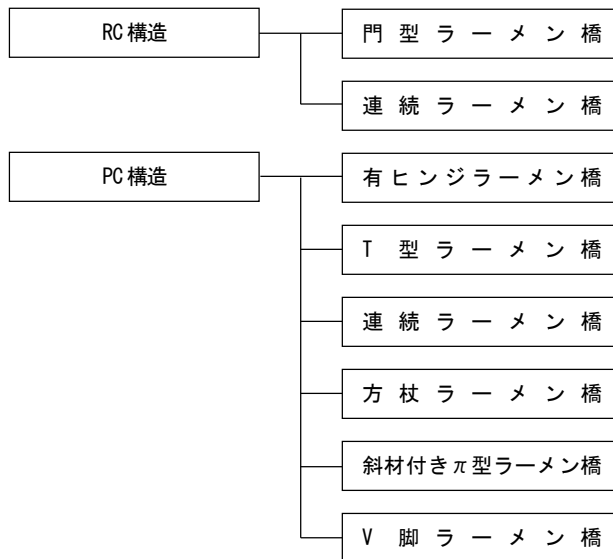


図 2-40 ラーメン橋の分類

コンクリートラーメン橋の一般的な形式である連続ラーメン橋は、主桁と橋脚が剛結構造となっているため、上部構造の温度変化や乾燥収縮などの影響により橋脚に水平力及び曲げモーメントが発生する。したがって、この形式は一般に高い橋脚を有する橋に適用されている。また、連続ラーメン橋の主桁断面形状は、短支間の場合は中空床版を、長支間では箱桁が採用される。

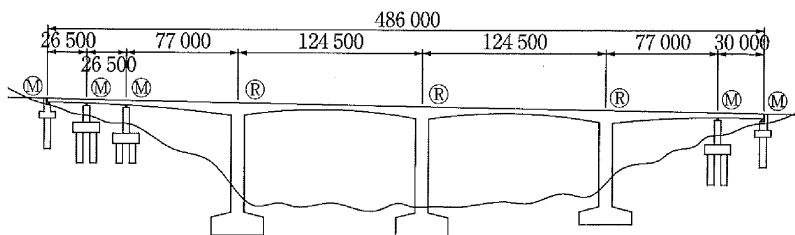


図 2-41 連続ラーメン橋

【補足】

門型ラーメン橋は、ポータルラーメンとも呼ばれる。1径間の両橋台(もしくは橋脚)と主桁を剛結構造とした構造である。下部工に大きな回転反力が作用するため、比較的小規模なものに採用される

方杖ラーメン橋は橋脚部材を斜めに配したラーメン橋である。深い谷を渡る橋梁で中間に橋脚を立てられない場合などに用いられ、橋脚を斜めに配置することにより、上部構造の見かけの支間を小さくすることができる利点がある

V脚ラーメン橋脚は方杖ラーメン橋を連続させた形式であり、中間橋脚がVもしくはYの字のように開いているのが特徴である。

連続ラーメン橋は2径間以上のラーメン橋である。小規模なものでは、鉄道の高架橋に8~10m支間の鉄筋コンクリートによるラーメン橋がよく見られる。大規模なものは、張出架設工法によるPC連続ラーメン橋があり、Tラーメンと同様に山間部の高速道路などで採用事例が多い。しかし、剛結橋脚を増やして橋長を伸ばすと2次力の影響が大きくなり、上部構造・下部構造に悪影響を及ぼしかねない。そこで、一部の中間橋脚を支承構造とする例も見られる。

7) アーチ橋

主断面力が圧縮力であるため、圧縮力に強いコンクリートの特性を有効に利用している点が特徴である。現在アーチ橋の架設は、PC 架設工法の著しい技術進歩により全面支保工を必要としない工法が主流となってきている。支持条件と構造形式とにより分類すれば、図 2-42、図 2-43 の形式となる。

【補足】
充腹アーチ橋とは、垂直材の箇所(腹部)を全て埋めたアーチ橋で、RC 部材の中に土を詰めた形式が多い。

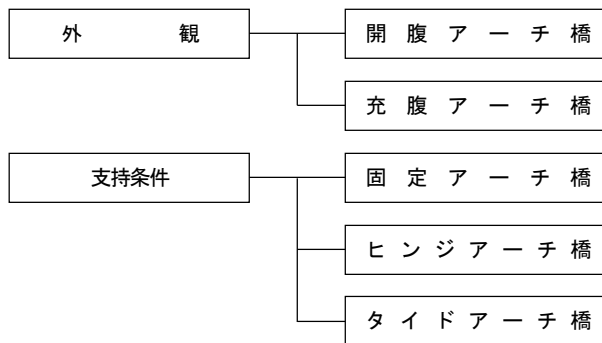


図 2-42 アーチ橋の分類(1)

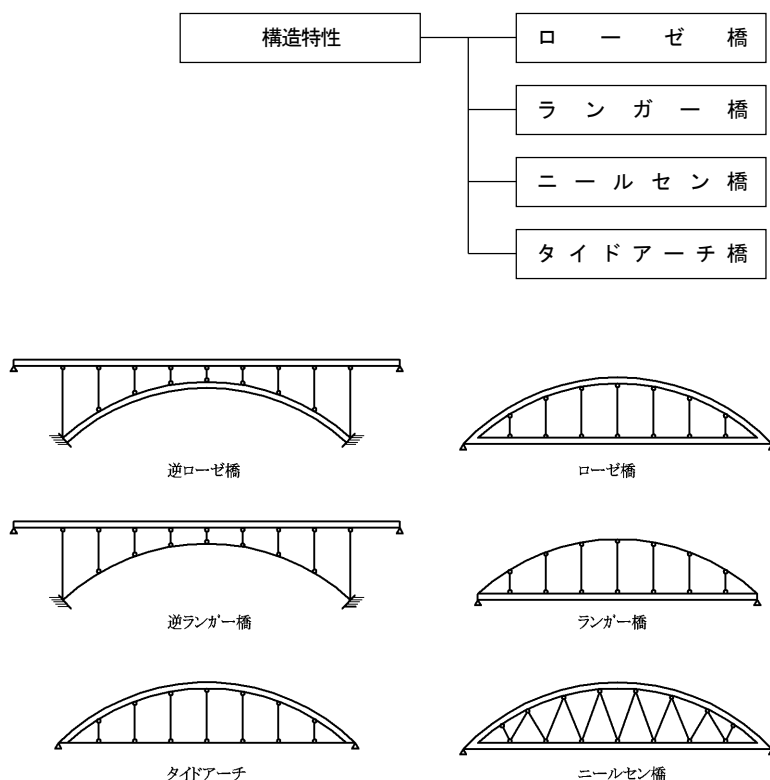


図 2-43 アーチ橋の分類(2)

【補足】
ローゼ橋 (Lohse Bridge)は補剛桁とアーチ部材の双方で曲げモーメントを分担する補剛アーチ橋である。アーチ部材と補剛桁がほぼ同程度の部材厚を持つことが外見上の特徴となる。また、ローゼ橋にはアーチ部材と補剛桁の間に斜めに張ったケーブルを配置した形式があり、これを**ニールセン・ローゼ橋 (Nielsen Lohse Bridge)**という。
ランガー橋 (langer bridge)は補剛桁を曲げ剛性がないアーチにより支持した形式の橋梁で、下路アーチ橋の一種である。アーチには軸方向力のみが生じる特徴がある。上路アーチ橋である逆ランガー橋を含めて、ランガー橋と称する場合もある。

8) 斜張橋

斜張橋は、主桁・塔および斜め方向に吊り下げた斜吊材からなっており、塔と桁との関係あるいは、桁の支持状態などによって種々な構造形式が考えられ長大橋に適している。

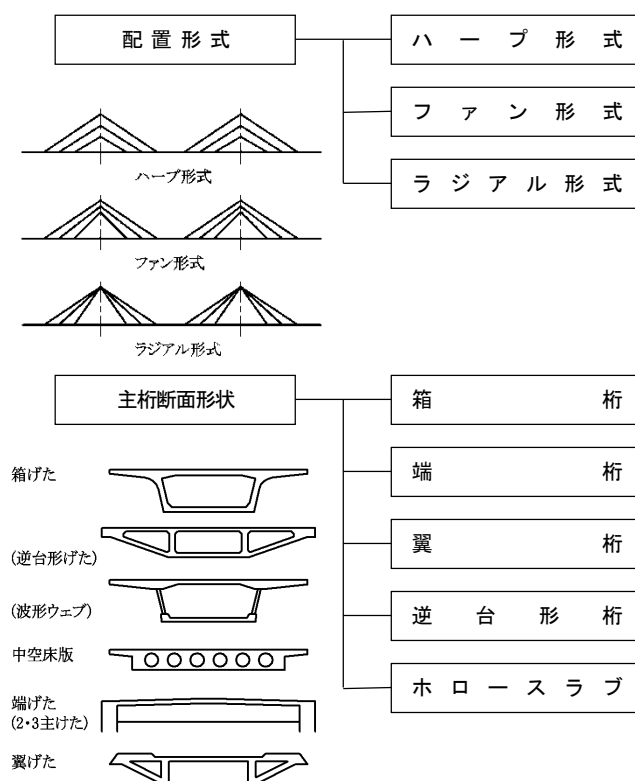


図 2-44 斜張橋の分類

9) エクストラードーズド橋

エクストラードーズド橋は、斜張橋と桁橋の間を補う橋梁形式である。その特徴は、斜張橋と比較して、一般的に低い塔と斜材で形成されたプロポーションを持ち、活荷重に対して主桁が抵抗する割合が高いため、斜材の応力変動が小さい。

桁橋および斜張橋と比較したエクストラードーズド橋の特徴は以下のとおりである。

- ① 桁橋と斜張橋の中間的な規模の橋に適している。
- ② 斜張橋と桁橋の中間的な桁高である。
- ③ 斜張橋と比較して主げた剛性が大きいいため、通常の桁橋と同様な管理方法(たわみ管理)で片持ち架設工法が可能である。
- ④ 斜張橋と比較して活荷重による斜材の応力変動が小さいことから、斜材の応力制限値を大きくとれる。
- ⑤ 斜張橋と比較して主塔が低いことから、耐風安定性に優れている。

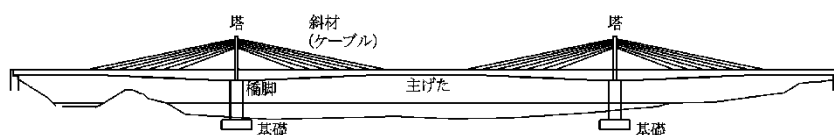


図 2-45 エクストラードーズド橋

【補足】

エクストラードーズド

橋とは、エクストラの「範囲外に(主桁の外に)」と、ドーズドの「補強された」に由来した橋梁で、主桁の外に補強材である PC 鋼材を配置した構造である。一般的には、斜張橋より短い橋に採用されており、橋脚上に設置された主塔の高さは斜張橋より低くなる。また活荷重に対しては、斜張橋は主に斜材に緊張した PC 鋼材(斜材)で抵抗し、エクストラードーズド橋は主に主桁で抵抗する構造であるため、全体剛性が大きく、たわみが小さい特徴がある。

斜版橋と呼ばれるエクストラードーズド橋の斜材をコンクリートで覆った橋梁もあり、振動が少ないことから鉄道橋にも採用されている。架設方法としては、張出架設工法や固定式支保工などがある。

10) 斜版橋

斜版橋は、エクストラードード橋のPC斜材をコンクリートで覆いPC斜版とした橋である。特徴としては、エクストラードード橋とほぼ同じであるが、斜版の剛性が高いことから主桁のたわみが少ないため、鉄道橋に多く採用されている。

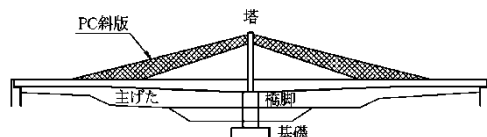


図 2-46 斜版橋

11) 吊床版橋

吊床版橋は、橋台間に緊張材(ケーブル)を並列配置し、これらをコンクリート床版で包み込んで床構造を形成した橋である。構造形式としては、鋼製吊橋の主ケーブル、塔、補剛桁、床組を一つの要素で置き換えたもので、その構造特性も鋼製吊橋と類似点が多い。

直路式吊床版橋の一般的な特徴は以下のとおりである。

- ① 構造形式が単純であり、力学的にも明快である。
- ② 縦断線形はなめらかな曲線で、しかも床版厚は支間長に関係なく一定であり、柔らかさ、スレンダーさを与える。
- ③ 床版の架設はあらかじめ張り渡したケーブルを利用して行えるため、大規模な架設機械も不要である。プレキャスト床版を用いるので、急速施工が可能である。
- ④ 支保工を必要としないため、施工条件の悪い渓谷などでも比較的容易に建設が可能である。
- ⑤ 変形量が大きいため、活荷重による振動やケーブルの応力振幅に対する配慮が必要である。
- ⑥ アンカーを支えるために堅固な地盤が必要である。

また、上路式吊床版橋は、直路式吊床版橋の特徴に加え、縦断線形を自由に設定できること、サグを大きくとれるので水平力を抑えることができるなどの特徴を有している。

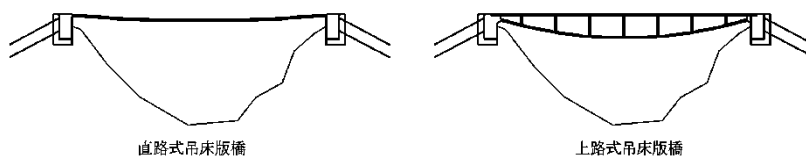


図 2-47 吊床版橋

【補足】

静岡県内の吊り床版橋の例：潮騒橋(掛川市)世界初の連続上路式吊り床版橋



2.3.4. その他の工法

最近の新しい技術への取り組みとその事例成果を以下に紹介する。ただし、その採用については材料・構造特性を十分に把握し、解析手法・技術的検証等の妥当性を確認し、実績を踏まえて決定する必要がある。

1) 合理化鋼床版少数主桁橋

合理化鋼床版少数主桁橋とは合理化鋼床版と少数主桁を組み合わせた構造で、鋼床版のデッキプレート厚を厚くし、かつ大断面 U リブを使うことにより工場製作の省力化を図ったものである。従来の鋼床版に比べて、鋼重はやや減少し、工費の縮減のほか耐久性が向上するなどの利点が期待できる。

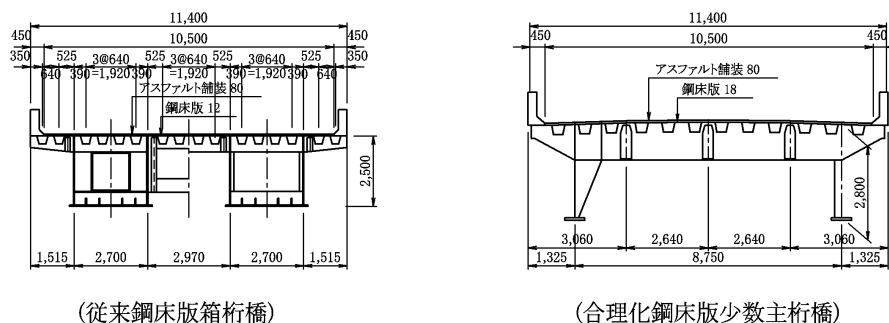


図 2-48 合理化鋼床版少数主桁橋

2) 外ケーブル構造

コンクリート部材の外側に設けた PC 鋼材により応力導入を行う構造で、主桁腹板を薄くすることが可能で、シー스가部材外のため打設に有利である。また大容量の緊張材使用が可能で高張力レベルが維持できることから、維持管理面においても有利である。反面、外ケーブルの保護構造に特別の配慮が必要で、偏心距離が少なく断面性能が若干落ちる。

その他、アウトケーブルによる PC 箱桁押し出し架設工法や波形鋼板ウェブ・鋼トラスウェブ構造への利用、また構造系ではエクストラドーズド橋等がある。

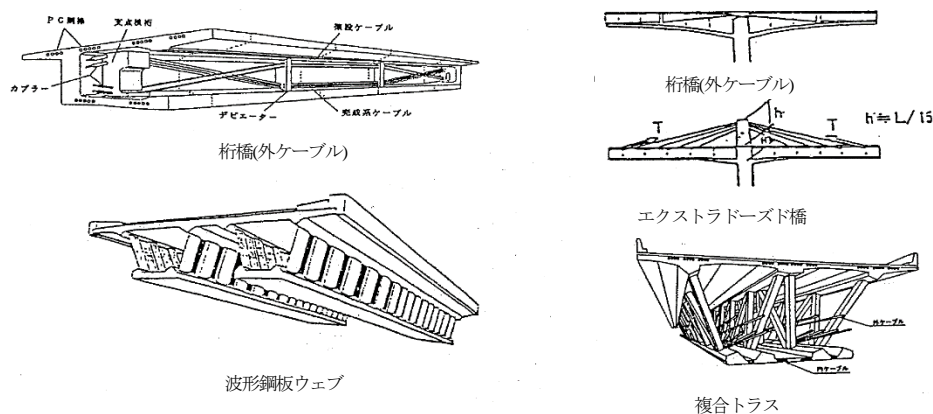


図 2-49 外ケーブル使用形式

3) プレキャストセグメント桁構造

施工の省力化・合理化の観点から現場製作ではなく、桁を工場製作によりブロック化し、現地にて一体化・架設する工法(プレキャスト桁, PC コンボ桁等)である。

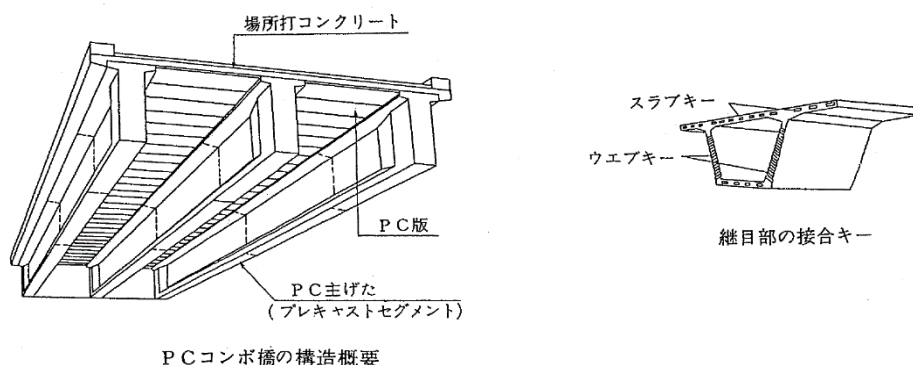


図 2-50 プレキャストセグメント構造

4) プレベーム合成桁橋

鋼桁とコンクリートを合成し、プレフレクション、リリースによりプレストレスを導入した桁である。他形式に比べて桁高が低く、桁高が制限される場合には有利となる。

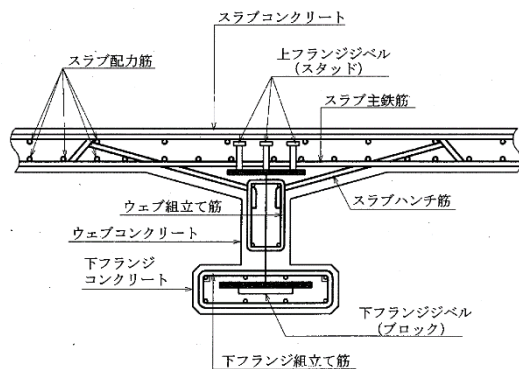


図 2-51 プレベーム合成桁の断面形状の例

【補足】

プレキャストPC桁
 橋とは、桁を工場や現場付近で製作し、これを架橋位置まで運んで架けるも橋梁をいう。長さや重量の制約から、プレキャストPC桁を輪切りにして運び、架橋位置でプレストレスを導入してつなぎ1本の橋桁にする場合もあり、これをプレキャストセグメント桁橋という。プレキャストPC桁の架設方法は、クレーン架設、架設桁架設、張出し架設、スパンバイスパン架設等がある。



5) 鋼とコンクリートの混合・複合構造

外的条件により支間割・形式が不連続となる場合などに一体連続化し、構造特性の適材使用および耐震性・走行性の向上を目的とした構造である。

複合構造は、鋼とコンクリートを組み合わせたもので、大別すると合成構造と混合構造に分けられる。断面構成上、異種材料を組み合わせて用いたものを合成構造、部材レベルで異種材料を接合して用いたものを混合構造とし、これらを総じて複合構造という。

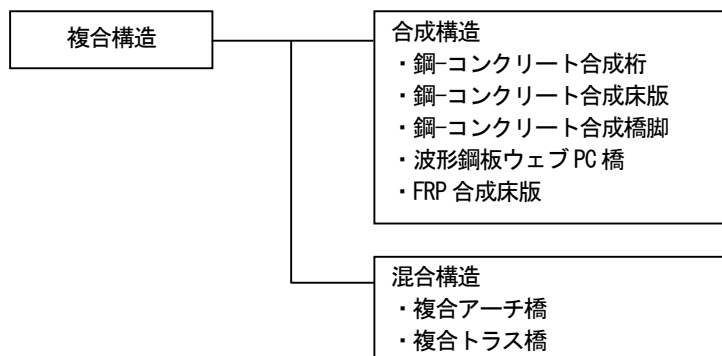


図 2-52 複合構造

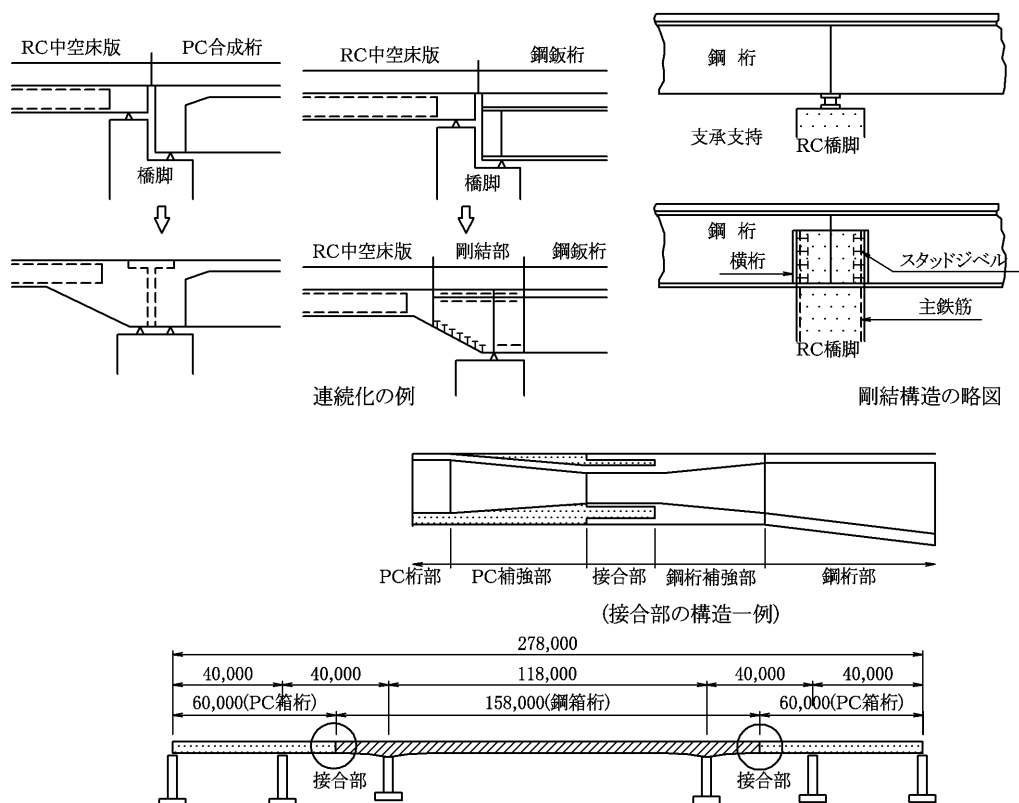


図 2-53 混合複合構造事例

【補足】

波形鋼板ウェブ橋とは、橋の断面の形が箱の形をした橋梁で、箱の上面を支える柱の部分(ウェブ)が波形鋼板でできた橋梁である。コンクリートのみで構成された箱桁よりも主桁重量が軽量化され、下部構造への負担が軽減できる。また波形鋼板の特徴であるアコーディオン効果により、プレストレス導入効率が向上し、橋梁の製作コストの低減が可能となる。架設方法としては、固定支保工、張出架設工法などがある。

複合トラス橋とは、橋の断面の形が箱の形をした橋梁で、箱の上面を支える部分(ウェブ)が鋼製の管でできた橋梁である。コンクリートと鋼の合成により橋梁が成り立っているため、複合(トラス)構造と呼ばれる。コンクリートだけで構成された箱桁よりも主桁重量が軽量化され、下部構造への負担が軽減できる。コンクリートウェブと異なり、鋼管トラスでは橋の裏が透けて見えるため、圧迫感がなく、周辺環境との調和にも優れている。架設方法としては、固定支保工、張出架設工法などがある。

2.4. 下部構造

2.4.1. 概説

下部構造は、上部構造の荷重を直接支持する場合、壁や柱などの躯体とそれらを支える基礎からなる。橋台、橋脚、基礎等の選定にあたっては、上部構造条件、地形や地盤条件、施工条件等の諸条件を十分調査検討の上、諸条件に適合し施工性・経済性に優れ構造的安定性等、総合的に判断しなければならない。

上部構造から橋台・橋脚に伝わる反力としては、上部構造の自重、自動車等の荷重および地震や風による力などがある。また橋台や橋脚と基礎地盤にかかる力としては、それらの自重のほか地震力、水圧、土圧、浮力などがあり、橋を支える基礎を最終的に支えるのは地盤である。このような基礎を支えられる強い地盤を支持層(支持地盤)と呼んでいる。地盤には色々種類があるが、支持層としているのは、固い砂層・砂礫層(N 値 ≥ 30)と粘土質の地層(N 値 ≥ 20)および岩盤であるが、粘性土や岩盤は所定の N 値がある地盤であっても、層の上方が風化しているなどの検討を要する場合があるので注意が必要である。

橋台を形式で分類すると、重力式、逆 T 式、控え壁式、ラーメン式等が主な形式であり、橋脚の分類としては、張出式、壁式、ラーメン式等がある。

基礎の分類は、支持層までの深さによって、浅い基礎と深い基礎に分けられる。支持層が浅い基礎の代表としては直接基礎があり、深い基礎の代表としては杭基礎やケーソン基礎が挙げられる。

下部構造は、橋梁に作用する全荷重を地盤に安全に伝達するのが目的であり、設計・施工に当たっては地盤より得られる情報を十分に配慮する必要があることが、上部構造の場合と異なる大きな特色と言える。また、下部構造を構成する部材(柱、壁部材)には、設計において常時の鉛直方向荷重だけでなく、土圧や地震時などの水平荷重によって、部材の大きさを左右する場合がある。

2.4.2. 橋台

橋台の形式は上部構造形式・荷重・地形・地質などの諸条件に適合するとともに、施工性・経済性に優れ、構造的に安定したものでなければならない。

一般的な橋台形式には以下のものがある。

1) 重力式橋台

自重が大きく、支持地盤の良好な場所で使用される。適用高さは 3m~6m 程度である。

重力式橋台は無筋コンクリートの躯体自重で外力に抵抗する構造で、躯体自重をやや小さくし引張応力を鉄筋でとらせる構造が半重力式橋台となる。

2) 逆 T 式橋台

最も一般的な橋台形式であり、背面裏込め部の施工も容易である。高さ 12m 程度までの使用実績が多い。15m 程度までは、現地状況・経済性等により、適用可能とする。高さ 12m を超える場合には、他の形式と比較検討し、担当事業課および道路整備課と協議するものとする。

3) 控え壁式橋台

過去には高さが 12m 程度以上に採用されていた形式であるが、控え壁の鉄筋やコンクリート打設に困難を伴う。また背面裏込め部の施工が重機のみでは難しい事などから原則として採用しない。

【出典】 中部地整
道路設計要領
(2014.3 版)、
設計編第 5 章 橋梁
「表-5-III-2」

4) ラーメン式橋台

橋台位置に交差道路(河川管理道)等のある場合、橋台を橋軸方向にボックス断面とし、道路をボックス内に通す構造を持つ。一般的には一方向ラーメン橋台とするが、斜角のある場合などはボックスが長くなるので、明かりとりのためや歩道・車道の分離のために、前壁に開口部を設けて二方向ラーメン橋台とする場合がある。

5) 箱式橋台

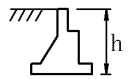
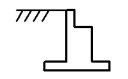

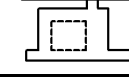
橋台高さが 15m 程度以上で基礎地盤条件が悪く、杭基礎とする場合に経済的な形式となる場合がある。

杭基礎の場合、中空とすることにより地震時慣性力が小さくなるので、基礎の設計に有利であり、また直接基礎の場合は、滑動に対して安定しやすくするために中空部に土砂を入れることが多い。

6) 盛りこぼし橋台

軟弱地盤の橋梁で盛土高の高い場合は、基礎が非常に大規模なものになるので、上部構造を延長し盛土上に小橋台を設けた方が経済的となる場合がある。この形式を採用する場合には杭基礎として現地盤の支持層で確実に支持されるものとし、地形・地盤条件を考慮して十分安全性を検討するものとする。なお、原則として盛りこぼし橋台は採用しない。

表 2-1 橋台形式の適用範囲

橋台形式	高 さ (m)			備 考
	10	20	30	
重 力 式	— 6			
逆 T 式	-----5	12 15		
ラ ー メ ン 式	---	15		
箱 式		15 ---		

注)実線は一般的に使用される範囲、点線は使用実績の少ない範囲を示す。

注)逆 T 式橋台は高さ 12m までを標準とし 15m 程度までは現地条件・経済性等から適用可能とするが、高さ 12m を超える場合には、担当事業課および道路整備課と協議するものとする。

【補足】

箱式橋台は、一般的に高価であることから使用実績は少ない。

【補足】

逆 T 式橋台は、近年 15m 程度まで採用実績が増えており、その範囲では一般的に最も経済的となる。ただし、12m を超える場合に無制限での採用を避けるため、形式検討及び協議を実施するものとした。

2.4.3. 橋脚

橋脚の形式は上部構造形式・荷重・地形・地質などの諸条件に適合するとともに、施工性・経済性に優れ、構造的に安定したものでなければならない。

1) 橋脚の形式





橋脚の形式については、道路および河川等からの附帯条件による外的要素から制約を受けることもある。

- 河川部 …………… 柱式橋脚, 壁式橋脚
- 平地部 …………… 柱式橋脚, 壁式橋脚, ラーメン式橋脚
- 山間部 …………… 柱式橋脚, 壁式橋脚, ラーメン式橋脚(一層, 二層)
- 都市部 …………… 柱式橋脚, 壁式橋脚, ラーメン式橋脚

壁式橋脚と柱式橋脚との区別は形状により幅厚比が3:1以上を壁式橋脚と呼ぶこととする。

ラーメン式橋脚は、橋脚が高くなると水平部材の数により、一層、二層の別がある。

表 2-2 橋脚の適用範囲

橋脚形式	高さ (m)			備考
	10	20	30	
柱式壁式				中空壁式を含む 
ラーメン式 (1層)	5 ----- 15			
ラーメン式 (2層)		15 -----		
二柱式		15 -----		RC・PC中空床版の場合 

2) パイルベント式橋脚は杭頭を地上に突き出させ、横梁で結合した基礎のことである。フレキシブルな構造であるため、地震時に地盤との挙動不一致から大きな欠陥を生ずることがあり、また、河道内に設置した場合、渦流や洪水時の異常洗掘(橋脚の周辺)を起しやすく、流下物が引っかかり河積阻害を生じやすいため、採用を禁止する。

3) 円柱式橋脚は柱式橋脚の一つであり、柱の断面が円形のものである。河道内に設置した場合、小判形のものに比べ渦流を生じやすいなど、洪水時の流水に著しい支障を与える可能性があるため、河道内には原則として採用しないこと。ただし、合流部など流心方向が明確でない場所については、河川管理者と協議の上採用することができる。

4) ロッキング橋脚は上下端がヒンジ構造の多柱式で、水平方向の抵抗性を受け持たないため基礎を小さくすることができ、設置スペースが限られる高速道路跨道橋等で多く採用されてきた。しかし、上部工の載荷されない単独状態で自立することはできず、熊本地震においてロッキング橋脚の転倒により落橋に至ったことから、採用を禁止する。

【参考】

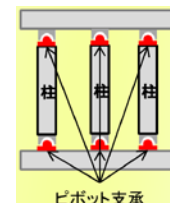
パイルベント式橋脚

鋼管またはコンクリート製の杭を支持地盤まで打ち込み、杭頭部を鉄筋コンクリート構造で連結して橋脚とするもの。



ロッキング橋脚

上下端にピボット支承を取り付けて両端ヒンジ構造とした橋脚。ピボット支承は鉛直力支持機能と回転機能を有するが水平力支持機構を有さない



【参考】

H29 道示IV, p-91 及び、河川構造令, p-298

2.4.4. 基礎

基礎形式の選定にあたっては、上部構造条件・地盤条件・施工条件等を十分調査検討のうえ、最も安全で経済的な形式としなければならない。また、形式選定は構造計画、比較設計などの設計初期段階に行われることが多く、その後の変更が大きな手戻りとなることから、その選定にあたっては十分な検討を行う必要がある

(1) 基礎の種類

基礎は、次の6種類に分類する。

- 1) 直接基礎, 2) 杭基礎, 3) ケーソン基礎, 4) 鋼管矢板基礎, 5) 地中連続壁基礎, 6) 深礎基礎

表 2-3 基礎の種類

	模式図	特徴
直接基礎		<p>直接基礎は、良好な支持地盤が地表面から浅い位置にある場合、支持層まで掘削してフーチングを構築し、荷重を直接支持層に伝達する基礎工法である。</p>
杭基礎		<p>杭基礎は、地表に近いところの地盤が不良で、支持地盤が深い場合に採用される。打ち込み杭方法、中掘杭工法あるいは場所打ち杭工法等により、深い支持層まで荷重が伝達するように設置された複数の杭の頭部をフーチングに結合し、構造物を支える基礎工法である。</p>
ケーソン基礎		<p>ケーソン基礎は、箱状の躯体を所定の地盤まで沈設させて、上部構造および下部構造の作用外力を地盤に伝える基礎工法であり、杭基礎と比較して平面寸法が大きいので、耐震性に不安のない基礎が要求される場合や杭基礎では水平剛度が不足する場合によく採用される。</p>
鋼管矢板基礎		<p>鋼管矢板基礎は、継手を持つ鋼管矢板を現場で円形、小判型、矩形などの形状に併合させて建て込み、継手管内にモルタルを充填させ、その上端に頂版コンクリートを打設することにより結合する基礎工法である。</p>
地中連続壁基礎		<p>地中連続壁基礎は、隣接する地中連続壁間に継手を用いて連結し平面形状が矩形閉合断面になるように構築し、その頭部に頂版を設けた基礎工法である。</p>
深礎基礎		<p>深礎基礎は、地下水位の低い比較的堅固な地盤において土留めを用いて地盤を掘削し、支持層の状況を直接確認し、鉄筋コンクリートを構築する工法であり、ケーソン基礎や地中連続壁基礎と同様に単体の柱状体基礎とする柱状体深礎基礎と、複数の深礎杭をフーチングで剛結した組杭構造とする組杭深礎基礎がある。</p>

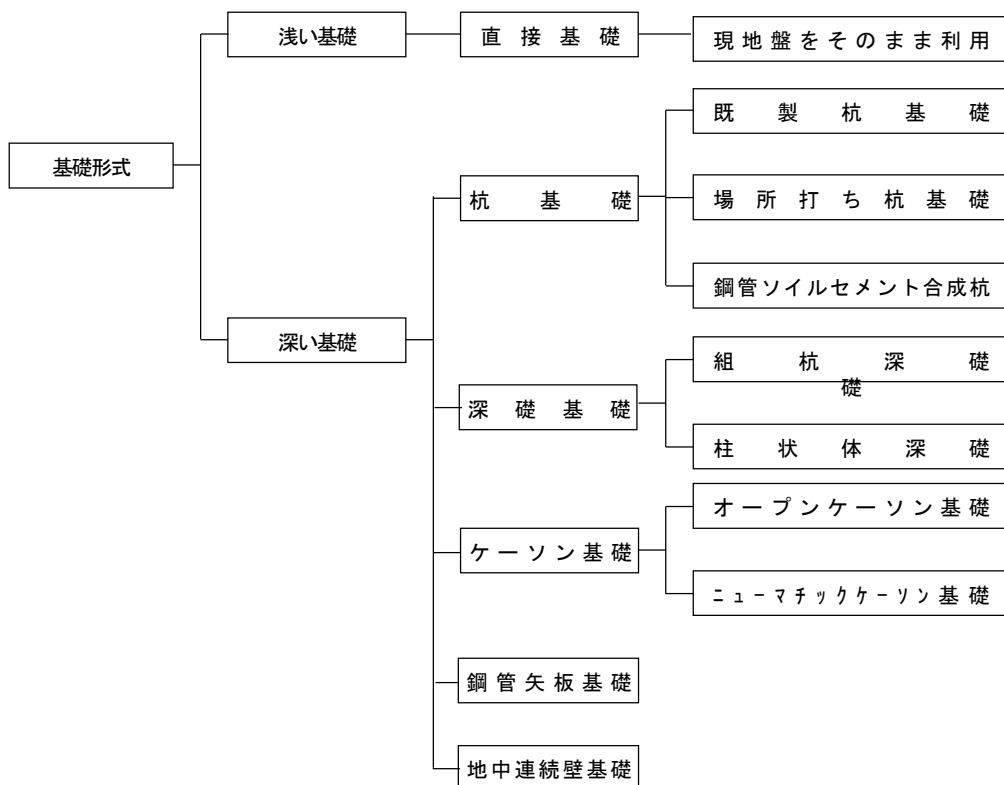


図 2-54 基礎の分類

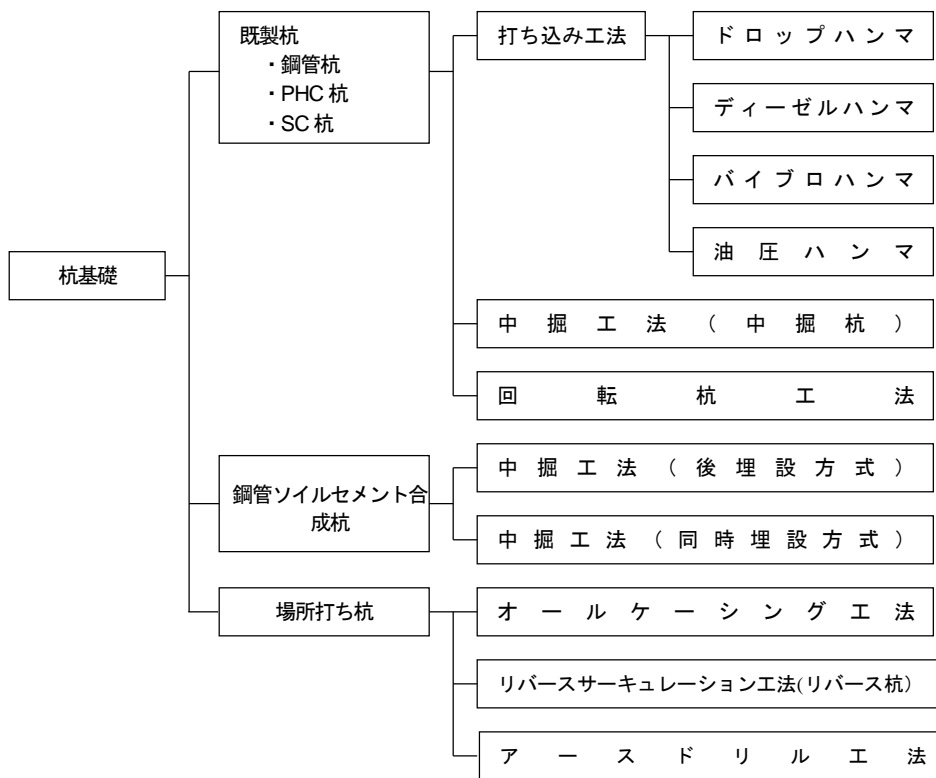


図 2-55 杭基礎の工法

【補足】
鋼管ソイルセメント合成杭とは地盤中に造成したソイルセメント柱のなかに、表面にリブの付いた鋼管を挿入して合成杭を築造する工法。場所打ち杭に比較して排土量を低減出来る、鋼管杭より剛性が高い等の利点がある。



後埋設方式は、ソイルセメント柱を造成した後に鋼管を立て込む方式。同時埋設方式は、先行掘削を行わないで、掘削と同時に鋼管を埋設する方式。
後埋設方式に適合する条件
 ・残土処理が困難
 ・施工ヤードが広い
 ・杭本数が多い等
同時埋設方式に適合する条件
 ・残土処理が容易
 ・施工ヤードが狭い等
 後埋設方式は、残土を極力減らすために開発された。

(2) 形式の選定

- 基礎形式の選定にあたっては、上部構造条件、地盤条件、施工条件等を十分調査検討のうえ、最も安全で経済的な形式とする。
- 一基の基礎には、異種の基礎形式を併用しないのを原則とする。
- 杭基礎は支持杭を原則とする。

形式の選定にあたって検討すべき主な項目、手順、選定にあたっての注意事項は以下のとおりである。

【検討項目】

上部構造条件	: 形式・規模・許容変位量
地盤条件	: 地形・地質・地下水・地盤変動
施工条件	: 既設構造物への影響・締切工・輸送・迂回路・騒音・振動等の規制・用地・作業ヤード(借地)・安全性
工期・工費	: 施工時期・経済性

【一般的な選定の手順】

- 架橋地点の種々の条件より、施工可能な基礎形式を選定する(複数の選定表を参考にする)。
- 選定された基礎形式について、上部構造も含めた工費比較を行う。
- 優劣が判断できない場合は、施工性、安全性および完成後の信頼度により決定する。

【選定にあたっての注意事項】

- 杭基礎については、支持層の傾斜や中間層の打抜き可否により、杭材料・杭径・場所打ち杭の掘削工法等は適用が制限される。
- 杭基礎とケーソン基礎は選定時に競合する面が多いが、ケーソン基礎は一般的に工費が高いため、流水の多い河川、河床低下や洗掘の恐れがある河川、玉石・軽石が多い場合、荷重規模が大きい場合等に採用するのがよい。
- 軟弱粘性土層のすべりや砂質土層の液状化等、地盤の変状が生じる可能性がある埋立地盤や沖積地盤上では、水平剛性の高い基礎を選定したり、多点固定方式やラーメン形式等の不静定次数が高い構造系を採用するのがよい。
- 連続桁橋などの連続した上部構造を支持する下部構造の基礎は、同一の基礎形式とするのが望ましい。
- 斜面安定対策で想定する斜面崩壊等の範囲に係わるような条件において組杭深礎基礎を適用する場合には、抵抗特性の優れた形状とする設計上の配慮として、橋軸方向・橋軸直角方向のどちらにも複数列となる組杭構造とするのがよい。

【補足】

同一の橋脚基礎に場所打ち杭と鋼管杭が混在しているような状態の基礎では永続作用では異種基礎の変形量が異なり、変動作用においては耐力が異なるため一基の基礎として評価出来ない。ただし、補強設計においては例外である

(【出典】H29 道示IV 8.4)

摩擦杭として計画する場合は、杭種を場所打ち杭工法とし、以下の条件を満足した場合に採用できる。

- ① 著しい地盤沈下が生じないことおよび将来とも予想されないこと
- ② 杭の根入れ長が杭径の25倍(杭径1m以上の杭については25m)程度以上あること
- ③ 粘性土地盤においては、杭の根入れ長の1/3以上が過圧密地盤に根入れされていること

【出典】

H29 道示IV14.4, p-445

2.5. 設計一般

2.5.1. 道路橋示方書の主な改定内容

H29 道示では、生産性向上と良質で長寿命な道路橋を実現するための設計の枠組みが検討された。そして、性能の検証体系と方法が一新され、橋の性能を達成させるための様々な方法に対して多角的に性能を検証する体系が充実した。

主な改定内容

①多様な構造や新技術に対応する設計手法の導入

- 橋の安全性や性能に対しきめ細やかな設計が可能な設計手法として「部分係数設計法」及び「限界状態設計法」を導入

部分係数設計法 ・係数の細分化による合理的な安全率の設定

限界状態設計法 ・部材単位中心から橋全体の安全性評価に重点化

・使用限界状態に加え、終局限界状態の安全性評価

②長寿命化を合理的に実現するための規定の充実

- 設計供用期間 100 年を標準とし、点検頻度や手法、補修や部材交換方法等、維持管理の方法を設計時点で考慮

- 耐久性確保の具体的方法（基本構造、追加の対策等）を規定

③その他の改定

- ロッキング橋脚、斜面崩壊等、熊本地震を踏まえた対応や溶接不良の各対策を規定

2.5.2. 設計の基本方針

設計にあたっては、橋の耐荷性能、橋の耐久性能、その他使用目的との整合性の観点から橋の性能を適切に設定し、これらを満足させなければならない。

【参考】

H29 道示 I 1.8.1, p-16

表 2-5 橋に求められる性能

橋に求められる性能		性能の確認方法
橋の耐荷性能	作用に対する安全性の水準であり、設計供用期間に想定される状況に対して、橋の各部材があるべき状態を所要の確からしさと確保する性能	作用の組合せに対し部材の耐荷性能が各限界状態を超えていないことを照査 [照査式] $\frac{\sum S_i (\gamma_{pi} \gamma_{qi} P_i)}{\text{作用に対する橋の状況}} \leq \xi 1 \xi 2 \phi R (f_c \Delta c)$ 限界状態(制限値)
橋の耐久性能	設計供用期間に対して、材料の経年的な劣化が橋の耐荷性能に影響を及ぼさない状態を所要の確からしさと確保する性能	橋の耐荷性能が設計供用期間末まで確保させるための照査および性能確保 a) 鋼およびコンクリートの疲労照査 b) 塩害に対する鋼材応力度の照査 c) 防せい防食に対する処置 など
その他の性能	橋の使用性（通行の安全性や快適性）や橋の存在が周辺環境に与える影響等、耐荷性能と耐久性能に区分しづらいもの。上部構造のたわみに対する設計がこれに該当する。	橋の使用性と呼ばれる通行の安全性や快適性に関する照査 a) たわみの照査 b) 防護柵への衝突を考える場合の照査 c) 落橋防止構造の強度照査 など

2.5.3. 橋の耐荷性能に関する基本事項

(1) 橋の耐荷性能の設計において考慮する状況の区分

設計にあたっては、1)から3)の異なる3種類の状況を考慮する。

- 1) 永続作用による影響が支配的な状況（永続作用支配状況）
- 2) 変動作用による影響が支配的な状況（変動作用支配状況）
- 3) 偶発作用による影響が支配的な状況（偶発作用支配状況）

【参考】

H29 道示 I 2.1, p-33

表 2-6 作用の区分の観点

作用の区分	作用の頻度や特性	例
永続作用	常時又は高い頻度で生じ、時間的変動がある場合にもその変動幅は平均値に比較し小さい。	構造物の自重、プレストレス、環境作用等
変動作用	しばしば発生し、その大きさの変動が平均値に比べて無視できず、かつ変化が偏りを有していない。	自動車、風、温度変化、雪、地震動等
偶発作用	極めて稀にしか発生せず、発生頻度などを統計的に考慮したり発生に関する予測が困難である作用。ただし、一旦生じると橋に及ぼす影響が甚大となり得ることから社会的に無視できない。	衝突、最大級地震動等

(2) 橋の耐荷性能

橋の耐荷性能は、道路ネットワークにおける路線の位置づけや代替性、架橋位置や交差条件との関係等を勘案し、橋の耐荷性能1又は2とする。

- 耐震設計上の重要度がA種の橋：耐荷性能1
- 耐震設計上の重要度がB種の橋：耐荷性能2

【参考】

H29 道示 I 2.3,

p-37~40

H29 道示V 2.1, p-11

耐震設計上の橋の重要度は、地震後における橋の社会的役割及び地域の防災計画上の位置付けを考慮して、表 2-7 に示すように重要度が標準的な橋（A種の橋）と重要度が高い橋（B種の橋）の2つに区分する。

表 2-7 耐震設計上の橋の重要度の区分

耐震設計上の橋の重要度の区分	対象となる橋
A種の橋	下記以外の橋
B種の橋	・一般国道の橋 ・県道、市町村道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋

橋の耐荷性能1, 2は、表 2-8 に示す所要の信頼性を満足する性能となる。

橋の耐荷性能1も2も、永続作用や変動作用が支配的な状況においては、致命的な状態に対して十分な安全性を確保しつつ、損傷が生じておらず、橋の機能が損なわれていない状態であることを求めている。

偶発作用が支配的な状態においては、許容される橋や部材の状態や耐荷機構が、永続作用や変動作用が支配的な状態と異なってもよい。一般的に想定される例には次のようなものが挙げられる。

橋の耐荷性能 1

設計供用期間中の任意の時点において、橋として荷重を支持する能力に影響を及ぼすような損傷は生じないが、大規模な地震など偶発的な事象に対しては、落橋などの致命的な状態でない範囲での損傷も生じる

橋の耐荷性能 2

設計供用期間中の任意の時点において、橋として荷重を支持する能力に影響を及ぼすような損傷は生じず、かつ大規模な地震など偶発的な事象に対しても、当該状況において橋に求める機能を確保することができ、あらかじめ想定する荷重支持能力の低下の範囲の損傷に留まる

表 2-8 橋の耐荷性能

(a)橋の耐荷性能 1

状態 (2.2) 状況 (2.1)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの橋の状態
	橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状況	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状況	
永続作用や変動作用が支配的な状況	状態を所要の信頼性で実現する。		所要の安全性を確保する。
偶発作用が支配的な状況			所要の安全性を確保する。

(b)橋の耐荷性能 2

状態 (2.2) 状況 (2.1)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの橋の状態
	橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状況	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状況	
永続作用や変動作用が支配的な状況	状態を所要の信頼性で実現する。		所要の安全性を確保する。
偶発作用が支配的な状況		状態を所要の信頼性で実現する。	所要の安全性を確保する。

2.5.4. 橋の限界状態

橋の限界状態として、橋としての荷重を支持する能力に関わる観点及び橋の構造安全性の観点から橋の限界状態 1 から 3 を設定する。

橋の限界状態 1

橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない限界の状態

橋の限界状態 2

部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある限界の状態

橋の限界状態 3

これを超えると構造安全性が失われる限界の状態

【参考】

H29 道示 I 4.1, p-61

表 2-9 上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態

上部構造、下部構造、 上下部接続部の 限界状態 1	部分的にも荷重を支持する能力の低下が生じておらず、耐荷力の観点からは特別の注意無く使用できる限界の状態
上部構造、下部構造、 上下部接続部の 限界状態 2	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているものの限定的であり、耐荷力の観点からはあらかじめ想定する範囲にあり、かつ特別な注意のもとで使用できる限界の状態
上部構造、下部構造、 上下部接続部の 限界状態 3	これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態

表 2-10 部材等の限界状態

部材の限界状態 1	部材等としての荷重を支持する能力が確保されている限界の状態
部材の限界状態 2	部材等としての荷重を支持する能力は低下しているもののあらかじめ想定する能力の範囲にある限界の状態
部材の限界状態 3	これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態

2.5.5. 橋の耐久性能に関する基本事項

部材等の設計耐久期間に対して所要の耐久性を確保するための方法は、以下の方法 1 から 3 のいずれかに区分し、補修、更新等の想定される維持管理を適切に設計に反映する。

方法 1

設計耐久期間内における材料の機械的性質や力学的特性等の経年変化を前提とし、これを定量的に評価した断面とすることで、その期間内における当該部材等の耐荷性能に影響を及ぼさないようにする方法

方法 2

設計耐久期間内における材料の機械的性質や力学的特性等の経年変化を前提とし、当該部材等の断面には影響を及ぼさない対策の追加等の別途の手段を付加的に講じることで、その期間内における当該部材等の耐荷性能に影響を及ぼさないようにする方法

方法 3

設計耐久期間内における材料の機械的性質や力学的特性等に及ぼす経年の影響が現れる可能性がないか、無視できるほど小さいものとするすることで、当該部材等の耐荷性能に影響を及ぼさないようにする方法

【参考】

H29 道示 I 6.2, p-87

表 2-11 橋の耐久性能の照査

最低限考慮する耐久性能	耐久性能の照査及び性能確保の方法		
鋼部材及びコンクリート部材の疲労	鋼部材	<ul style="list-style-type: none"> ・ H24 道示の疲労照査と同じ ※疲労照査に係数等の部分係数は用いない ※照査に用いる疲労設計用荷重は「F 荷重」と呼ぶ ※溶接継手の一部形式分類の見直しをしている 	
	コンクリート部材	床版	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最小全厚の確保 ・ 疲労に対する照査の曲げモーメントによる応力度が制限値以下であることを確認 ※作用には荷重係数等を乗じない D+PS ※合成桁としての床版はこの照査を満足すれば良い
		床版以外	<ul style="list-style-type: none"> ・ 荷重係数を考慮した作用に対する応力度等が制限値以下であることを確認 ※作用には荷重係数等を考慮する 1. 0 (D+L+PS+CR+SH+E+HP+U)
鋼材の防食	鋼部材	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐候性鋼材の選択や塗装等による防食 	
	コンクリート部材	<ul style="list-style-type: none"> ・ 規定かぶりの確保による内部鋼材の防食 ・ 内部鋼材の腐食に対する床版の曲げモーメントに対し、制限値以下であることを確認 ※床版の作用には荷重係数等を考慮しない D ※コンクリート部材の作用には荷重係数等を考慮する 1. 0 × 1. 05 × D 	

2.5.6. 橋の使用目的との整合性を満足するために必要なその他検討

橋の使用目的との適合性の観点から必要な性能を満足させるためには、1)及び2)について必要な検討を実施する。なお、検討にあたっては目的や構造の特性を考慮し、適切に設計に反映させる。

1)橋の損傷の発生が第三者に影響を及ぼす可能性の程度

2)振動や騒音等が発生する可能性、又は、発生した際に橋の通行者や周辺環境に及ぼす影響の程度

【参考】
H29 道示 I 7.1, p-90

表 2-12 その他の検討

項目	確認方法
上部構造のたわみの照査 [鋼上部工]	「H29 道示 II 3. 8. 2 たわみ」の照査により照査する <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃の影響は含まない活荷重によるたわみ ・ 荷重係数等を乗じない活荷重の特性値を用いて算出したたわみ
橋梁防護柵に作用する衝突荷重に対する照査	「H29 道示 II 11. 12, III 9. 6」により照査する <ul style="list-style-type: none"> ・ 作用の組合せ 1. 0 (D+L+PS+CR+SH+E+HP+U+GD+SD+CO) ※耐荷性能の照査ではないが荷重係数 1. 0 を考慮 ・ 床版 RC 床版：降伏曲げ耐力に対する照査 鋼床版：耐荷性能の照査に用いる制限値
上下部接続部に支承を用いるときに設置するフェールセーフの設計	落橋防止構造の照査等
風の動的な影響に対する照査	必要に応じて照査

2.5.7. 作用の特性値

(1) 作用の種類

設計で考慮する状況を設定するための作用として、以下に示す荷重又は影響を考慮する。

表 2-13 作用特性の分類

	永続作用	変動作用	偶発作用
1)死荷重(D)	○		
2)活荷重(L)		○	
3)衝撃の影響(I)		○	
4)プレストレス力(PS)	○		
5)コンクリートのクリープの影響(CR)	○		
6)コンクリートの乾燥収縮の影響(SH)	○		
7)土圧(E)	○	○	
8)水圧(HP)	(○)※	○	
9)浮力又は揚圧力(U)	(○)※	○	
10)温度変化の影響(TH)		○	
11)温度差の影響(TF)		○	
12)雪荷重(SW)		○	
13)地盤変動の影響(GD)	○		
14)支点移動の影響(SD)	○		
15)遠心荷重(CF)		○	
16)制動荷重(BK)		○	
17)風荷重(WS, WL)		○	
18)波圧(WP)		○	
19)地震の影響(EQ)		○	○
20)衝突荷重(CO)			○

※設計供用期間中の水位の変動幅や橋への荷重効果としての変動幅によっては、永続作用として扱うこともあり得る。

(2) 作用の組合せ

作用の組合せに対して、表 2-14 の組合せ係数及び荷重係数を考慮する。

ここに、

γ_p : 荷重組合せ係数であり、異なる作用の同時載荷状況に応じて、設計で考慮する作用の規模の補正を行うための係数。

γ_q : 荷重係数であり、作用の特性値に対するばらつきに応じて、設計で考慮する作用の規模の補正を行うための係数。

なお、活荷重に対する衝撃の影響(I)を考慮するにあたって、衝撃の影響(I)には荷重組合せ係数 γ_p 及び荷重係数 γ_q を乗じる必要はない。

【参考】

H29 道示 I

表解 3.1.1, p-43

【補足】

地震の影響は、以下を適切に設定しなければならない。

・変動作用

橋の設計供用期間中にしばしば発生する地震動による影響（レベル1地震動）

・偶発作用

橋の供用期間中に発生することは極めて稀であるが一旦生じると橋に及ぼす影響が甚大であると考えられる地震動（レベル2地震動）

【参考】

H29 道示 I 3.3, p-47~60

表 2-14 作用の組合せに対する荷重組合せ係数及び荷重係数

【参考】

H29 道示 I 表.3.3.1,
p-49

(3) 死荷重

1) 死荷重の算出は、表 2-15 に示す単位体積重量を用いるものとする。

表 2-15 材料の単位体積重量(kN/m³)

材 料	単位重量	材 料	単位重量
鋼・铸鋼・鍛鋼	77.0	コンクリート	23.0
铸铁	71.0	セメントモルタル	21.0
アルミニウム	27.5	木材	8.0
鉄筋コンクリート	24.5	歴青材 (防水用)	11.0
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm ² 以下)	24.5	アスファルト舗装	22.5
プレストレスを導入するコンクリート (設計基準強度 60N/mm ² 超え 80N/mm ² まで)	25.0		

2) 遮音壁

遮音壁の荷重については、形式や大きさが決まっている場合は、実状にあった荷重を採用する。遮音壁の形状が未決定の場合は、笠木付 W=2.1kN/m, H=4.1m(路面から 5.0m)の荷重を見込んでおくものとする。

3) 落下物防止柵

落下物防止柵の荷重は路面からの高さにより表 2-16 に示す重量を考慮する。なお想定している落下物防止柵は剛性防護柵の天端あるいは外面に取付けるタイプであり、交差物件との協議により、これによりがたい場合は別途考慮する。

表 2-16 落下物防止柵

路面からの高さ (m) (取り付け方法)	W (kN/m)	備 考
H=2.0 (天端取り付けタイプ)	0.2	道路・民家を跨道する場合
H=3.0 (外面取り付けタイプ)	1.7	新幹線以外の鉄道を跨線する場合
H=3.8 (外面取り付けタイプ)	2.0	新幹線を跨線する場合

4) 検査路

維持管理上の必要性により検査路を取付ける場合は、1列当たり重量は W=1.0kN/m とする。

5) 高欄・車両用防護柵

標準的な高欄、車両用防護柵は W=0.5 kN/m² を標準とする。ただし、実状がそれ以上の場合には別途算出する。使用種別は「本要領 VI. 3.」によるものとする。

6) 鋼箱桁埋設床版型柵(W=0.5 kN/m²)7) 合成桁橋におけるコンクリート床版型柵(W=1.0 kN/m²)

8) 添架物

電信電話・水道・電力・ガスなどの占有物件の橋梁添架重量は、取付金具重量を含め、占有者と調整するものとする(「道路占有事務必携 I」参照)。

(4) 活荷重の載荷方法

中央分離帯が橋面上にある場合、活荷重(L 荷重)は次のように載荷させるものとする。

1) 上下線一体橋梁の場合

中央分離帯には活荷重は載荷させないこととし、図 2-56 に示すように、主載荷荷重幅を上下線で合計 5.5m とする。

主載荷荷重幅 5.5m は分割が可能なものとし、対象点または部材に最も不利となるように載荷する。

【参考】

H29 道示 I 8.1, p-92

【参考】

道路局所管補助事務提要(平成9年度版), p-433

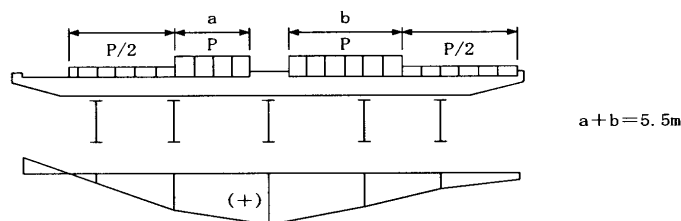


図 2-56 上下線一体橋梁の活荷重載荷方法

また、上下線が完成時に一体となる橋梁の暫定供用箇所は、完成時の設計を行うほか、図 2-57 に示すとおり、床版の端部まで主載荷荷重を載荷させる等、対象とする点または部材にもっとも不利となるように載荷した場合についても検討する。

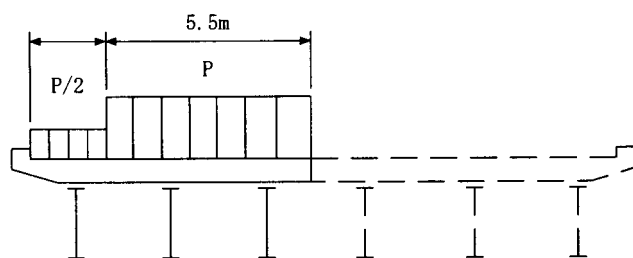


図 2-57 上下線一体橋梁(完成時)の暫定供用箇所の活荷重載荷方法

2) 上下線が分離された橋梁の場合

上下線が分離された橋梁では、主載荷荷重幅をそれぞれ 5.5m とする(図 2-58 参照)。

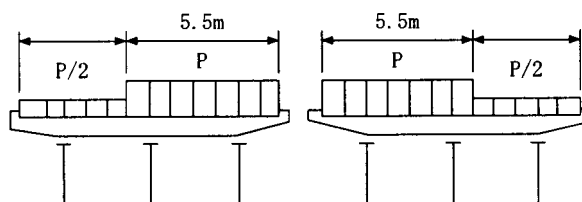


図 2-58 上下線分離橋梁の活荷重載荷方法

3) 活荷重の種類が異なる橋梁の場合

本線と側道が一体となる橋梁やマウントアップの分離帯を有する橋梁などで、A 活荷重と B 活荷重が混在する場合には、将来の橋梁の使われ方(載荷方法の変更)を考慮に入れて、すべて B 活荷重として載荷するものとする(図 2-59 参照)

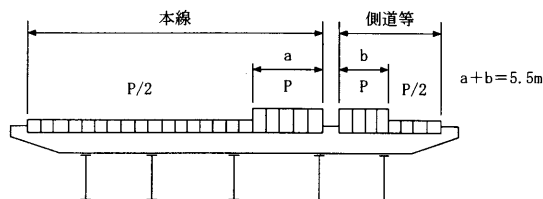


図 2-59 活荷重の種類が異なる場合の載荷方法

2.5.8. コンクリートおよび鉄筋の使用区分と重ね継手長

各構造物形式におけるコンクリートおよび鉄筋の使用区分と重ね継手長は表 2-17 を標準とする。

表 2-17 コンクリートおよび鉄筋の使用区分と重ね継手長

種別	区分	種別	コンクリート				鉄筋の種類	重ね継手長		備考
			設計基準強度 σ_{ck} (N/mm ²)	スラブ厚 (mm)	粗骨材の最大径 (mm)	セメントの種類		l_a ^{※2}		
コンクリート橋	鉄筋構造物	プレキャストのプレテンション桁の主桁 プレキャストセグメント工法による主桁 コンポ橋のPC板	50	12	25	単軸ポルトランドセメント	SD345	25φ以上10mmラウンド(25.0φ)	$l_a=200(4 \times 2.00) \cdot \phi = 25.0 \phi$	
		プレキャストのポストテンション桁の主桁 張出し架設・押し出し架設工法を行う場所打ちポストテンション桁	40	12	25	〃	〃	〃		
		張出し・押し出し架設工法を行う場所打ちポストテンション桁	40	12	25	〃	〃	25φ(25.0φ)		
		支保工施工の場所打ちポストテンション桁 連続合成桁の一次床版	36	12	25	〃	〃	30φ(26.0φ)	$l_a=200(4 \times 1.92) \cdot \phi = 26.0 \phi$	
		プレキャストのポストテンション桁の横桁、床版場所打ち部 プレキャストのプレテンション桁の横桁、床版場所打ち部 連続桁の連結部	30	12	25	〃	〃	30φ(27.8φ)	$l_a=200(4 \times 1.80) \cdot \phi = 27.8 \phi$	
		RC床版橋・RC中空床版橋・合成桁のRC床版 連続合成桁の二次床版・壁高欄	24	12	25	普通ポルトランドセメント(高炉セメント) ^{※3}	〃	35φ(31.3φ)	$l_a=200(4 \times 1.60) \cdot \phi = 31.3 \phi$	
		地覆(プレキャスト桁)	24	12	25	〃	〃	31.3φ以上10mmラウンド(31.3φ)		
		地覆(場所打ち桁)	24	12	25	〃	〃	35φ(31.3φ)		
		RC床版・壁高欄	24 ^{※4}	12	25	〃	〃	10mmラウンド		
		地覆	24	12	25	〃	〃	〃		
下部構造	鉄筋	重力式以外の橋台・橋脚・踏掛版・壁高欄	24	12	25	高炉セメント	SD345	主鉄筋 35φ(31.3φ) 帯鉄筋 35φ(31.9φ)	橋台・踏掛版・壁高欄の配筋は高強度鉄筋の使用は主鉄筋のみ $l_a=230(4 \times 1.80) = 31.9 \phi$ $l_a=290(4 \times 1.80) = 40.3 \phi$	
		重力式以外の橋台・橋脚(高強度鉄筋の場合)	30	12	25	〃	SD390	主鉄筋 35φ(31.9φ)		
		重力式以外の橋台・橋脚(高強度鉄筋の場合)	30	12	25	〃	SD490	主鉄筋 45φ(40.3φ)		
		地覆	24	12	25	〃	SD345	35φ(31.3φ)	$l_a=200(4 \times 1.60) \cdot \phi = 31.3 \phi$	
	無筋	重力式橋台	18	8	40	〃	—	—		
均しコンクリート	18	8	40	〃	—	—	—			
基礎	鉄筋構造物	場所打ち杭 水中：オールケーシング杭、リバース杭	24(30) ^{※1}	18	25	〃	SD345	主鉄筋 45φ(41.7φ) 帯鉄筋 40φ	$l_a=200(4 \times 1.20) \cdot \phi = 41.7 \phi$	
		場所打ち杭 大気中：深礎工(杭径<5m)	24	12	25	〃	〃	主鉄筋 35φ(31.3φ) 帯鉄筋 40.0φ	$l_a=200(4 \times 1.60) \cdot \phi = 31.3 \phi$	
		場所打ち杭 大気中：深礎工(杭径≥5m)	24	12	25	〃	〃	主鉄筋 35φ(31.3φ) 帯鉄筋 40.0φ	$l_a=200(4 \times 1.60) \cdot \phi = 31.3 \phi$	
		ケーソン						主鉄筋 35φ(31.3φ) 帯鉄筋 40.0φ		

※1) () は呼び強度を表す

※2) 重ね継手長は5.0φラウンドに切上げる(φは対象とする鉄筋の呼び径で、()内はラウンド前の数値)

※3) 凍結防止剤を多量に散布する地域においては、コンクリートへの塩分浸透を表層部分で遮断し、内部への拡散抑制をに効果のある高炉セメントを使用してもよい。

※4) 床版コンクリートと鋼桁との合成作用を考慮した設計の場合、27N/mm²となる。

【出典】

土木工事共通仕様書 R3.4
レディミクストコンクリート取扱基準

【補足】

重ね継手長の算出方法
 $l_a = \sigma_{sa} / 4 \tau_{ca} \cdot \phi$

l_a : 付着強度より算出する重ね継手長(mm)
 σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度(N/mm²)
 τ_{ca} : コンクリートの許容付着応力度(N/mm²)
 ϕ : 鉄筋の直径(mm)

なお、数値の丸めは、下部構造については5φラウンドを標準とし、上部構造では10mmラウンドを標準とする。

【補足】

高炉セメントは高炉スラグを混ぜた「混合セメント」であり、グリーン購入法に指定されている。また、硬化したコンクリートが緻密となるため、水密性、化学抵抗性、塩化物遮蔽性など耐久性に優れている。しかし、水酸化カルシウムの保有がポルトランドセメントより少ないため、中性化に対する抵抗性は低くなる。そのため、水密性の要求される箇所では高炉セメント、排気ガス等の影響による中性化が懸念される箇所では普通ポルトランドセメントというように、特徴に合わせた使い分けがされている。

3. 橋梁計画のための調査

3.1. 調査の基本方針

橋の適切な計画，設計，施工，維持管理を行うために，橋の建設予定地点の状況，構造物の規模や重要度等に応じて，工学的に必要な項目，精度，内容を有する調査を行わなければならない。

調査の種類を表 3-1 に示す。

表 3-1 調査の種類

調査の種類	調査内容	調査目的
1. 地形調査	地形図の作成	架橋位置、橋長、支間割、施工計画
2. 地質調査	地史・地質資料集崇 地質図作成 物理探査	同上 支持層の選定
3. 交差物調査	交差道路、鉄道等の建築限界、標高、埋設物、添架物等の現状および将来計画の調査 地下埋設物、架空交差物の調査	橋長、支間割、桁下高、施工方法等の選定
4. 河川調査	河川横断形状、流量、流速、高水位。低水位、流心方向、河川勾配等の現状および将来計画の調査 船舶航行の調査	支間割、桁下高、橋脚形状、基礎根入れ深さ、施工時期・方法の選定 衝突荷重の選定
5. 海・湖沼の調査	潮位、波高、潮流の調査 航行船舶の調査	計画高、支間割、桁下高、施工時期・方法の選定、衝突荷重の選定
6. 土質調査	ボーリング、標準貫入試験、孔内水平載荷試験、土質試験、地下水位計測 テストピット 平板載荷試験	地盤物性の把握 (N 値、単位重量、せん断抵抗角、粘着力、変形係数等)、支持層の選定、支持力の選定。施工方法の選定
7. 地震調査	地震記録、震災記録の調査 地盤常時微振動測定 耐震設計上の地盤面 活断層位置の調査	耐震設計
8. 気象調査	気象観測記録の調査 (風向、風速、温度、降水量、天候、飛来塩分等)	温度変化量、耐風設計、雪荷重の決定材料、施工時期・方法の選定 塩害対策
9. 橋梁添架物の調査	架橋位置における既設埋設物の調査 上下水道、電力、通信等の新設計画	添架物の位置、寸法、荷重等の決定
10. 腐食調査	既設構造物の腐食調査 有機物、pH 調査、塗料暴露試験	材料、腐食しろ、防錆方法の選定
11. 材料調査	コンクリート骨材等の品質、量の調査	材料選定
12. 施工調査	工事用進入路、施工ヤード等も調査	工事用道路計画、施工方法等の選定

3.2. 調査の手順

橋梁を計画するにあたって，必要な調査を適切な段階で実施しなければならない。

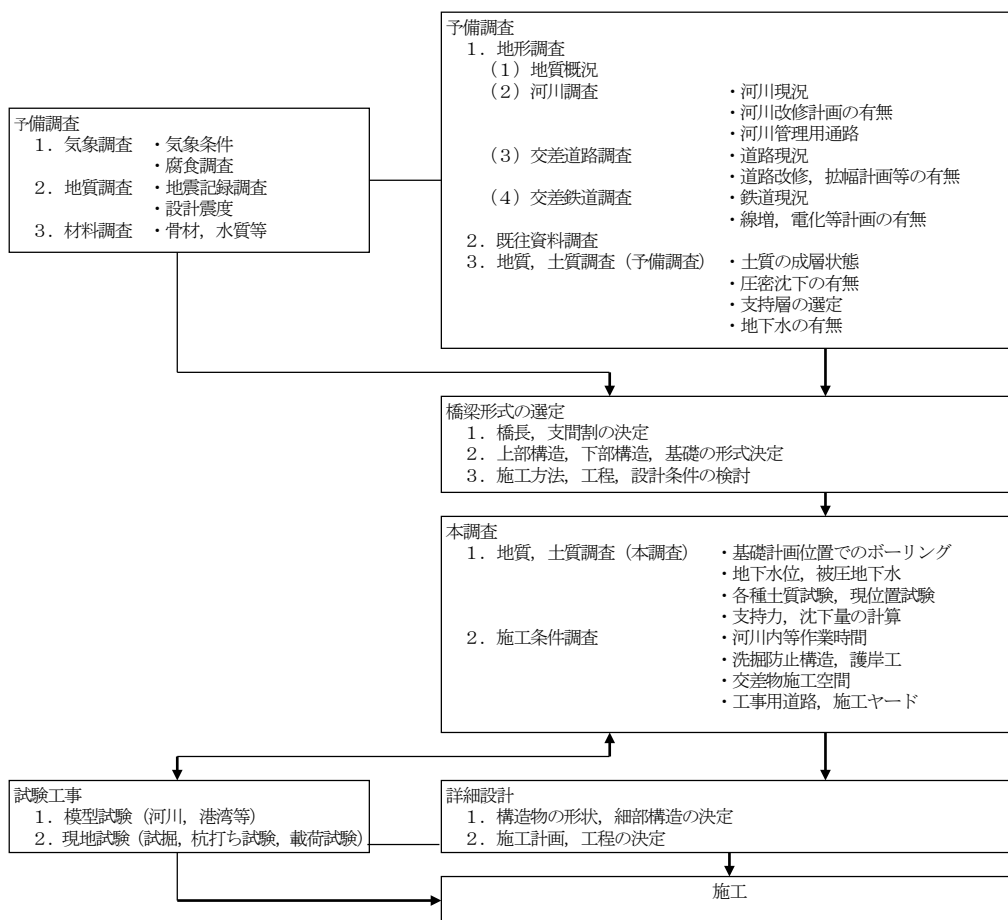
橋梁を計画するにあたって，調査は大きく予備調査と本調査に分かれる。計画，設計，施工の各段階における調査の位置付けを系統図を図 3-1 に示す。

【参考】

H29 道示 I, p-13

【出典】

『橋梁工学ハンドブック』
編集委員会、
橋梁工学ハンドブック、
2004.4, p-18



【参考】
『橋梁工学ハンドブック』
編集委員会、
橋梁工学ハンドブック、
2004.4、p-19

図 3-1 調査系統図

3.3. 地形の調査

予備設計においても、地形状況によって橋長・径間長に影響がある場合は、詳細設計と同一精度の地形調査が必要である。

地形調査は次の調査項目からなる。

- a) 地形測量
- b) 基準点測量
- c) 平板測量
- d) 路線測量(中心線測量・縦断測量・横断測量)
- e) (深淺測量等)

また、地形調査において下記の事項に注意する。

- 測量の範囲や測線の位置については、地形を考慮して的確に選定することが重要である。
- 関連する施設(例：河川、鉄道)などの現況および計画の座標と連結した基準点とすることが望ましい。
- 橋軸直角方向の横断測量の位置については、下部構造の設計精度を高めるため橋台・橋脚位置が確定した段階で再度実施することが望ましい。
- 比較的縦断勾配が急な河川(砂防)を横架する場合や山岳部に架橋する場合には、橋軸方向に左側端部、中央部、右側端部の各々の位置での測線で測量を実施することが望ましい。
- 仮設ヤード・製作ヤード・工事用道路などを計画する場合にも必要となるので、架橋位置のみならず

これらの付帯施設計画や架橋位置付近の河川の流況など関連する交差物の状況を知るために必要な範囲を選定する必要がある。

表 3-2 山岳部の橋梁における地形調査（例）

費目	工種	種別	規格	単位	数量	備考
測量および試験費	基準点測量	4級		点	50	
	平板測量		縮尺：1/250	千m ²	80	
	路線測量	縦断測量		km	0.50	
		縦断測量		km	0.30	工事用道路新設用
		横断測量	測量幅 75m 以下 測量間隔 20m	km	0.16	橋軸直角方向 2 測線／基 8 測線
		横断測量	測量幅 45m 以下 測量間隔 20m	km	0.16	橋軸方向 2 測線／基 8 測線(左右端)
		横断測量	測量幅 45m 以下 測量間隔 20m	km	0.30	工事用道路新設用

3.4. 地盤の調査

(1) 一般

地盤の調査は、下部構造の設計に適切かつ十分な情報が得られるように計画的に行うものとし、現地

【参考】 H29 道示IV2.4,

p-13

の状況を系統的かつ効率的に知るために、設計の進捗に合わせて予備調査と本調査に分けて行うのがよい。

(2) 予備調査

予備調査は、架橋地点の地盤を構成する地層の性状の概要を把握し、基礎形式の選定、予備設計、本調査の計画等に必要な資料を得るために行うことを原則とする。

基礎構造物の設計にあたって最も重要となるのは、地盤の構成やその力学特性を明らかにすることである。このため、計画予定地における既往資料などにより可能な限り支持層を予測した上でボーリング調査を実施し地質状況の概略を明らかにする。

1) 資料調査

対象となる地区の地形や地盤の構成の概略状況を既存の地盤調査資料あるいは地形図、航空写真等を通して確認するものである。したがって、資料の調査は、予備調査の最初に行い、大略の土層構成を明確にし、他の調査に反映させるように努めるのがよい。

2) 現地踏査

地表で見られる岩石や土層の状態から地下の地質を判断する一連の野外作業である。すなわち、調査区域の河床や道路に沿って踏査して露頭等を観察しながら路線踏査図を作り、その間を埋めて平面的な調査区域について地質図を作るものである。また、地形を観察し、地すべり等の発生の有無、施工上の障害または問題となる地形・地質の有無を調べる。

3) 物理探査

物理探査には多くの方法があるが、予備調査では弾性波探査で基盤の深さや風化、亀裂の程度、音波探査では海底面の地系統を調べることがある。また、耐震設計上の地盤種別を区別するために必要なせん断弾性波速度 V_{shd} は、弾性波探査によって推定するのが望ましいが、実測値がない場合は、N 値から推定してもよい。

【補足】

物理探査とは、地表面下に存在する岩石や土壌などの物性値を地球物理学的な手法で観測し、地下の状態を推定する技術をいう。

弾性波探査とは、地下を伝わる弾性波が物性(主にP波速度、S波速度および密度)の異なる境界で屈折や反射などの現象を生じることが利用して、地下構造を調査するための手法をいう。

- 4) ボーリング、試掘等による調査
- a) 地盤の成層状態や地下水の有無を調べるとともに、サウンディング(標準貫入試験)やその他の原位試験を併用して支持層の選定を行う。

予備設計の段階では、一般に基礎の位置が決定されていないため、架橋位置の地盤条件をマクロ的に把握できる箇所調査を行うことが基本である。ただし、予備調査でのボーリングデータが詳細設計の際に無駄にならないように、橋台や橋脚位置をある程度想定しておくことが必要である。ボーリング調査箇所の目安を表 3-3 に示す。

表 3-3 予備調査における数量の目安

対象地形	ボーリング箇所の目安
低 地	橋梁区間の起終点(両橋台部)各 1 箇所および 100~200m に 1 箇所
台地・丘陵地	橋梁区間の起終点(両橋台部)各 1 箇所および 50~100m に 1 箇所
山 岳 地	橋梁区間の起終点(両橋台部)各 1 箇所および 50m に 1 箇所

- b) ボーリングの深さは、良質な支持層を確認する深さまで行う必要がある。良質な支持層とは、岩盤、N 値 30 程度以上の砂礫・砂層、および N 値 20 程度以上の粘性土層を指す。支持層以深の層が沈下するおそれのある場合には、これを確認する必要がある。根入れ深さは想定する基礎形式によって異なるためこれを考慮してボーリング深さを決定する。支持層確認後の掘削長の目安を表 3-4 に示す。

表 3-4 予備調査における支持層確認後の掘削長の目安

支持層が確認された深さ	支持層確認後の掘削長 (m)		
	土砂	岩盤	
		軟岩 (CL 級又は D 級(N 値 50 以上))	硬岩 (CM 級以上)
地表から 5m 未満	10	10	5
地表から 5m 以深	5	5	3

※本表は予備調査段階における掘進長の目安を示したものであり、その後の設計段階で改めて不足の有無を確認する必要がある。

(3) 本調査

本調査は、橋梁設計に必要な地盤条件や施工条件、設計に用いる地盤定数等を明らかにするために行う。予備調査よりさらに詳細に調査する必要があるものについて調査するものとする。

調査計画の立案は、橋梁形式、施工方法、現地状況を考慮して、調査項目、試験条件、調査する位置や深さ、数量等の計画を決定する。

調査は、橋台および橋脚の各位置において行うことを原則とし、地層の変化が複雑な場合は、調査地点を増加するのがよい(目安を表 3-5 に示す)。

- 幅員が広い場合
- 縦断、横断のいずれか又は両者の方向に地層の傾斜があると予想される場合
- 地形的に支持層の傾斜が予想される場合
- おぼれ谷の存在が予想される場合
- 既存資料等から不陸や凹凸の存在が予想される場合
- 近傍の橋に比べて支持層深度が大きく異なる場合

【補足】

標準貫入試験は地盤の固さを調べる地盤調査法の一つである。具体的方法は、重さ 63.5kg の重錘を 76cm 自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを打撃し、サンプラーが 30cm 地盤に貫入されるまでに要した打撃回数から地盤の固さを調べるものである。土質試験を採取できるので細かな土質判定ができ、大規模な構造物を建設する際、一般的に広く用いられる地盤調査法である。調査結果は、支持層の判定・土層区分などに利用される。

【出典】

表 3-3・表 3-4
道路協会、
杭基礎設計便覧、

【補足】

深礎基礎等、基礎形式やその深度によっては、表 3-4 に表す深さよりも深く確認することに留意する必要がある。

【補足】

孔内水平載荷試験とは、ボーリング孔内において孔壁をガス圧や油圧を利用して加圧し、そのときの圧力と孔壁の変位の関係から、地盤の変形係数、地盤反力係数、降伏圧力、極限圧力、静止土圧などの地盤の力学特性を求めるものである。ボーリング孔壁が崩壊しなければ、すべての土質、岩盤、深度に適用できる。測定結果は、ボーリング孔壁の仕上がり程度に影響を受けることがある。そのため、ボーリング孔壁の乱れを最小に押さえるトリマー方式やセルフボーリングタイプの試験装置が開発されている。

表 3-5 本調査におけるボーリング箇所の目安

		直接基礎	杭基礎	ケーソン基礎	鋼管矢板井筒基礎	深礎基礎
低地・台地	基盤平坦	A	A~B	A	A	A
	基盤傾斜	B~C	B	B~C	B	B
丘陵地	基盤平坦	A	A~B	A	—	A
	基盤傾斜	B~C	B	B~C	—	B
山岳地	基盤平坦	B	B	—	—	B
	基盤傾斜	C	B	—	—	C

(ただし、A：下部構造1基につき1点以上、B：1基につき2点以上、C：1基につき4隅の4点)

(4) 特殊な地層および条件下における調査

地盤変動等が考えられる場合には、検討に必要な情報が十分に得られるように、調査を行わなければならない。

1) 軟弱地盤の調査

a) 軟弱地盤の定義

軟弱地盤とは、特に定義付けされるものはないが、一般的に下記のような地盤のことである。

- 現状のままでは計画構造物の支持地盤になり得ない状態の地盤。
- 地盤の強度指数が低い地盤。例えば、N値で表現すれば、粘土層で $N \leq 3$ 、砂層で $N \leq 5$ 程度。一軸圧縮強度で表現すれば、 $0 < q_u < 100 \text{ kN/m}^2$ 程度。土層では非常に軟らかいまたは軟らかい状態、砂層では非常に緩い状態または緩い状態。
- 土質的には、泥炭などの有機質土、未固結の粘土やシルトなどの細粒物質、ゆるく堆積して締まっていない細粒の砂質土、なおかつ地下水で飽和されているような地盤。

b) 側方移動検討のための調査

軟弱地盤における橋台の側方移動は、橋台躯体部に作用する盛土土圧および基礎構造物に作用する流動圧に起因する。

側方移動の検討に必要な地盤情報は、D：軟弱層の層厚(m)、c：軟弱層の粘着力(kN/m^2)であり、その情報を得るための調査方法を表 3-6 に示す。

表 3-6 側方移動検討のための調査表

調査法		地盤情報	軟弱層厚	軟弱層の粘着力
調査ボーリング			○	○
サンプリング			—	○
サウンディング	標準貫入試験		○	△
	静的コーン貫入試験		△	○
	動的コーン貫入試験		△	○
土質調査	土粒子の密度試験		—	△
	含水比試験		—	△
	粒度試験		—	△
	液性・塑性限界試験		—	△
	湿潤密度試験		—	△
	一軸圧縮試験		—	○
	三軸圧縮試験		—	△
	圧密試験		—	△

○：必ず実施すべき事項

△：状況によって実施した方がよい項目

注) 一般的には、盛土部の沈下・安全検討のための調査との関連があるので、△を付した物理試験や圧密試験なども併せて実施する場合が多い。

【出典】

表 3-5
道路協会、
杭基礎設計便覧、
H19.1, p-348

【参考】

H29道示 IV8.6,
p-190~193

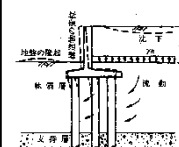
【補足】

側方移動とは、軟弱地盤上に設けられた橋台が、背面盛土の偏載荷重によって施工時または施工後に主として橋軸方向に大きな変位や傾斜を生じ、そのために種々の弊害を生ずる現象をいう。

側方移動が生じた橋台の被害形態帯として、沓の破損および沓座からの逸脱、伸縮装置の遊間異常や破損、パラベットと桁の密着とこれに起因するパラベットの破損等がある。

【補足】

側方移動の判定方法には、H29道示IV 8.6, NEXCO 第二集がある。



2) 耐震上問題となる土層の調査

地震時に液状化の可能性のある砂質土層や、支持力を期待できない軟弱な粘性土層・シルト質土層については、構造物基礎の耐震設計上重要な問題となるので以下の調査を行うものとする。

a) 耐震設計上の地盤面設定のための調査

試験値が下表の規定値以下の場合、地震時に基礎を有効に支持する作用が期待できない。そのためこのような土層をごく軟弱な粘性土層あるいはシルト質土層とみなし、その土質定数を耐震設計上零とした土層として無視する。

表 3-7 耐震設計上の地盤面設定のための調査(粘性土)

土質の種類	土質定数の取扱い	既定値	調査の種類
粘性土層 および シルト質土層	土質定数を 無視する土質	現地盤面から 3m 以内にあり、 かつ 一軸圧縮強度 q_u が 20kN/m^2 以下の層	乱れの少ない試料採取 一軸圧縮試験 (原位置(ベーン)試験等) 液性限界・塑性限界試験 湿潤密度試験・粒度試験 含水量試験 土粒子の湿潤密度試験

b) 耐震設計上の液状化判定のための調査

表 3-9 の既定値における 3 つの条件すべてに該当し、原則として沖積層の飽和砂質土層は地震時に液状化が生じる可能性がある。その場合耐震設計上、土質定数を低減させるものとする。

表 3-8 地形分類と液状化の可能性

区 分	地 盤
(A) 液状化する可能性が高い地域	現河道、旧河道、旧水面上の盛土地、埋め立て地
(B) 液状化する可能性がある地域	(A)、(C)に属さない沖積低地、地下水面の浅い台地
(C) 液状化する可能性が低い地域	地下水面の深い台地、丘陵、山地

表 3-9 耐震設計上の地盤面設定のための調査(砂質土)

土質の種類	土質定数の取扱い	既定値(道示V8.2.3)	調査の種類
砂質土 または 砂礫層	土質定数低減 の判定を要す る土質	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位が現地盤面から 10m 以内にあり、かつ現地盤面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層。 細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$、または、$F_c > 35\%$でも塑性指数 $I_p \leq 15\%$ の土層。 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ で、かつ $D_{10} \leq 1\text{mm}$ の土層。 	標準貫入試験・地下水位測定・粒度試験 液性限界・塑性限界試験 詳細調査・試験を実施する場合 土粒子の湿潤密度試験 乱れの少ない試料採取 繰返し三軸試験・湿潤密度試験

3) 設計水平震度設定のための調査

設計水平震度は耐震設計上の地盤種別より計算され、地盤種別は地盤の基本固有周期(T_G)により決められる。地盤の特性値を算出するには、下記の情報が必要である。

a) 地表面より基盤面までの各層の層厚

b) 各層のせん断弾性波速度の値

$$TG = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

H_i : i 番目の地層の厚さ (m)
 V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 (m/s)

地層の平均せん断弾性波速度の実績値がない場合は、粘性土層の場合および砂質土層の場合とも N

【参考】
H29 道示V3.5,
解説, p-66~68

【補足】
耐震設計上の地盤面とは常時における設計上の地盤面とする。ただし、フーチングを有する基礎において、常時における設計上の地盤面がフーチング下面より上方にある場合には、耐震設計上の地盤面はフーチング下面とする。また、地震時に地盤反力が期待できない土層がある場合には、その影響を考慮して適切に耐震設計上の地盤面を設定しなければならない。

【参考】 H29 道示V7.2,
p-161

【出典】 H29 道示IV
表解 2.4.1

値より計算する。

以上より調査方法としては、以下の2項目について行う。

- a)に対し調査ボーリングと標準貫入試験。
 - b)に対しては実測値を求める場合はPS 検層，N 値より計算にて求める場合は標準貫入試験。また、このとき基盤面とは、以下の土層を言う。
 - 粘性土層の場合はN 値が 25 以上の地層の上面
 - 砂質土層の場合はN 値が 50 以上の地層の上面
 - せん断弾性波速度が 300m/s 程度以上の地層の上面
- 4) 耐震設計のための調査

表 3-10 耐震設計のための調査

事 項	必要な情報	調査方法	備 考
耐震設計上の地盤設定のための調査	砂質土 1. 地層構成 2. 地下水位 3. N 値 4. 平均粒径 (D_{50}) 細粒分含有率 (F_c) 5. 単位体積重量 6. (動的せん断強度比)	・調査ボーリング ・水位測定 ・標準貫入試験 ・粒度試験 ・湿潤密度試験 ・(繰返し非排水三軸試験)	GL-20m 以浅の砂質土層が対象
	粘性土 一軸圧縮強さ (q_u)	・シンウォールサンプリング ・一軸圧縮試験 (参考として以下を併用する) ・静的コーン貫入試験	GL-3m 以浅の $q_u=20\text{kN/m}^2$ 以下の粘土・シルト層が対象
動的解析のための調査	1. 地盤から基礎までの地層構成	・調査ボーリング ・標準貫入試験	
	2. 各地層の層厚	・同上	
	3. 各地層のせん断弾性波速度 (V_s)	・標準貫入試験 (N 値) ・PS 検層	
	4. 各地層のせん断剛性率および減衰比のひずみ依存性($G, h \sim \gamma$)	・繰返し非排水三軸試験 ・(繰返しねじりせん断試験)	

5) 斜面崩壊等の調査

斜面崩壊等の発生が考えられる地形・地質がある場合は、下部構造の設置位置、下部構造の形式、支持層や設計上の地盤面の設定等について慎重に検討を行う必要がある。ここで、斜面崩壊等とは、丘陵及び山地部で発生する斜面崩壊、落石・岩盤崩壊、地すべり又は土石流を指している。

既往の被災事例の分析から、橋に影響を及ぼす斜面崩壊等のパターンは次の3つに大別される。斜面崩壊等に関する調査の計画にあたっては、これらの崩壊等のパターンを念頭に置きつつ、道路土工一切土工・斜面安定工指針等を参考に調査の実施範囲等を設定する。

- 崩壊深さやすべり面が基礎先端に深に達する斜面崩壊等が生じる場合
- 崩壊深さやすべり面が基礎先端に深に達しない斜面崩壊等が生じる場合
- 橋の上で斜面崩壊等が生じる場合

調査の流れを i ~ iv に示す。これらのうち i ~ iii については、注意すべき地形・地質の状況が分かるように広い範囲について実施する必要がある。iv については、基礎の直下に限らず、必要に応じて周辺地盤についても実施する。これらの調査の結果、橋に影響を与える斜面崩壊等が生じると判断された場合は、斜面崩壊等の影響を受けない箇所に下部構造を設置することが標準となる。

【出典】

H29 道示IV2.4.1, 解説, p-15

【補足】

2008 年岩手・宮城内陸地震や 2016 年熊本地震等においては、山地部の斜面崩壊等によって落橋などの甚大な被害が生じている。また、局所的な集中豪雨等により、山地部の河川や沢筋等を横断する橋の支持地盤が侵食・洗掘される被害が生じ、落橋に至った事例も確認されている。

- i. 既存資料の調査
- ii. 地形読解
- iii. 現地踏査
- iv. 地質調査及び計測調査

6) 活断層の調査

架橋位置と形式の選定において耐震設計上考慮する事項として、断層変位の影響が H29 道示Vに規定されたことに対応して、断層変位を生じさせる活断層に関する調査が新たに規定された。

断層変位の発生位置を予測することは容易ではない場合が多いものの、既往の調査により一定の精度で位置が特定されている活断層で、地表に断層が露出している場合や断層変位地形が明瞭な場合など、位置を比較的容易に特定することができる場合もある。

調査の方法としては、まず既往資料の調査を行い、その結果から活断層の存在が想定される場合には、予備調査の段階で行われる地形判読や現地踏査において活断層にも留意して調査を行う。

断層位置等のさらなる絞り込みが必要な場合の調査方法としては、ボーリング、物理探査、試掘等がある。ただし、これらの詳細な調査を行ったとしても、断層位置等を確実に把握することができるとは限らない点に注意を要する。

(5) 設計のための地盤定数

表 3-11 地盤調査項目と設計する工法との関係

地層	地盤調査項目	関連する設計施工の項目
中間層	N 値, 粘着力, 内部摩擦角, 土の単位重量	杭およびケーソンの周面摩擦力, ケーソンの水平支持力, ケーソンの沈下荷重, 杭の打込み抵抗, 場所打ち杭の施工法
	土の粒度分布, レキの大きさ, 含水量, 液性限界, 塑性限界	杭の打込み抵抗, 場所打ち杭の施工法, ケーソンの沈下荷重
	横方向 K 値	ケーソンおよび杭の水平抵抗
支持層	N 値, 支持層の深度	基礎の鉛直支持力, 基礎の深さ, 基礎の施工
	礫の大きさ	場所打ち杭の施工法, ケーソンの沈下
地下水	水圧 地下水の移動	場所打ち杭の施工法, ケーソンの施工, 基礎の支持力, 杭の選定

【出典】

H29 道示IV2.4.1, 解説, p-19

【補足】

2016 年熊本地震では、地震の影響だけではなく、断層変位や地すべりによる下部構造の移動との複合的な影響により生じた損傷が橋の供用性を損失させた事例が見られた。

地盤調査データは表 3-12 に示す要因によりばらつき等が生じるため、地盤調査データを吟味し異常値の除去、必要な場合には補正を行い、データを整理した上で総合的に判断する必要がある。

また、地盤調査データのばらつきを整理し、把握した上で、以下のように区分して、当該地盤の平均的な値と考えられる地盤定数を設定するものとする。

- ・ ばらつきが小さい場合：各層全体に対して地盤定数を設定する
- ・ ばらつきが大きい場合：ある区間又は柱状データ単位毎に各層の地盤定数をする

統計的な処理を行うに足りるデータ数以上の試験結果が得られている場合には、これらの試験値のばらつきを考慮して次式により設計定数を設定する。

$$\text{設計定数} = \text{試験値の平均値} \pm \alpha \sigma$$

ここに、 α ：補正係数(データの頻度分布の特性を把握した上で適切な値)

σ ：試験値の標準偏差

表 3-12 地盤定数評価において考慮すべき各種要因の例

分類	各種要因の例
①地盤定数の力学的可変性に起因するもの	<ul style="list-style-type: none"> ● ひずみレベルによる変形特性の違い ● 応力レベル、排水条件等の違いによる強度特性の差 ● 硬軟(密～緩い)の違いによる地盤の応力～ひずみ関係の差(ひずみ軟化～ひずみ硬化)
②試験方法や評価方法の違いに起因するもの	<ul style="list-style-type: none"> ● 試験方法の違い(測定現地の違い、土質ことの適用性の違い等) ● 地盤定数を評価する方法(直接的に試験を行う場合、N値等のパラメータから間接的に評価する場合)の違い等
③地盤定数のばらつきに起因するもの	<ul style="list-style-type: none"> ● 地盤が自然材料であるが故の本来的なばらつき ● 局所的な不均質性に起因するばらつき等

H29 道示では、橋の構造をモデル化し、作用効果を算出する過程に含まれる不確実性を考慮して抵抗係数 ΦR を補正するための調査・解析係数 ξ_1 が設定された。例えば、杭の軸方向押込み力の制限値算出では、推定式から求める場合と载荷試験から求める場合で調査・解析係数 ξ_1 が異なる。これは、载荷試験を行えばその地点での支持力を直接知ることができ、得られた支持力の信頼性が高まることが考慮されているためである。

表 3-13 調査・解析係数及び抵抗係数の例(杭の軸方向押込み力)

地盤から決まる降伏支持力の特性値の推定方法	ξ_1	ΦY	
		打込み杭工法、場所打ち杭工法、中掘り杭工法	フレボーリング工法、鋼管ソイルメント杭工法、回転杭工法
推定式から求める場合	0.90	0.80	0.90
载荷試験から求める場合	0.95	1.00	

このように、試験方法は設計への影響を考慮して、適切な内容を実施する必要がある。

【出典】
H29 道示IV4.2, p-60

【出典】道路協会,
杭基礎設計便覧, R2.9,
p-122

【出典】
NEXCO 第二集
2-2-2 p-4-4

【出典】
H29 道示 I 5.2, p-71
H29 道示IV10.5.2, p-237

表 3-14 設計に必要な諸量

基礎の形式	設計上対象となる作業	設計に必要な諸量	求めるための調査・試験
直接基礎	支持地盤の選定 基礎根入れ深さ	ボーリング柱状図, 土質縦断面図, 最小根入れ深さ D (m) 有効根入れ深さ Df (m)	ボーリング調査, 標準貫入試験(N値の分布), 河川調査, 近隣構造物調査, 気象調査, 埋設物調査, 地下水調査
	地盤支持力の計算 (I) 地盤反力係数 Kv, KH	←変形係数 Eo (kN/m ²)	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{径 30cm の平板荷重試験} \\ 2. \text{ボーリング孔内荷重試験} \\ 3. \text{一軸圧縮試験} \\ 4. \text{標準貫入試験} \\ (\text{Eo}=2800 \cdot \text{N より推定}) \end{array} \right\}$
	地盤支持力の計算 (II)	単位体積重量 γ (kN/m ³) 粘着力 c(kN/m ²) : やわらかい粘土の場合 粘着力 c(kN/m ²)と内部摩擦角 ϕ 地盤反力係数 Kv←変形係数 Eo	
	変位量の計算 :	弾性変位量 圧密変位量 間げき比 e, eo 圧縮指数 Cc 体積圧縮係数 Mv 圧密係数 Cv (m ² /sec) 先行圧密荷重 Py (kN/m ²) 土かぶり荷重 Po (kN/m ²) ←単位体積重量 γ	単位体積重量試験または推定による。 一軸圧縮試験 (c=qu/2) 標準貫入試験, N値等より推定。 ただし場合によっては三軸圧縮試験が必要となる。 平板荷重試験 間げき比試験 $\left\{ \begin{array}{l} \text{圧密試験または液性限界より推定} \\ \text{圧密試験} \end{array} \right\}$ 単位体積重量試験または推定
杭基礎	支持地盤の選定	ボーリング柱状図, 土質縦断面図	既述
	許容支持力の計算	静力学公式 杭許容支持力 Ra 単位体積重量 γ N値 (Nsb, Ne, N) 粘着力 c : やわらかい粘土の場合 内部摩擦角 (ϕ)と粘着力(c)	杭荷重試験または既往資料からの推定 既述 標準貫入試験 既述 N値より推定 (但し, 場合によっては三軸圧縮試験が必要となる。 N値より推定 杭打込み試験
	許容引抜力の計算	動力学公式 杭周面摩擦力 fs (kN/m ²) 杭動的許容支持力 Ra (kN) あるいは極限支持力 Qu(kN)	杭引抜き試験 既述
	くい頭変位の計算	静力学公式 杭許容引抜力 Qa (kN) 単位体積重量 γ 粘着力 c 横方向地盤反力係数 (kN/m ²)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{横方向杭荷重試験} \\ \text{ボーリング孔内横方向荷重試験} \\ \text{標準貫入試験 N値より推定} \\ \text{(福岡宇都の図)} \\ \text{軸圧縮試験} \\ \text{圧密試験 (E=1/mv)} \\ \text{Kogler の表より推定} \end{array} \right\}$
	許容支持力に加わる制限	地盤の変形係数 E (K 値の補正計算用) 杭周面摩擦力 fs 間げき比 eo 圧縮係数 Cc 先行圧密荷重 Py	N値より推定 既述 "
	所要杭本数の計算 (変位法の場合)	横方向地盤反力係数 K 値 地盤の変形係数 E (K 値補正) 杭頭バネ定数 Kv	"
	杭本体の設計	横方向地盤反力係数 K 値 弾性係数 E	杭載荷試験または推定 既述 "
	ケーソン基礎	支持地盤の選定	ボーリング柱状図, 土質縦断面図
地盤支持力の計算 (I)		地下水頭 単位体積重量 γ 粘着力 c 内部摩擦角 ϕ 変形係数 Eo	地下水調査 既述 " " "
地盤支持力の計算 (II) $\left\{ \begin{array}{l} \text{各種地盤反力係数} \\ \text{Kv, KH, Ks} \\ \text{鉛直方向変形係数} \\ \text{Ev} \end{array} \right\}$ 変位の計算 :		弾性変位量 圧密変位量 地盤反力係数 Kv←変形係数 Ev 間げき比 e, eo 圧縮指数 Cc, 体積圧縮係数 Mv 先行圧密荷重 Py, 圧密係数 Cv 土かぶり荷重 Po←単位体積重量 γ	既述 "
			既述

(6) 各種試験とその運用

1) 標準貫入試験

表 3-15 基礎形式別 N 値を必要とする主な設計項目

土層種別	N 値を必要とする 主な設計項目	運用方法等	基礎形式			
			直基礎	ケーソン	杭基礎	深礎基礎
砂層 砂礫層 粘性土層	支持層の選定	(a) 砂層・砂れき層 [H29 道示IV8.3] 大略 N 値が 30 以上あれば良質な支持層とみなしてよい。 (b) 粘性土層 [H29 道示IV8.3] 大略 N 値が 20 以上 (qu が 400kN/m ² 以上) あれば良質な支持層と考慮してよい。	○	○	○	○
	耐震設計上の地盤種別	耐震設計上の地盤種別は、原則として地盤の特性値 TG をもとに求める。[H29 道示V3.6] この TG の算定に N 値が必要。	○	○	○	○
	耐震設計上土質定数を低減させる土層の判定	液状化のおそれのある砂質土層は、液状化に対する低抗率 FL を求め、液状化の判定を行わなければならない。[H29 道示V7.2] この FL の算定に N 値が必要。	—	○	○	—
	許容鉛直支持力許容水平支持力およびせん断抵抗力の算定	(a) 粘性土層の粘着力(c) [H29 道示IV4.2] $c=1/2 \cdot qu$	○	○	○	○
		(b) 砂質土層・砂れき層 [H29 道示IV 参考資料 1] ・ $\phi=4.8\log N_1+21$ (N>5) ・ $N_1 = \frac{170N}{\sigma_v'+70}$ ・ $\sigma_v' = \gamma_{s1} \cdot hw + \gamma_{s2}'(x-hw)$ ただし N>5	○	○	○	○
		(c) 杭先端地盤の極限支持力度 qd および最大周面摩擦力度 fi の算定に N 値が必要。	—	—	○	○
	水平方向地盤反力係数の算定	$E_o=2800 \cdot N$ (kN/m ²) で推定し算定する。 [H29 道示IV 表解 8.5.3]	—	○	○	○
	鉛直方向地盤反力係数の算定	$E_o=2800 \cdot N$ (kN/m ²) で推定し算定する。 [H29 道示IV 表解 8.5.3]	—	○	—	○
	L/D<10 の杭の軸方向バナ定数の算定	N 値を用いて杭先端地盤の鉛直方向地盤反力係数 Kv, 杭と周面地盤のすべり係数 Cs を推定。[H29 道示IV 解 10.6.3]	—	—	○	—
	負の周面摩擦力の算定	N 値より算定。 [H29 道示IV11.7]	—	○	—	—
		[H29 道示IV 表解 10.7.2]	—	—	○	—
	側方移動の判定	常時偏荷重を受ける基礎で、側方移動のおそれのある場合は、その影響について検討 (I 値を算定し判定) しなければならない。 [H29 道示IV8.6]	—	○	○	—
	その他	(a) 杭の貫入の可能性	—	—	○	—
(b) 矢板の貫入の可能性		○	○	○	—	
(c) 掘削方法の検討		○	○	○	○	
軟岩 土丹	許容鉛直支持力、許容水平支持力及び許容せん断抵抗力の算定	N 値 (換算 N 値) より c, ϕ, γ を推定する。 ここで、換算 N 値=50 回× (30cm/50 回打撃時の貫入量) ただし、300 以下 (50 回打撃時の貫入量が 5cm 以上)	○	○	○	○
	水平方向地盤反力係数の算定	N 値 (換算 N 値) より Eo を推定する。	—	○	○	○
	鉛直方向地盤反力係数の算定	N 値 (換算 N 値) より Eo を推定する。	—	○	—	○
	場所打ち杭の杭先端の極限支持力度 qd の推定	$qd=60 \cdot N$ (換算 N 値) ≤ 9000 kN/m ²	—	—	○	—

【補足】

軟岩、土丹は N 値からの定数推定は精度が低いことから、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、孔内水平載荷試験等を実施して、土質定数を設定する。

2) 水位測定

地下水水位は、ボーリングを無水掘りで行った場合は直接的に測定できるが、泥水を使用した場合には注意深く測定する必要がある。地下水は、a) 構造物に水圧や浮力として大きな力を及ぼす、b) 砂質土層の液状化の判定に必要(H29 道示 V7.2)、c) 施工時の掘削方法や排水方法についての検討に必要ななど、構造物の設計・施工に大きな影響を与える。

また、場所打ち杭を計画する場合には、地中に被圧地下水層が存在していると施工中に孔壁が崩壊する危険性があるので、被圧地下水の有無を事前に調査しておく必要がある。

なお、設計時に「H29 道示IV 参考資料 1」から、土のせん断抵抗角を推定するなどの可能性が高い場合には、初期水位が確認されるまでは、無水掘りを行うことを原則とする。

3) 現場透水試験

現場透水試験は土の透水係数などを求めるために実施されるものであり、種々の方法があるが、ボーリングに近接した部分のみの状態を把握するものである点に注意する。

透水係数は、地下水以深に設けられる構造物に作用する揚圧力の算定、掘削工事における排水方法や仮締切工法の選択などに必要となる。

4) 間隙水圧試験

間隙水圧は、ボーリング孔内の中に間隙水圧計を設置して計測する方法と水頭測定による方法とがある。

粘性土など難透水層の間隙水圧の深度分布は、有効応力の算定に必要なだけでなく、圧密状態の判定にも重要な情報となる。砂質土や礫などの透水性の良い地層の間隙水圧は、難透水層の上下境界面の水圧を手軽に求められ、かつ土木工事における極めて重要な情報の一つとなる。

通常の基礎構造物の設計では地下水位を測定しておくだけで十分であるが、深い掘削土留め工を実施する場合やニューマチックケーソン基礎を施工する場合には、各地層での間隙水圧まで測定しておくのがよい。

5) 孔内水平載荷試験

表 3-16 孔内水平載荷試験の運用方法

土層種別	Eo 値を必要とする 主な設計項目	運用方法等	基礎形式			
			直基礎	ケーソン	杭基礎	深礎基礎
砂層 砂礫層 粘性土層	水平方向地盤反力係数の算定	Eo を用いて算定。	—	○	○	○
	鉛直方向地盤反力係数の算定	Eo を用いて算定。	—	○	—	○
	L/D < 10 の杭の軸方向バネ定数の算定	Eo を用いて杭先端地盤の鉛直方向地盤反力係数 Kv を推定。[H29 道示IV 解 10.6.3]	—	—	○	—
岩盤	最大地盤反力度の上限値	岩級の最大地盤反力度の上限値を qu と Eo を目安として区分	○	○	—	—
	水平方向地盤反力係数の算定	Eo を用いて算定。	—	○	○	○
	鉛直方向地盤反力係数の算定	Eo を用いて算定。	—	○	—	○
	L/D < 10 の杭の軸方向バネ定数の算定	Eo を用いて杭先端地盤の鉛直方向地盤反力係数 Kv を推定。[H29 道示IV 解 10.6.3]	—	—	○	○
	岩級区分	Eo を参考にして岩級区分を行い、既往のデータより、c、φ、γ等の土質定数を推定。	○	○	○	○

6) 土粒子の密度試験

土粒子の密度は、密度の高い鉄分などを含んでいる土ほど高くなり、有機物を含む土は逆に低い値を示す。土粒子の密度のみで土の特性を表すことはほとんどないが、土の基本的な性質を表すために他の物性値と併せて用いることが多い。例えば、圧密試験時の間隙比の算出や室内透水試験時の透水係数の算出に用いられる。

7) 粒度試験

粒度試験は、土を構成する土粒子径の分布状態を質量の百分率で求めるものであり、その結果は一般に粒径加積曲線で表す。この結果は、土が粘性土か砂質土などの土の判別分類に用いるほか、透水係数の推定や砂質土層の液状化の判定などにも用いられる。

【土の判別分類】

表 3-17 粒径区分とその呼び名

粒径(mm)	0.005		0.01		0.074		0.1		0.42		1.0		2.0		5.0			
土質工学会 統一分類法	粘土		シルト				細砂		粗砂		細れき		中れき					
土質分類名 平均粒径D50 概略値(mm)			0.02	0.025	0.04	0.07	0.1	0.15	0.35	0.6	2.0							
			表シ	砂	シル	微	細	中	粗	砂		れ						
			ル	質	ト	質	質	砂	砂	砂	き							
			土	シル	ト	質	質	砂	砂	砂	き							

【出典】
H14 道示V p-357,
表-参6.2

【概略の透水係数(k)の推定】

a) Hazen の方法

$$k = 100D_{10}^2 \text{ (cm/sec)}$$

ここに, D_{10} : 10%粒径 (有効径)

b) Creager の方法

D_{20} (20%粒径)によって土質を分類し, D_{20} によって k を求める。

表 3-18 Creager による D_{20} と透水係数の関係

D_{20} (mm)	k (cm/sec)	土質分類
0.005	3.00×10^{-6}	粗粒粘土
0.01	1.05×10^{-5}	細粒シルト
0.02	4.00×10^{-5}	粗粒シルト
0.03	8.50×10^{-5}	
0.04	1.75×10^{-4}	
0.05	2.80×10^{-4}	
0.06	4.60×10^{-4}	
0.07	6.50×10^{-4}	極微粒砂
0.08	9.00×10^{-4}	
0.09	1.40×10^{-3}	
0.10	1.75×10^{-3}	
0.12	2.60×10^{-3}	微粒砂
0.14	3.80×10^{-3}	
0.16	5.10×10^{-3}	
0.18	6.85×10^{-3}	
0.20	8.90×10^{-3}	
0.25	1.40×10^{-2}	
0.30	2.20×10^{-2}	中粒砂
0.35	3.20×10^{-2}	
0.40	4.50×10^{-2}	
0.45	5.80×10^{-2}	
0.50	7.50×10^{-2}	
0.60	1.10×10^{-1}	粗粒砂
0.70	1.60×10^{-1}	
0.80	2.15×10^{-1}	
0.90	2.80×10^{-1}	
1.00	3.60×10^{-1}	
2.00	1.80	細礫

【出典】社)地盤工学会,
土質試験の方法と解
説, 2004.8,
p84 表 2.4.1

【砂質土層の液状化の判定】

「H29 道示V7.2」により, 液状化の判定を行うためには, D_{10} (10%粒径), D_{50} (平均粒径)と細粒含有率 FC (粒径 $74 \mu\text{mm}$ 以下の土の質量百分率)が必要となる。

8) 液性限界・塑性限界試験

土の液性限界・塑性限界および塑性指数を求める試験である。

土のコンシステンシーは, 液性限界 W_L (塑性状態の土に水分を加えて液性状態になる限界の含水比), 塑性限界 W_P (塑性状態の土が水分を失って半固体状態になる限界の含水比)を基本とし, これから導か

れる塑性指数 $I_p(=W_L-W_P)$ などによって表される。

これらの $W_L \cdot W_P \cdot I_p$ より、土の性質を直接把握したり、土の分類をするほかに圧密特性等の力学的性質の推定もできる。

9) 一軸圧縮試験

表 3-19 一軸圧縮試験の運用方法

土層種別	qu 値を必要とする 主な設計項目	運用方法等	基礎形式			
			直基礎	ケーソン	杭基礎	深礎基礎
粘性土層	支持層の選定	qu が 0.4N/mm ² 以上であれば、良質な支持層と考えるとよい。 [H29 道示IV8.3]	○	○	○	○
	耐震設計上土質定数を低減させる土層の判定	現地盤面から 3m 以内にある粘性土層およびシルト質土層で、qu が 20kN/m ² 以下の土層は、耐震設計上ごく軟弱な土層とする。[H29 道示V7.2]	—	○	○	○
	許容鉛直支持力、許容水平支持力およびせん断抵抗力の算定	$c=1/2 \cdot qu$ として計算。[H29 道示IV4.2]	○	○	○	○
	場所打ち杭の杭先端極限支持力度 qd の推定	常時偏荷重を受ける基礎で、側方移動のおそれのある場合は、その影響について検討 (I 値を算定し判定) しなければならない。[H29 道示IV8.6]	—	—	○	—
	側方移動の判定	Eo を用いて杭先端地盤の鉛直方向地盤反力係数 Kv を推定。[H29 道示IV 解 10.6.3]	—	○	○	○
岩盤	最大地盤反力度の上限値	岩盤の最大地盤反力度の上限値を qu と孔内水平載荷試験による変形係数を目安にして区分。	○	○	—	—
	許容鉛直支持力、許容水平支持力およびせん断抵抗力の算定	(a) 亀裂の少ない軟岩や土丹に対して $c=1/2 \cdot qu$ として計算。(但し $\phi=0$) [H29 道示IV4.2] (b)qu を参考に岩級区分を行い、既往のデータより、c, ϕ , γ 等の土質定数を推定。	○	○	○	○
	軟岩・土丹を支持層とする場所打ち杭の杭先端極限支持力度 qd の推定	$qd=3qu \leq 9000kN/m^2$	—	—	○	—
	軟岩を支持層とする打込み鋼管杭の軸方向押込み力の推定方法	[H29 道示IV 参考資料 5]	—	—	○	—

【補足】

岩盤は一軸圧縮試験の結果を用いて土質定数を設定する。

10) 圧密試験

圧密試験は、粘性地盤や軟弱地盤が構造物からの荷重を永続的に受けて生じる圧密による沈下予測を行うために、現地盤から乱さない試料のサンプリングを行い、実施する。圧密試験において最終的に得られる土の圧縮に関する定数は、圧密係数 c_v 、体積圧縮係数 m_v 、圧縮指数 C_c などであるが、さらに試料の土が過去に地中で受けていた最大の圧縮応力、すなわち圧密降伏応力 p_c も求められる。

構造物の沈下量を最小限に抑えるためには、構造物により発生する地中応力を圧密降伏応力以下にしておく必要があるため、圧密降伏応力は重要な指標となる。また圧密沈下を生じるおそれのある地盤中に設けられたケーソン基礎・杭基礎は、負の周面摩擦力による影響の検討を行わなければならないが、その判定のためにも必要な試験である。

11) 弾性波測定

弾性波測定は、弾性波(P 波)が地盤を媒体として伝播する際に物理的性質を異にする地層の境界で屈折あるいは反射する性質を利用して、各地層での弾性波速度や厚さを求めるものである。

弾性波速度は地盤の力学的特性の把握に有効で、これにより地層構成を推定できる。特に山岳地帯で基岩の上部が風化しており、さらにその上に崖すいや転石などが堆積している場合、ボーリングではこれらの判定が困難となることがあるが、弾性波の伝播速度は岩の亀裂の状態によって異なるので、比較的明確にこれらの層の様子を把握でき、支持層の選定や地すべり層の判定に有益である。

12) 平板載荷試験

平板載荷試験は、地盤上に円形あるいは正方形の剛板(一般には直径 30cm の円形の載荷板)を置き、これに段階的に荷重を加えて得られる荷重沈下関係から、その地盤の極限支持力や鉛直地盤反力係数を求める試験である。

この試験は、より実際に近い状態での地盤の力学的特性を得ることができるが、載荷板の寸法が小さいため、実際の構造物に適用するにあたっては十分注意する必要がある。

平板載荷試験により支持地盤の許容支持力を求める場合は、試験に用いた載荷板と実基礎の寸法の相違、偏心荷重等の条件の相違について補正して実基礎に対する極限支持力、許容鉛直支持力を算定する必要がある、平板載荷試験の値がそのまま実基礎の許容支持力ではないことに十分注意する必要がある。

3.5. 河相・利水状況などの調査

- 河川・湖沼などに下部構造を計画する場合には、河相・利水状況などを十分調査しなければならない。
- 河床の変動の状況、橋脚の背水作用など下部構造の位置・規模・仮設備の位置・構造等に応じて十分に検討するのがよい。
- 水力発電・農業用水・漁業などの利用状況を把握し、必要な対策を協議しなければならない。
- 河川改修計画の有無を管理者と十分協議し、確認する。

表 3-20 河川の調査項目と内容

調査項目	摘要
現地踏査	
河川の流況(狭窄部、水衝部、支派川分合流部の有無) 近接する河川工作物(堰、橋、床止工、取排水樋門)の有無および距離 河床洗掘状況(洗掘深、みお筋の位置方向) 河川構造(堤防高、堤内地盤高、川幅、流心の位置方向、法線の位置方向) 水面、高水敷等の利用状況、周辺の自然環境など	必要に応じ架橋付近の河川縦横断測量の実施 平面図、縦断図、横断図、写真
管理者からの現況・計画情報の入手	
工事実施基本計画、河川整備計画(河川改修全体計画)、河川環境管理基本計画(流量、流速、高低水位、堤防高、川幅等の河川計画情報) 流量観測結果(非出水期流量、平水位流量、水位流量曲線図(H-Q)) 河川区域、河川保全区域の範囲 近傍の河川占用許可状況 水利権、漁業権、航路の有無	計画がない場合は、調査地点・調査内容等について管理者と協議し実施
近接・類似橋梁情報の収集	
地盤情報、局部洗掘の状況(根固工の有無と状況) 橋梁の形状および寸法 ・ 径間数、径間長、斜角(曲線半径)、桁下高 橋脚の方向、形状、根入れ長、基礎形式 橋台の方向、位置、形状 保護護岸の範囲、形状	

3.6. 交差物件調査

道路または鉄道と交差する場合の条件を決定するために必要な基礎資料となるもので、現地踏査調査を行うとともに道路または鉄道管理者からの情報・近接類似情報等を収集する。

表 3-21 交差物の調査項目と内容

調 査 項 目		摘 要
現地踏査		
道路と交差	交差道路の現況諸元(平面縦断線形, 幅員構成等) 交差道路の利用状況(自動車, 歩行者, 自転車交通量) 近傍交差点の有無, 位置・規模・形態など	必要に応じ, 道路縦断横断測量を実施
鉄道と交差	鉄道施設現況(軌道法肩, 付属施設) 用地境界	
管理者からの現況・計画情報の入手		
道路と交差	地下埋設物の有無 改築計画の有無, 計画内容 建築限界, 桁下余裕量	
鉄道と交差	建築限界, 桁下余裕量, 用地境界 軌道形状 将来計画の有無	
近接・類似橋梁情報の収集		
道路と交差	建築限界, 桁下余裕量, 地盤情報	
鉄道と交差	建築限界, 桁下余裕量, 構造物(上下部, 基礎)の位置・形式 施工方法 地盤情報	

3.7. 添架物・埋設物調査

- 既設の添架物, 埋設物, 上空横断線等は, 設計・施工上コントロールポイントとなることから, 現地調査, マンホールの有無の確認, 管理者への照会等で, 改良計画も含めて明らかにする必要がある。なお, 既設橋に添架されていない場合にあっては, 必ず管理者等への照会で新設計画の有無を確認する必要がある。
- 埋蔵文化財については, 事前に「静岡県文化財地図」等で有無の確認を行い, 文化財保護法に基づく手続きの要否を判断する必要がある。

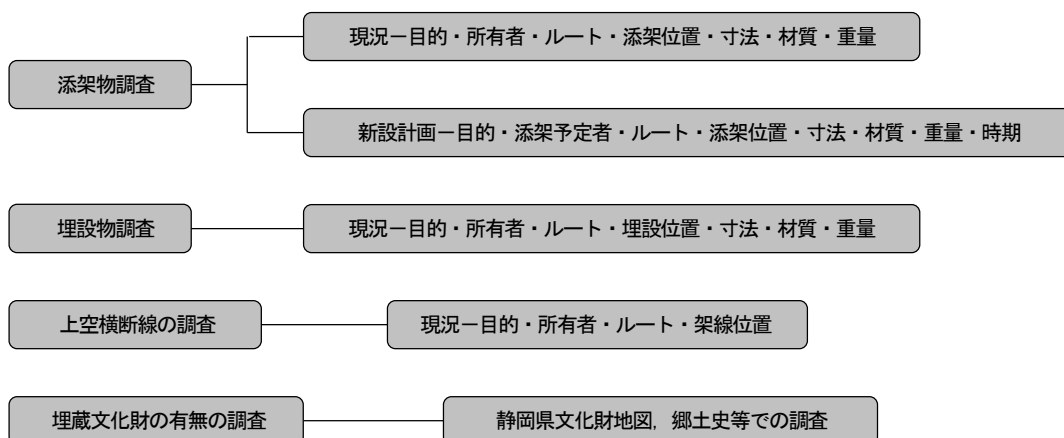


図 3-2 添架物・埋設物の調査項目と内容

3.8. 耐震設計のための調査

耐震設計のための調査は、震度の決定・地盤の液状化の判定・動的解析のための定数の決定等に必要であり、主に表 3-22 に示す事項について、前述の「本編 3.4. 地盤の調査」に示す調査段階にて行うものとする。

表 3-22 耐震設計のための調査事項

事項	必要な情報	調査方法	備考
耐震設計上の地盤面設定のための調査	砂質土 1. 地層構成・地層厚 2. 地下水位 3. N 値 4. 平均粒径 (D ₅₀) , 10%粒径 (D ₁₀) 5. 細粒分含有率 (FC) 6. 単位体積重量 7. 繰り返し三軸強度比 8. 塑性指数 (細粒分含有率 35%を超える砂質土層)	・調査ボーリング ・水位測定 ・標準貫入試験 ・粒度試験 ・湿潤密度試験 ・繰り返し三軸圧縮試験 ・液性限界, 塑性限界試験	GL-20m 以浅の砂質土層が対象
	粘性土 1. 一軸圧縮強度 (qu)	・シンウォールサンプリング ・一軸圧縮試験(上記で採取) ・静的コーン貫入試験	GL-3m 以浅の粘性土層が対象
動的解析のための調査	1. 地層構成・地層厚	・調査ボーリング ・標準貫入試験	
	2. せん断弾性波速度	・標準貫入試験 (N 値) ・PS 検層	
	3. せん断剛性率および減衰比のひずみ依存性	・繰り返し三軸圧縮試験 (繰り返しねじりせん断試験)	
	4. 動的弾性係数, 動的ポアソン比, 動的剛性率	・PS 検層+密度検層	

3.9. 施工条件の調査

- 施工による周辺への影響を把握するための調査を行うものとする
- 周辺に対して「騒音規制法」, 「振動規制法」, 「水質汚濁防止法」等による規制を調査する
- 採用しようとする工法・使用機械器具により予想される変化に対する保全対策の検討を行う
- 作業面積・空間・工事用道路幅・迂回路および交通規制の有無等, 現場の条件・制約を検討する
- 近接構造物・地下埋設物・添架物・架空線等の位置・形式・規模等の調査を行う

表 3-23 施工環境調査項目

調査項目	周辺主要道路情報の収集	地形地盤情報の収集	その他の情報 (騒音振動被害)
	・線形 ・幅員 ・交差点 ・交通量 ・舗装構成	・地形 ・土地利用 ・土地所有者 ・地質成層 ・土質定数等	・地利用現況 ・建築物調査 ・近接他工事情報
製作計画	桁運搬ルート 主要資機材搬入ルート	製作ヤード 仮組ヤード	
架設計画	主要資機材搬入ルート	架設工法 ・ベントの設置 ・架設クレーン配置等	
施工条件	迂回路	仮橋, 仮栈橋等	施工工法, 機種選定, 施工工程

3.10. その他特殊条件の調査

高架橋・跨線橋・山地部橋梁の場合, 土地利用や自然環境が大きな制約条件になる場合があるので, このような特殊条件下においては次の調査が必要となる。

- 高架橋, 跨線橋における周辺土地利用現況および計画の確認
- 高架橋, 跨線橋における日陰調査, 風向調査, 騒音調査, 振動調査
- 山地部橋梁における土石流危険渓流の有無
- 沿岸部橋梁における塩害調査(近傍の橋梁等の構造物を調査)

4. 橋梁計画のための協議

橋梁の計画に際しては、河川、道路、鉄道、湖沼、用水路、地下埋設物等と交差する場合や、橋梁に添架される場合等では、事前の調査を十分に行った上で、各々の管理者との協議を実施しなければならない。事前に調査する項目は、各々対象とする施設に応じて必要な調査を実施するものとする。

4.1. 協議の種類

- 1) 交差物件協議等を行わなければならない管理者等は、表 4-1 のとおりである。

表 4-1 交差物件と管理者

交差物件名	管理者
河川(砂防)	国・県・市町
道路	国・県・市町
鉄道	鉄道事業者
添架物、地下埋設物 上水道・工業用水道	市町・県
下水道	市町・県
電力線	電力事業者
通信線	NTT, 有線, CATV など
農業施設	市町・土地改良区

- 2) 協議項目と関連法令等は、表 4-2 のとおりである。

表 4-2 協議項目と関連法令等

対象	調査・確認事項	協議事項	関連法令等
河川	1.河川の状況 <ul style="list-style-type: none"> ・河川区域 ・平面形状、流下方向 ・縦横断形状 ・既往高水流量 ・既往高水位 ・河床変動、伏流水 ・河川工作物 2.河川改修計画 <ul style="list-style-type: none"> ・平面線形、流下方向 ・縦断線形 ・横断線形 ・計画高水位、流量 ・改修時期 ・河川工事用距離程、B.M. 3.水利権、漁業権、舟航 4.合併施工	1.道路ルート 2.架橋位置 3.径間長 4.河積阻害率 5.橋台位置、方向、底面位置 6.橋脚形状、方向、根入れ深さ 7.桁下高 8.管理用通路 9.護岸工、根固工、腹付工 10.施工時期 11.施工時水位、瀬替 12.工事用道路、迂回路 13.締切工、堤防開削工 14.基礎形式 15.近接橋 16.費用負担	「河川法」 「砂防法」
道路	1.道路現況 <ul style="list-style-type: none"> ・平面形状、地物 ・縦横断形状 ・地下埋設物 ・道路規格 ・道路幅員 ・建築限界 2.道路改修計画 <ul style="list-style-type: none"> ・平面線形 (交差点等) ・縦断線形 ・横断線形 ・横断形状 ・改修時期 ・道路工事用B.M. ・道路規格 ・道路幅員 ・建築限界 	1.橋台、橋脚位置 2.橋脚形状、根入深さ 3.桁下高 4.工事用道路 5.迂回路 6.施工法、仮設工法 7.架設時間 8.防護工 9.費用負担	「道路法」 「道路構造令」

対象	調査・確認事項	協議事項	関連法令等
鉄 道	1.鉄道の状況 <ul style="list-style-type: none"> 線路種別, 路線等級 軌道敷巾 建築限界 車輛限界 地上施設, き電線 信号位置 2.改良または線増計画 <ul style="list-style-type: none"> 電化計画 線増計画 高架化計画 	1.橋台, 橋脚位置 2.橋梁形式, 基礎形式 3.支間 4.根入深さ 5.桁下高 6.施工法, 架設工法 7.工事委託, 費用負担 8.防護工, 落下防止工 9.き電停止時間	「鉄道事業法」 「地方鉄道法」 「運建協定」 各種
港 湾	1.港湾の現況 <ul style="list-style-type: none"> 港湾区域 臨港地区 港湾隣接地域 港湾施設の現況 2.港湾計画 <ul style="list-style-type: none"> 施設の配置計画 3.その他 <ul style="list-style-type: none"> 財産処分の必要性 	1.占用区域 2.径間長 3.橋台位置・方向・底面位置 4.橋脚形状・根入方向・深さ 5.桁下高 6.護岸工・根固工・腹付工 7.施工時期 8.工事用道路, 迂回路 9.締切工 10.基礎型式	「港湾法」
海 岸	1.海岸の現況 <ul style="list-style-type: none"> 海岸保全区域 港湾隣接地域 海岸保全施設の配置 2.計画 <ul style="list-style-type: none"> 施設の配置計画 3.その他 <ul style="list-style-type: none"> 財産処分の必要性 	1.占用区域 2.径間長 3.橋台位置・方向・底面位置 4.橋脚形状・根入方向・深さ 5.桁下高 6.護岸工・根固工・腹付工 7.施工時期 8.管理用通路 9.工事用道路, 迂回路 10.締切工, 堤防開削工 11.基礎型式	「海岸法」 「港湾法」
用 水 ・ 溜 池 等	1.用水溜池等の現況 <ul style="list-style-type: none"> 流量, 貯水量 護岸工 利水期間 2.改修計画	1.橋台, 橋脚位置 2.支間 3.根入深さ 4.施工法, 開削 5.施行時期 6.工事用道路, 迂回路 7.基礎形式	
地 下 埋 設 物	1.地下埋設物の現況 <ul style="list-style-type: none"> 種別, 関係 土被り 2.改変計画, 新設計画	1.移設 2.施行時養生法 3.橋台, 橋脚位置 4.根入深さ	「建電協定」
そ の 他	1.埋蔵文化財	1.線形 2.支間 3.基礎形式 4.施工法	「文化財保護法」

4.2. 道路協議

架橋位置・橋長・支間割・斜角および橋脚位置等は，道路管理者と十分協議して定めるものとする。

1) 道路管理者との協議

道路と交差する場合，道路管理者との協議において事前に確認しておく事項は，次のとおりである。

- 道路現況(道路規格・道路幅員・建築限界・縦横断等)
- 道路将来計画(都市計画決定の有無・歩道の有無等)
- 埋設物・埋蔵物

2) 道路管理者との協議における主な事項は，次のとおりである。

- 橋梁形式
- 橋長・支間長
- 橋台・橋脚位置
- 桁下高さ
- 土かぶり
- 落下物防護柵
- 施工計画

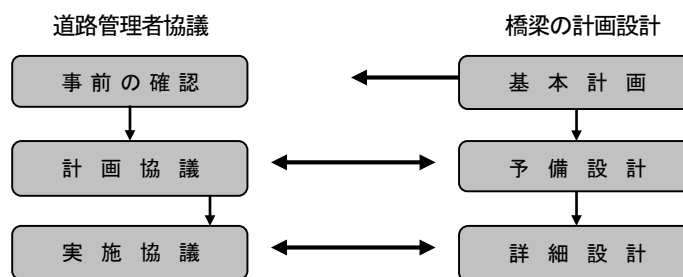


図 4-1 道路管理者協議のフローチャート

4.3. 河川との関係

架橋位置・橋長・支間割・斜角・橋脚位置および形状等は，「河川管理施設等構造令」、「工作物設置許可基準」、「許可工作物技術審査の手引き～チェックリスト～」等に基づき，河川管理者と協議して定めるものとする。なお，工事発注までに河川法 24 条、26 条等の許可を得ておくものとする。

1) 河川管理者との協議において事前に確認しておく事項は，次のとおりとする。

- ルート選定・交差位置
- 河川現況(平面形状、横断形状、堤防高、河床高、堤内地盤高等)
- 河川改修計画の有無
- 流下方向・計画断面寸法・河床高さ・計画高水流量・計画高水位・河床勾配・管理用通路等
- 施工可能期間等の施工条件

2) 河川管理者との協議における主な事項は，次のとおりである。

- 橋梁形式
- 橋長・径間長
- 河積阻害率
- 橋台・橋脚の位置、方向、根入れ等
- 桁下高さ
- 橋梁設置に伴う条件護岸
- 堤防の天端幅・管理用通路
- 高架橋の諸条件
- 施工計画(搬入路・仮締切・仮栈橋・工程等)

協議の手順と時期は、図 4-2 のとおりである。

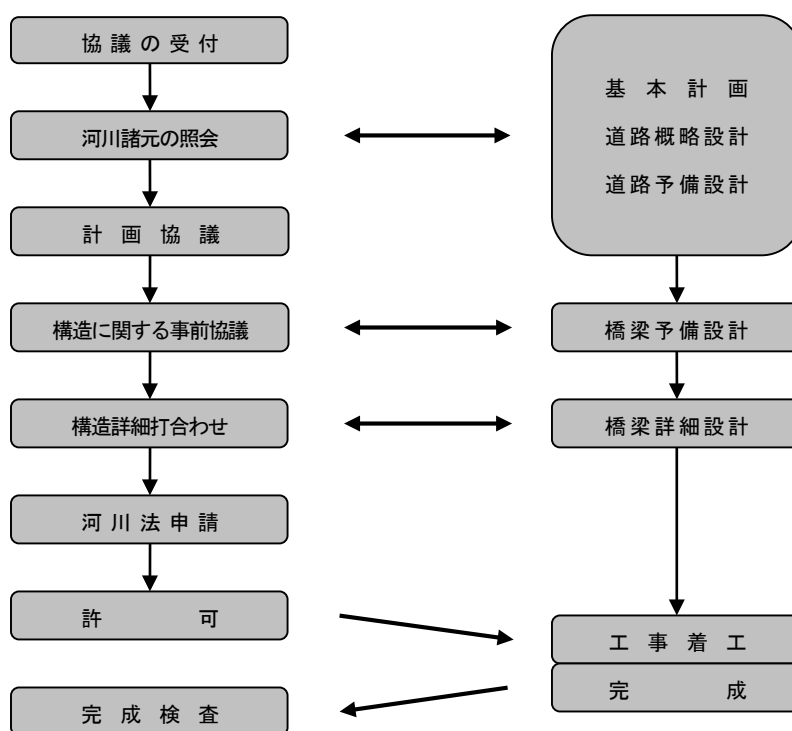


図 4-2 河川協議のフローチャート

4.4. 鉄道との関係

橋梁が鉄道または「軌道法(大正 10 年法律第 76 号)」による新設軌道(以下「鉄道等」と呼ぶ)と交差する場合の建築限界・施工限界による架橋位置等は、鉄道管理者と十分協議して定めるものとする。

- 1) 鉄道管理者との協議において事前に確認しておく事項は、次のとおりである。
 - 鉄道現況 (路線種別・路線等級・軌道幅・建築限界・車両限界・電化非電化の別等)
 - 改良または線増計画
- 2) 鉄道管理者との協議における主な事項は、次のとおりである。
 - 橋梁形式
 - 橋長・支間長
 - 橋台・橋脚位置
 - 桁下高さ
 - 土かぶり
 - 落下物防止柵
 - 施工計画(鉄道施設移設・鉄道防護工等)
 - 工事委託の有無

- 3) 鉄道は法規によって次の通り分類され、それぞれ基準等が異なるので、調査を十分行うものとする。
- 普通鉄道・懸垂式鉄道・跨座式鉄道・案内軌条式鉄道・無軌条電車・鋼策鉄道・浮上式鉄道・専用鉄道：鉄道事業法(昭和61年12月4日法律第92号)
 - 軌道：鉄道事業法(昭和10年4月14日法律第76号)

表 4-3 協議の手順と時期

工 程	鉄道事業者との協議	備 考
基本計画の設定	事前の確認・打合せ	
予備設計の開始	計画協議の打合せ開始	随時実施協議的な打合せを含む
予備設計の中間打合せ	計画協議の中間打合せ	
	計画協議の最終打合せ	計画協議書の提出の確認
予備設計の完了	計画協議書の提出(この間最低約3箇月)	
	計画協議書の回答受理	
詳細設計の開始	実施協議の打合せ開始	
詳細設計の中間打合せ	実施協議の中間打合せ	
	実施協議の最終打合せ	実施協議書の提出の確認
詳細設計の完了	実施協議書の提出(この間最低約3箇月)	
	実施協議書の回答および工事協定案の受理	
	工事協定締結	

5. 橋梁設計における環境保全

5.1. 環境保全対策

橋梁の設置により、生活環境や自然環境に影響を及ぼす恐れがあると判断される場合には、必要に応じて環境への影響を予測し、環境影響を回避または低減させる適切な措置を講ずることにより、環境との調和を図る必要がある。

(1) 環境保全対策の手順

一般的な環境保全対策の手順は、図 5-1 のとおりである。

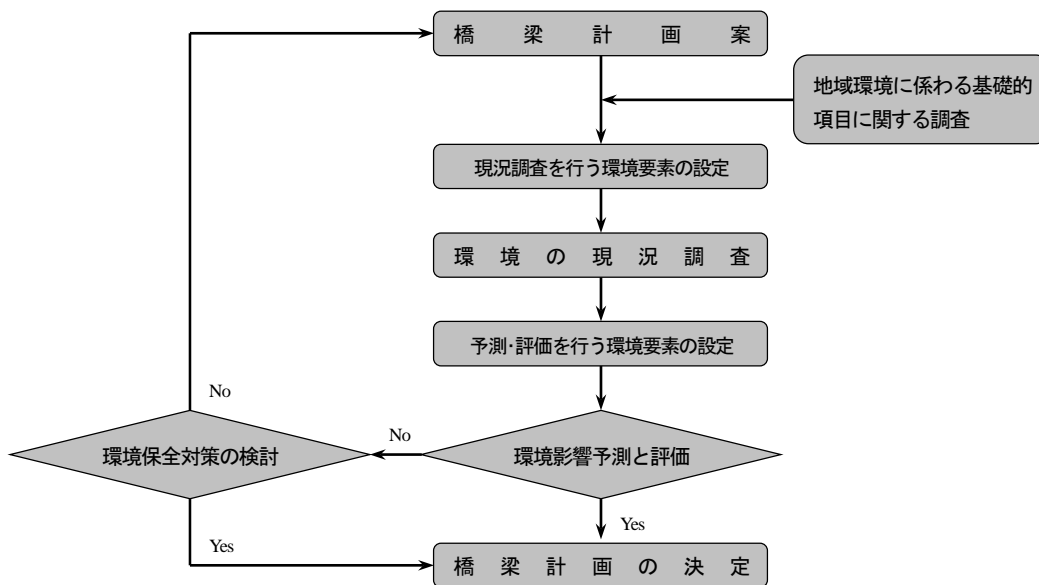


図 5-1 環境保全対策のフローチャート

(2) 主な環境影響要素

主な環境影響要素は、図 5-2 のとおりである。橋梁の設置により環境に影響を及ぼす恐れがあると判断される要素について検討する必要がある。

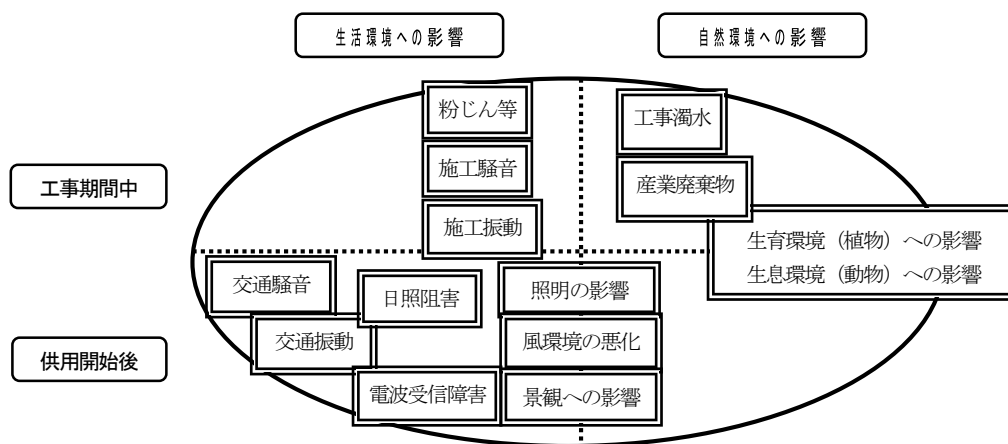


図 5-2 環境影響要素

主な環境影響要素について注意ポイントは次のとおりである。

【生活環境への影響】

環境への影響に関し、橋梁計画・設計で問題となることの多い騒音や振動等は「騒音規制法」・「振動規制法」等の法律で規制されており、その他、日照障害、電波受信障害も「建築基準法」および「電波法」で規制されているので、規制対象地域において計画・設計する場合は、基準値を満足することが不可欠である。

【自然環境への影響】

自然環境に関しては、国立公園・国定公園・県立自然公園(自然公園法)、風致地区(都市計画法)、名勝・天然記念物(文化財保護法)等の法定区域内をはじめ、橋梁周辺への自然環境への影響を十分検討する必要がある。

【工事濁水】

基礎の場所打ち杭においては、掘削坑内の泥水はコンクリートの打設に伴いコンクリートと入れ替わって漏れ出ることになる。この廃泥水は、セメントが混入しているためPH値が高く、浮遊物質量(SS)も高濃度のため河川等の公共用水域や下水道へ放流するためには処理が必要となる。排水規制は、水質汚濁防止法に定める排水基準のほか、各地域における条例等を調査する必要があり、下水道へ放流する場合は、下水道法に定める基準となるが、これについても条例があるので調査する必要がある。

基礎の掘削に伴う泥水の公共用水域への流出についても、水域の動植物の生息、生育環境に悪影響を及ぼす恐れがあるので、対策を検討する必要がある。特に、漁業権が存する場合や天然記念物の指定がある場合等には問題化することも想定されるので注意する。

【産業廃棄物】

基礎工事から排出される含水率の高い粒子の微細な泥状物質や天日乾燥、脱水されたものおよび濁水処理施設の沈殿汚泥は産業廃棄物の汚泥に分類されるので、最終処分する必要がある。

また、資材置き場や製作ヤードおよび資材搬入のための架設道路の設置により、動植物の生息生育環境が失われる可能性があるため、場所選定に際しては貴重種の分布の有無を把握しておくことが望ましい。また、工事完了後の復元策についても検討しておくことが望ましい。

【照明の影響】

橋に設置される照明は、照度の程度により周辺の生活環境、動物の生息環境または植物作物等の生育環境に影響を及ぼす可能性があることから、環境影響の程度を検討する必要がある。

【風環境への影響】

橋梁構造物の出現による近傍の住宅や道路交通への有害な突風の発生、通風の悪化等の影響が生じる可能性があるため、環境影響の程度を検討する必要がある。

5.2. 景観への配慮

橋の景観設計では橋を全体としてとらえると共に、周辺との調和を考慮し、検討することが重要であり、景観に特に配慮すべき橋梁では、予備設計の段階から別途専門家を交えて、景観設計を行うこととする。

景観に特に配慮すべき橋梁としては、下表の通りとなる。

表 5-1 専門家による検討を必要とする橋梁

新設（更新を含む）	既設（補修、修繕、改良等）	
	重点地区※1, 重点施設※2	重点地区以外
橋長 50m 以上又は多径間	橋長 50m 以上又は多径間の鋼橋	橋長 100m 以上の鋼橋（鉸桁・箱桁形式以外）

※1 重点地区：①市町景観計画における重点地区，②国立・国定・県立自然公園地区，
③風致地区，④伝統的建造物群保存地区

※2 重点施設：市町景観計画における景観重要公共施設及び景観重要建造物

静岡県においては、公共事業を施工する際に景観への配慮を徹底するため「ふじのくに色彩・デザイン指針(社会資本整備)」が策定され、運用されている。橋梁設計においても、この指針に基づき景観に配慮するものとする。

表 5-2 景観設計視覚化の手法

手法	操作性	精度	伝達性／立体把握
図面 設計図・検討図・意匠図 平面図・立体図（側面図） 断面図 詳細図など 着色や陰影を描き入れることにより、表現力が高まる	操作性は良好である。 比較検討資料の作成なども容易にできる。	物理的条件や相互関係が、主として二次元的であるが、定量的に正しく判断できる。	技術者間での情報伝達には最適な手法である。 立体感の把握は、図面の読み取り能力による差が大きく、一般向きではない。
スケッチ ラフスケッチ （鉛筆、ペン画、淡彩など）	設計図面などが完全ではない段階からでも作成が可能で、初期段階での検討が最適。	作図方法により差が大きい。基本的には精度を求めない。	与える印象や雰囲気等の直感的な伝達に優れる
パース カラーパース、鳥瞰図 （不透明水彩、エアブラシなど）	作成は専門家の手によるものが多いが、修正等は比較的容易である。	電算処理等の併用による作図は程度の水準を保つことができる。	立体感を伝達することができるが、より良く見せることも可能である。
フォトモンタージュ 簡易フォトモンタージュ 現場写真にラフスケッチなどをあてはめる方法である。	操作性は良好。 比較検討資料にも比較的容易に用いることができる。	作図方法により差が大きい。基本的には精度を求めない	背景が忠実に再現され、臨場感や構造物の規模を把握しやすい。
模型 スタデ(模型) (簡易模型) 構造物全体の概略模型から、部分詳細模型に至るまで様々な製作方法がある。 完成模型 主として周辺地形を含む構造物の詳細模型である。 専門家により作成する。	検討に平行して製作が可能である。 試行錯誤の道具として有効である。 設計図面を要する。 製作期間が長期。 修正が困難。 持ち運び不便。	全体の概略形態の把握が目的の場合には精度を求めない。 縮尺によるが、総じて精度は高い。	低い精度でも立体感の把握が容易であり、形状を確認しやすい。 形状の立体把握、空間的相互関係に関して最も現実性に優れる
C G ワイヤーフレーム出力 電算処理線画表示の透視図 フォトモンタージュ、パースの下図作成にも使用する。 コンピューター・グラフィクス アニメーション 電算処理による動画である。PR・広報に適する。	専用設備を要す。 入力情報量によるが、比較的短期間に製作可能。 高度な専用設備設計図面を要する。 制作、修正とも期間が長期。	基本的な精度は高い。 出力時の画角設定により歪みが生じる。 高精度。 設備により画処理・陰影に差がある。 画角設定により歪む。	線画だけでは判り難い。背景写真との重ね合わせ等により景観を把握 連続的な視点移動が可能。 現実性は設備、入手時間による差が大きい。

景観設計の一般的な注意ポイントについて以降に述べる。

【補足】

「ふじのくに色彩・デザイン指針(社会資本整備)」を参照するものとする。

【参考】

道路協会，
橋の美Ⅲ橋梁のデザインノート，1992.5，pp-158～163

1) まとまりのある景観づくり

橋梁整備に伴う橋梁周辺整備としては、旧橋の橋台敷や取付道路の切り廻し等による残地を活用する橋詰広場整備をはじめ、取付道路の整備等がある。景観設計においては、これらの橋梁を取り巻く施設を橋梁と切り離すことなく、一連のまとまりのある景観づくりとして取り組むことが望ましい。

2) 機能性と経済性

機能性および経済性(維持管理を含む)を損なうような景観デザインは行わないものとする。

3) 周辺環境との調和

橋梁のデザインについては周辺環境との調和が必要である。

4) 長期間にわたって応えることが可能なデザイン

橋梁を含む公共土木構造物のデザイン(シビックデザイン)は、その施設の寿命は長いことから、長期間にわたって応えることがデザインの目的となる。よって、地域の歴史性・文化と生態系に配慮した美しい橋梁の計画・設計が求められる。従って、個性が強すぎるものや一時の流行のものをそのデザインに取り入れることは好ましくない。

5) 施設等

高欄・親柱・照明灯・歩道舗装等の橋梁付属施設の設計に際しては、歩行者等への快適性に配慮すること。

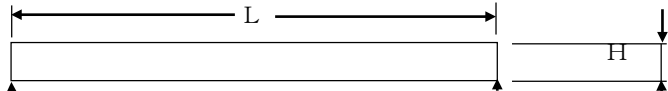
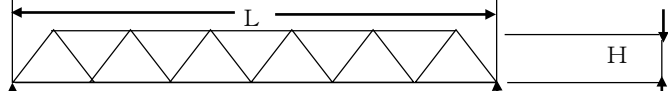
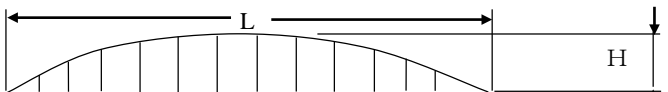
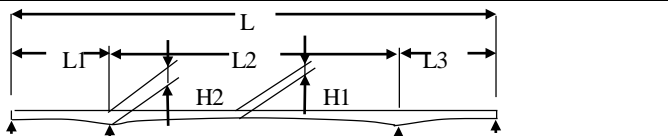
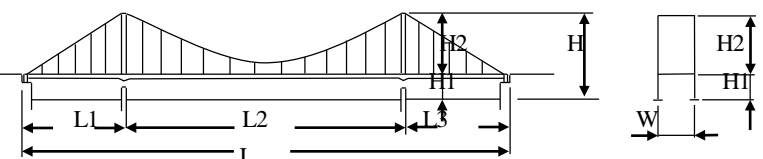
6) 視覚化

景観設計における視覚化の手法としては、表 5-2 のとおりである。

7) 橋梁の美しいバランス

橋梁の構造形式毎に美しいとされているバランスがある。ここでは一般に美しいとされているバランスや構成比などについて整理する(注：一般論であって、これに準拠する必要はない)。

表 5-3 橋梁のバランス

	$H/L=1/18\sim 1/22$
	$H/L=1/9\sim 1/10$ 斜材は 60° 程度
	$H/L=1/6\sim 1/7$
	$H1/L2 = 1/25\sim 1/30$ $H1/H2 = 1/1.2\sim 1/1.6$ $L1:L2:L3=3:5:3$ 程度
	$H/L2=1/5\sim 1/7$ $f/L2=1/2$ 以下 $W/H=1/4\sim 1/6$ $H1/H=1/2$ 以下

a) スパン比

見通しの良い平野や広大な河川敷の場合は、等径間にするると全体が一体化しとまりやすいとされており、また変断面の単独の橋梁の場合においては、3径間では3:5:3、4径間では3:4:4:3程度の比率で、中央径間を広くするほうが、景観上は好ましいとされている。

橋脚を広義で小節と考え、大きなリズムで捉えることが好ましい。スパンの間隔によって、遠近感を協調したり、逆に遠近感を無くさせることも可能になる。

b) 径間割

橋梁の径間数(橋脚数)はその地形・形式によって決まり、奇数径間と偶数径間のどちらかになる。奇数径間の場合、橋の中央に橋脚が無いことから、右岸と左岸の連続性が感じられ、安定感のある印象を与える。

c) キャンバー(反り)

一般に橋長が長いときには、キャンバーは減少して見え、短ければ強調される。その場合キャンバーを付けたり、橋脚数を多くすることで対処する。連続桁や単純桁が連続する場合、キャンバーが大きいと不連続なイメージとなりやすい。支点部で直線桁を折った場合、折れが強調される。

d) 全体のバランス

H(高さ)/L(長さ)の値が大きくなると、ずんぐりした形になり、逆に値が小さければ、軽快さを感じる。W(幅)/H(高さ)の値が小さいと、天に向かってそそり立つランドマークタワーの印象が強くなるが、値が大きければゲートとしての印象が強くなる。

8) 橋梁と色彩の調和

色彩は構造体の印象を決定するうえで重要な要素となる。そのため「ふじのくに色彩・デザイン指針(社会資本整備)」において、県内の多様な地形や土地利用により各エリアの構造物の色彩について整理されている。各エリアの景観特性に調和する推奨色を採用すること。

なお、橋長100m以上の長大橋(鉸桁橋、箱桁橋を除く)やランドマークとなるような特別の意味合いを持って設計される橋梁、色彩・デザイン指針に記載のない色彩を使用する橋梁、及び歴史的街並み地域の構造物の色彩は、別途専門家による検討の対象とする。

【補足】

「ふじのくに色彩・デザイン指針(社会資本整備)」を参照するものとする。

9) 排水管

排水管などの処理としては、図5-3のような方法がある。

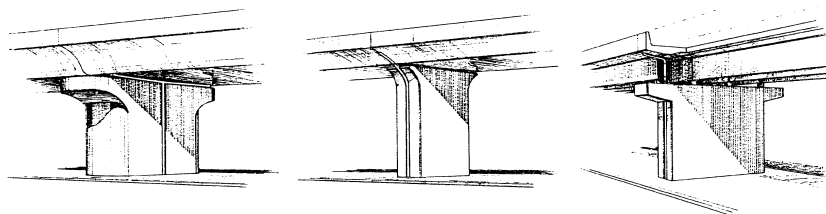
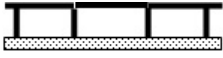
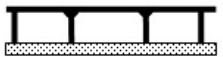

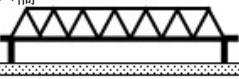
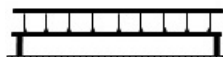

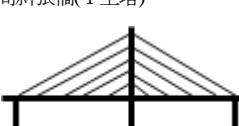
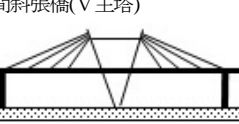
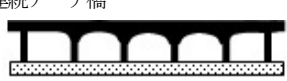
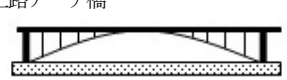

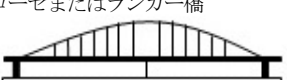
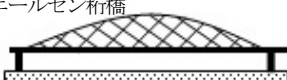



図 5-3 景観を考慮した排水管の設置例

景観に配慮して排水管を桁の内側に配管することも必要に応じて考慮すること。このとき、排水管の縦断勾配、横桁との交差方法について注意する。

表 5-4 構造形式毎の景観特性とイメージ(参考資料)

	イメージ図	景観特性／イメージ
直線的	単純桁橋 	<ul style="list-style-type: none"> 最も基本的な形式で、空間に占める割合が小さいため、既存の環境に対して影響が少ない。 単純形態であるため、軽快な美しさがある。
	ラーメン橋 	<ul style="list-style-type: none"> 単純形態であるため軽快な美しさと頑丈なイメージとなる。 桁下空間を高くした場合、ゲート性大。 桁の形状をV型にすると、軽快なイメージが増す。
	変断面桁橋 	<ul style="list-style-type: none"> 桁下の形状にカーブを持たせることによって、桁橋に比べ柔らかな印象となる。 軽快な美しさと、ダイナミックな緊張感がある。
幾何学的	トラス橋 	<ul style="list-style-type: none"> 橋長が長く、桁橋でできない場合に用いられる。 トラス斜材の線が視覚的な安定感があり、繰り返しのリズム感を与える。 幅員の広い河川や、平地の場合、連続させると美しい。
	フィレンディール橋 	<ul style="list-style-type: none"> 自然界には、垂直、水平の構造が少ないため、自然の中では浮いた印象となる。 市街地では建築物と同化しやすい。
	3径間斜張橋 	<ul style="list-style-type: none"> 構造的な合理性、経済性、外観の良さから最近数多く採用されている。 モダンでシャープな印象となる。 ケーブルの太さ、本数、張り方によって、イメージが大きく異なる。 背景に高層建築、港湾地域、工業地域がある場合、通信塔、煙突などを類似した形状が多いため、同化する可能性がある。
	2径間斜張橋(I主塔) 	<ul style="list-style-type: none"> 構造的な合理性、経済性、外観の良さから最近数多く採用されている。 中央の塔がシンボリックなランドマークとなる。 ケーブルの太さ、本数、張り方によって、イメージが大きく異なる。 背景に高層建築、港湾地域、工業地域がある場合、通信塔、煙突などを類似した形状が多いため、同化する可能性がある。
	2径間斜張橋(V主塔) 	<ul style="list-style-type: none"> 一般のI(H)型主塔に比較し、塔高を低くすることが可能となる。 鳥が翼を広げた印象となる。 背景に港湾地域、工業地域がある場合、通信塔、煙突、クレーンなど荷役施設など類似した形状が多いため、同化する可能性がある。
	連続アーチ橋 	<ul style="list-style-type: none"> 曲線状の形態は地形への抵抗感が少なく、周辺環境と調和しやすい。 張り詰めた繊細さからくる女性的な優美さがある。
	上路アーチ橋 	<ul style="list-style-type: none"> 曲線状の形態は地形への抵抗感が少なく、周辺環境と調和しやすい。 張り詰めた繊細さからくる女性的な優美さがある。
曲線的	中路アーチ橋(バランスドアーチ) 	<ul style="list-style-type: none"> 雄大なカーブと塔がランドマークとなる。 雄大なカーブを描くケーブルが緊張感とダイナミックな印象を与える。 緩やかな起伏状の丘陵と平地等、兩岸の地勢が異なる地でもまとまり易い。
	ローゼまたはランガー橋 	<ul style="list-style-type: none"> 都市部において大きな曲線はないため調和させにくい。(山間部に向く) 柔らかな曲線がダイナミックな印象を与える。
	ニールセン桁橋 	<ul style="list-style-type: none"> 単純形態であるため軽快な美しさがある。 桁下空間を高くした場合、ゲート性大。
	吊橋 	<ul style="list-style-type: none"> 雄大なカーブと塔がランドマークとなる。 雄大なカーブを描くケーブルが緊張感とダイナミックな印象を与える。 長大橋梁となるため、雄大に開けた背景が必要である。

5.3. 交通騒音・振動対策

高架橋の場合、交通による騒音や振動は、沿道の生活環境に著しい影響を及ぼす恐れがあり、この場合適切な調査および影響の予測を行い、必要に応じ対策を講じる必要がある。

(1) 騒音・振動対策

騒音・振動対策の手順は、図 5-4 のとおりである。

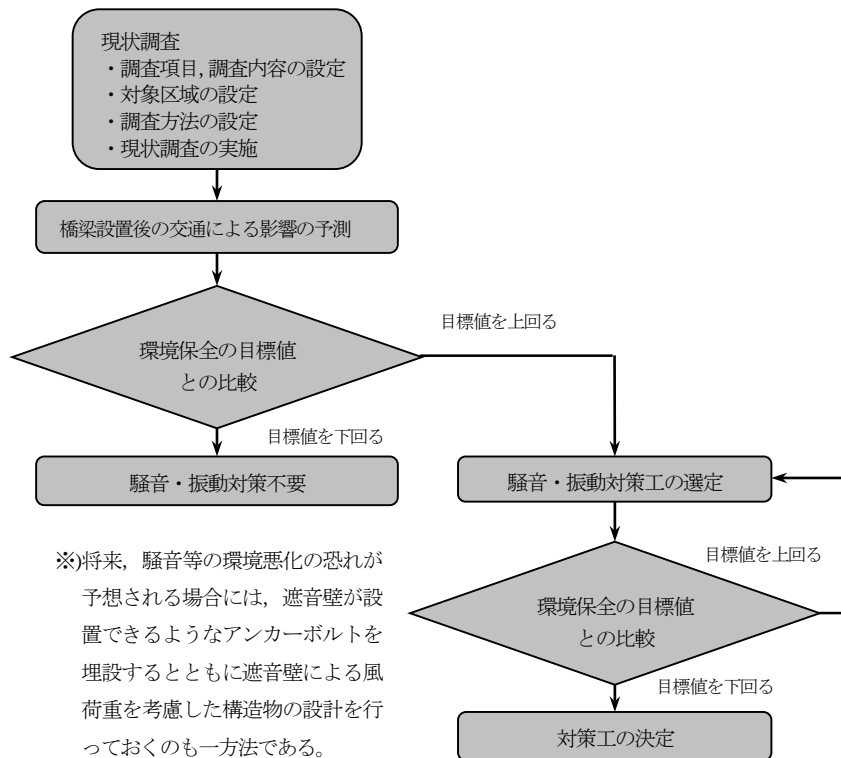


図 5-4 騒音振動対策のフローチャート

(2) 改善対策

1) 交通騒音対策

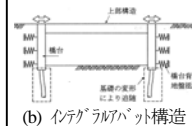
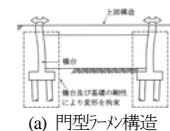
- 多径間連続構造
- 橋台部のジョイントレス構造
- 遮音壁の設置
- 高架橋の反射音対策(橋裏面吸音板の設置)
- 環境施設帯、植樹帯等環境空間の確保
- 低騒音型舗装(排水性舗装)

2) 交通振動対策

- 路面の平滑化
- 橋台部のジョイントレス構造
- 上部構造の連続化、短スパン化、コンクリート橋構造、主桁・荷重分配横桁の剛性増加、桁端部補強、動吸振器(TMD)の設置、アクティブコントロール、制振材の施工
- ゴム支承の採用、支承部ダンパーの設置
- 橋脚のラーメン化、壁式化、橋脚柱剛性の増加、フーチング重量の増加、基礎支持剛度の増加
- 土かぶり厚増加、フーチング周辺の地盤改良、地中防振壁設置

【補足】

橋台部のジョイントレス構造の例。



(H29 道示IV pp-146 参照)

5.4. 施工騒音・振動対策

完成後の騒音・振動のみでなく、施工に際しての騒音・振動にも配慮する必要がある。橋梁工事の実施にあたっては、計画・設計・施工の各段階において適正な施工法と機械の選定を行い、周辺の地域住民の生活環境保全しつつ、円滑な工事施工を図る必要がある。

例えば、杭打ち機を使用する作業(特定建設作業)等を行う場合は、騒音規制法および振動規制法により騒音振動の大きさや作業時間等について規制すべき地域が指定されているので、架橋地区が対象地域になっているかの確認を行い、適切な工事施工を図る必要がある。必要に応じ、施工計画について地域の代表者および近隣住民に対し、説明会の開催等事前説明を行い、理解を得ておくことが望ましい。また騒音・振動に関する苦情が生じる恐れがある場合には、周辺土地利用現況を把握するとともに、事業損失を未然に防止するために必要な事前調査(建築物調査等)を実施することが望ましい。

(1) 環境対策

「建設工事に伴う騒音振動対策技術指針(昭和51年3月2日 建設大臣官房技術参事官通達)」において、住民の生活環境を保全する必要がある区域が明記されている。対策の基本事項や現地調査についてこの指針に記載されているので、当指針に従い適切に対策を講じる必要がある。

環境対策の手順は、図5-5のとおりである。

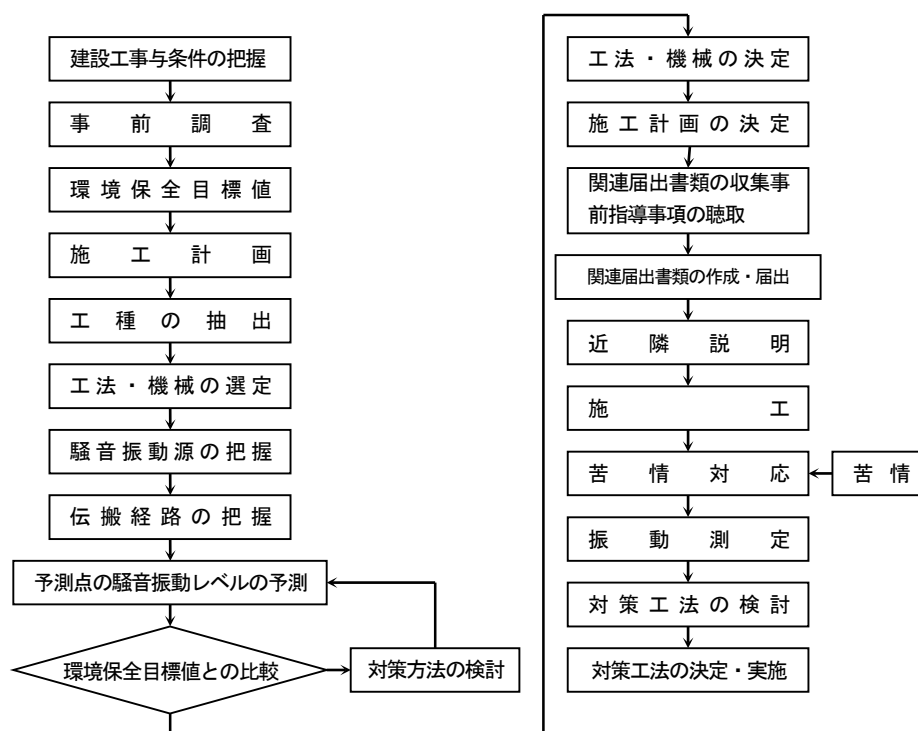


図 5-5 環境対策のフローチャート

(2) 基礎工法に用いられる環境保全対策検討項目

基礎工法に用いられる機械装置と環境保全対策検討項目は、表 5-5 のとおりである。

表 5-5 基礎工法に用いられる機械・装置と環境保全対策検討項目

杭基礎	工法	機械・装置	騒音	振動	汚泥	大気
既製杭	打撃工法	ドロップハンマ, ディーゼルパイルハンマ	◎	◎	△	○
		油圧ハンマ	○	◎	△	△
	振動工法	バイプロハンマ (電気式)	○	◎	△	△
		超高周波杭打機	○	○	△	△
場所打杭	アースドリル工法	アースドリル掘削機, エアコンプレッサ, 生コン車	○	△	◎	△
	リバース工法 (RCD工法)	リバース掘削機, サクションポンプ, クレーン, 生コン車, 排土処理プラント	△	△	◎	△
	ホールケーシング工法 (ベノト工法)	ハンマグラブ掘削機, せん孔機, 生コン車, ダンプトラック	○	○	○	△
	アースオーガ工法	アースオーガ掘削機, 生コン車	△	△	○	△
	深礎工法	揺動圧入機, ハンマグラブ, 専用クライムシエル, クレーン, コンクリートプラント	△	○	△	△
	地中連続壁工法	リバース掘削機, 専用クライムシエル, クレーン, コンクリートプラント	△	○	◎	△
埋設杭	圧入工法	ジャッキ, トランキ, 载荷による圧入	△	△	△	△
	プレボーリング工法 (セメントミルク)	アースオーガ掘削機, ドロップハンマ 2~8tf, 圧入装置, 残土処理用ブルドーザー, グラウトプラント, 給水装置, 発電機, 排土処理プラント	○	○	◎	△
	中掘工法	アースオーガ掘削機, 油圧ハンマ, 圧入装置, 残土処理用ブルドーザー, グラウトプラント, 給水装置, 発電機, 排土処理プラント	○	○	◎	△

注) ◎: 検討を要する。○: 必要に応じて検討を要する。△: 大きな問題はない。

【出典】(表 5-5, 表 5-6)
(社)日本建設機械化協会, 建設作業振動対策マニュアル

(3) 土留工に用いられる環境保全対策

土留部材は土を支える壁(矢板等)部材と壁を支える腹起し, 腹起しを支える切ばり(又はタイロッドアンカー), 切ばりの自重を支えると同時に切ばりの座屈防止をする支柱等の支保工部材から成り, これらの部材に使用される材料としては, 木材・コンクリート・鋼材等がある。表 5-6 に壁および支保工材に使用される各種使用材料の特質を示す。

表 5-6 土留工に用いられる機械・装置と環境保全対策

土留工		工法	機械・装置	騒音	振動	汚泥	大気
既製矢板	既製コンクリート矢板	プレボーリング工法		○ *	○ *	△	△
	鋼矢板	振動工法	パイプロハンマ 超高周波型	○ ○	◎ ○	△ △	△ △
		アースオーガ工法	アースオーガ	△	△	△	△
	鋼管矢板 親杭横矢板 木矢板		ドロップハンマ アースオーガ圧入 パイプロハンマ ディゼルパイルハンマ	◎ △ ○ ◎	◎ △ ◎ ◎	△ △ △ ○	△ △ △ △
場所打ち	壁式中連続壁	場所打ちコンクリート 自硬性安定液 安定液置換え 原位置固定	プレボーリング	△	△	○	△
	柱列式中連続壁	置換・混合		△	△	○	△

注) ◎：検討を要する。○：必要に応じて検討を要する。△：大きな問題はない。*：打込時に検討を要する。

5.5. 日照障害・電波障害対策

高架橋や跨線橋等の場合、隣接地域に対し日照障害や電波受信障害等の環境障害を与える恐れがあることから、橋梁が隣接地に及ぼす日陰の影響や電波受信障害を事前に調査し、必要に応じて地域住民に対する説明・改善対策・当該損害の補償等の措置を講じる必要がある。

(1) 日照障害

- 日照障害の検討は、現地調査による近隣建物の状況を踏まえて行う(日影図による手法)。
- すでにほかの建物等による日照障害がある場合は、その状況を含めた複合の日照障害として検討する。
- 金銭による補償—公共事業の施行に伴う公共施設の設置により生じた日陰により、一定の条件を有する地域または区域内にある住宅の居住者に対し社会生活上受認すべき範囲を超える損害等が生ずると認められる場合には、当該損失等を補填するために必要な最小限度の費用を負担する。
- 遮音壁の設置により、日照障害が懸念される場合には、太陽光を透過するタイプの遮音壁(レンズ型透光板)の設置も効果的である。

(2) 電波受信障害

- 電波受信は、現代ではテレビは日常生活に必要不可欠なものとなっていることから、橋梁の基本計画の段階から障害を予測し、対策を検討することが望ましい。
- 受信障害を解消するためには、予め受信障害地域を予測し、当該地域における工事着手以前の受信状況および工事中、完成後の受信障害発生地域の受信状況を調査し、その実態を把握する必要がある。
- 金銭による補償—公共事業の施行に伴う公共施設の設置により生じたテレビジョン受信電波障害により、社会生活上受認すべき範囲を超える損害等が生ずると認められる場合には、当該損失等を補填するために、必要な最小限度の費用を負担することができるものとする(「公共施設の設置に起因するテレビジョン電波受信障害により生ずる損失等に係る費用負担について」昭和54年10月12日建設省事務次官通知)。

- 遮音壁の設置により電波受信障害が懸念される場合には、電波を透過するタイプの遮音壁(電波障害防止型遮音壁)の設置も効果的である。

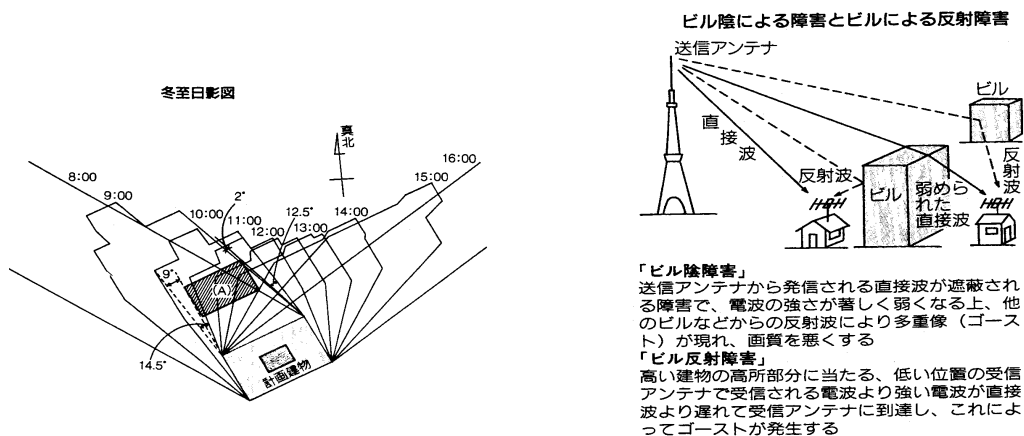


図 5-6 日照障害と電波受信障害

6. 橋梁計画

6.1. 橋梁計画・設計作業のフローチャート

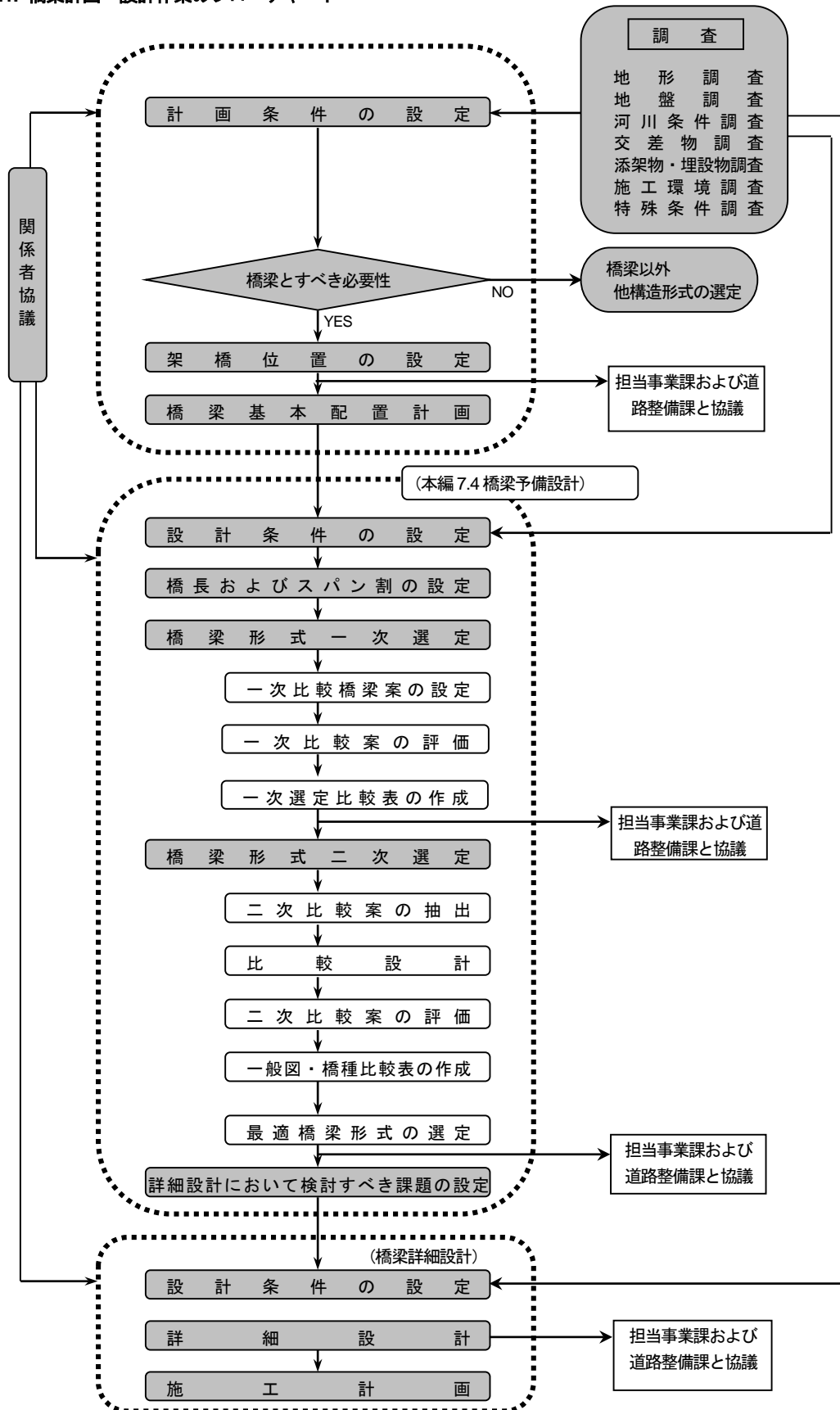


図 6-1 橋梁計画・設計作業のフローチャート

6.2. 橋梁計画の基本方針

橋の計画にあたっては、路線線形や地形・地質・気象・交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、加えて地域の防災計画や関連する道路網の計画とも整合するように、架橋位置及び橋の形式の選定を行わなければならない。

橋は道路の一部をなすものであるため、その架橋位置の選定にあたっては、路線線形に適合することが必要である。

【参考】

H29 道示 I 1.7.1,
p-14～15

6.3. 交差条件との関係

架橋位置、支間割、橋脚位置、橋脚形状、橋下空間等は、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理者の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、また、交差物件の管理者と十分協議して定めなければならない。

【参考】

H29 道示 I 1.7.2,
p-15～16

交差条件ごとの主な諸条件は次のとおりである。なお、橋下空間については、橋下の交差物件に必要な空間のほか、橋本体と交差物件の両方の維持管理に必要な空間を考慮して決定する必要がある。

(1) 河川等に架橋する場合

- 架橋位置、橋長、橋台の位置の決定には、河川形状、改修計画等
- 支間長、橋下高、橋脚の形状の決定には、計画高水位、計画高水流量、船舶通過の条件、隣接構造物等
- 基礎の天端高さの決定には、改修計画、洗掘状態等

(2) 海峡、運河に架橋する場合

- 支間長、橋下高の決定には、航路通過船舶の大きさ等

(3) 道路、鉄道上に架橋する場合

- 橋長、支間長、橋下高、橋脚位置・形状の決定には、道路、鉄道の幅員構成、建築限界、視距等
- 橋台、橋脚及び基礎の位置・形状の決定には、地下埋設物、地中構造物等

6.4. 橋梁計画の留意点

橋梁を計画するに際しては、経済性に加えて、路線線形、交差条件、耐久性、耐震性、施工性、走行性、景観、維持管理等に十分留意して計画しなければならない。

(1) 線形

橋によって路線全体の線形が決まる場合も少なくないことから、架橋位置の選定にあたっては諸条件を勘案して慎重に行う必要がある。

現在のところ地震に伴って生じる津波による橋に対する影響について正確に評価することは困難である。そのため浸水が予想される地域の道路橋の設計においては、地域の防災計画と整合して被災時の避難経路や救援や復旧活動などに支障を生じることなく、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるように、架橋位置や構造形式等に配慮する。

強震動の影響だけではなく、断層変位や地すべりによる下部構造の移動との複合的な影響により生じた損傷が橋の供用性を損失させた事例がある。調査の結果得られた斜面等の地形条件や地質的な地盤の成り立ちなどの条件を考慮して、基本として地盤変動の影響を避けられるように架橋位置を選定するのが望ましい。一方で、その他の条件も加味したうえで、地盤変動に対して粘り強い基礎構造を採用したり、基礎が移動したり斜面移動による外力を受け続ける状態に陥ったとしても自立性が高く、応力状態が比較的明確なままであるような支間割りや上部構造形式を採用したりするなど、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるよう構造形式の選定において配慮する必要がある。

河川等交差物件と交差する場合は、交差角度をできるだけ大きくする配慮が必要である。

縦断線形は、橋梁部での水の流れをよくするために橋梁部にサグ(道路における下り坂から上り坂への変化点)を設けない配慮が必要である。

(2) 交差物件

設計の前提として計画する点検や被災時の調査などの維持管理行為や防食の更新などの将来の補修工事等が適切に行えるようあらかじめ計画しておく必要がある。

(3) 設計供用期間

橋に経年的な劣化が生じたとしても使用目的との適合性や構造物の安全性が大きく低下することなく、所要の性能を確保する必要がある。耐久性能を照査するにあたって設計上目標とする時間は、道示では一定の知見が得られているものについては100年を目安に設定されている。

(4) 施工性

施工段階における安全性が確保でき、使用目的との適合性や構造物の安全性及び耐久性能を確保できることなど性能の照査で前提となる所要の施工品質が確実に得られるよう設計時に配慮する必要がある。施工の良し悪しが耐久性能に及ぼす影響が大きいことを設計の段階で十分に認識して、適切な施工品質が得られるよう努めることが重要である。

(5) 走行性

走行上の快適性等に配慮した多径間連続形式が望ましい。

橋梁上の走行の安全性、快適性を支配する要素としては、路線の線形のほか、路面に見える構造物の部材、伸縮装置等があるが、一般的には「上路形式」「走行中のショック、破損による補修等の問題が生じる箇所のため、これの少ない連続橋梁」が望ましい。

【参考】

H29 道示 I 1.7.1

解説 p-14

【参考】

H29 道示 I 1.7.2

解説, p-16

【参考】

H29 道示 I 1.5 p-12

【補足】

静岡県橋梁中長期管理計画より、適切な補修を実施した橋梁の耐用年数を120年と設定している。そのため、LCC算出においては、120年分を考慮する。

【参考】

H29 道示 I 1.3

解説, p-10

【参考】

H29 道示 I

1.7.1 解説, p-15

【参考】

NEXCO 第二集

1章 2の解説, p-1~

3

(6) 景観

景観的配慮とは、構造物の置かれる周囲の自然環境、都市環境との調和又は対比(コントラスト)を如何にするかということであり、また道路を利用する人々に対しても好感を与えるべく配慮することである。

経済性と景観上の配慮とは、多くの場合、調和させることが、時として相反するために二者択一又は双方からの歩み寄りが要求されることもあり、道路の建設の意義を認識するとともに、自然環境の重要度等も合せて調和を見出す努力が必要である。

(7) 維持管理

定期点検やその他供用期間中に想定している各種の点検、地震や台風などの自然災害が生じたときにおける点検についても適切に対応できるように、設計の前提として、具体的な維持管理の方法等の計画を設計段階から考慮することが重要である。

【参考】

NEXCO 第二集
1章 2の解説、

p-1~3

【参考】

H29 道示 I 1.3

解説、p-10

6.5. 計画条件の決定

「計画条件」は、橋梁とすべき必要性の検討や架橋位置の設定、橋梁基本配置計画等の「橋梁基本計画」の策定にあたっての前提条件で、(1) 道路計画条件、(2) 河川条件、(3) 交差道路条件、(4) 鉄道条件等の交差物条件、(5) 地形・地盤特性、(6) 生活環境・自然環境からの条件、(7) その他基本計画策定にあたっての特殊条件 の項目から構成される。

(1) 道路計画条件

橋梁は道路の一部であるため、道路規格・設計速度・幾何構造(平面線形・縦断線形等)・横断構成等は、「道路構造令」等に適合していることが不可欠である。

「道路計画条件」は、次の項目から構成される。

- 路線名
- 計画交通量
- 施工箇所
- 建築限界
- 道路規格
- 幾何構造(平面・縦断線形等)
- 設計速度
- 幅員構成
- 活荷重
- その他道路計画条件

1) 幅員構成

橋梁における幅員構成は、前後道路の幅員構成に合わせることを基本とする。ただし、以下の場合には担当事業課および道路整備課と協議すること。

- 長さ 100m以上の橋および高架の道路で路肩の幅員を縮小する場合
- 橋梁の前後道路に停車帯および植樹帯等がある場合

2) 歩道部の形状

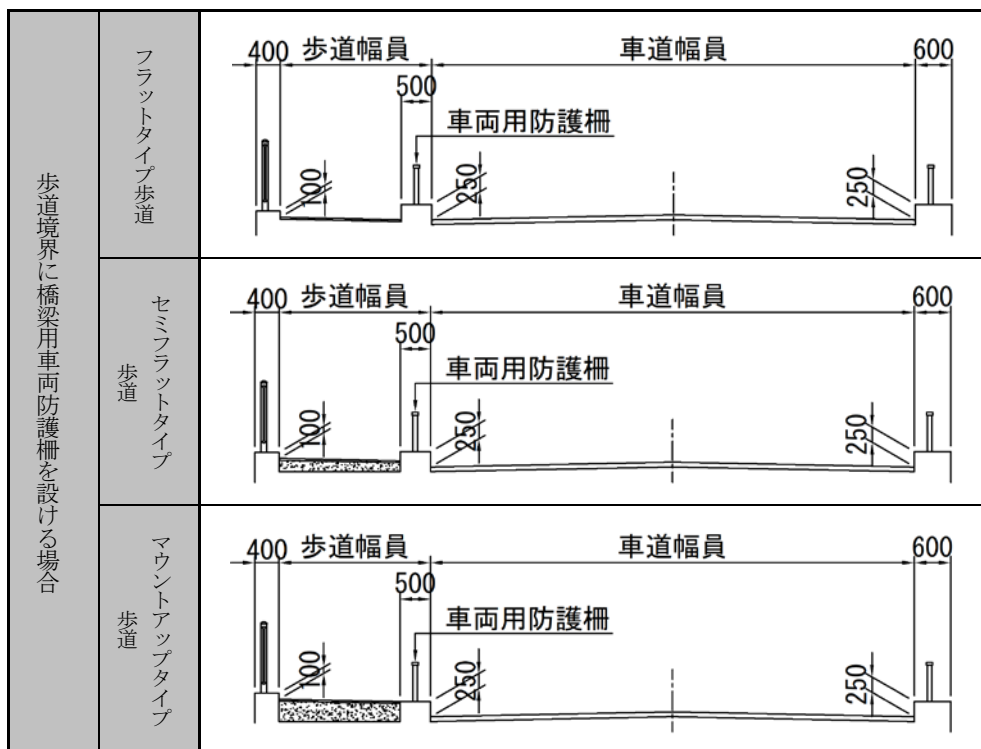
歩道部のタイプはセミフラットタイプを標準とする。ただし、前後の歩道形態との整合等やむを得ない場合については、フラットタイプまたはマウントアップタイプが採用できる。

また、いずれのタイプにおいても、歩車道境界に橋梁用防護柵設置の有無に関わらず、歩車道境界幅は施設帯と同じ幅(0.5m)を確保するものとするが、橋長が短い(概ね 10m 程度以下)場合や前後の道路の状況に応じて、歩車道境界の幅を 0.2m 程度としてもよい。

なお、設計または工事における歩道タイプの変更は、その死荷重の影響が上・下部構造両方に大きな影響を与えるので注意する。

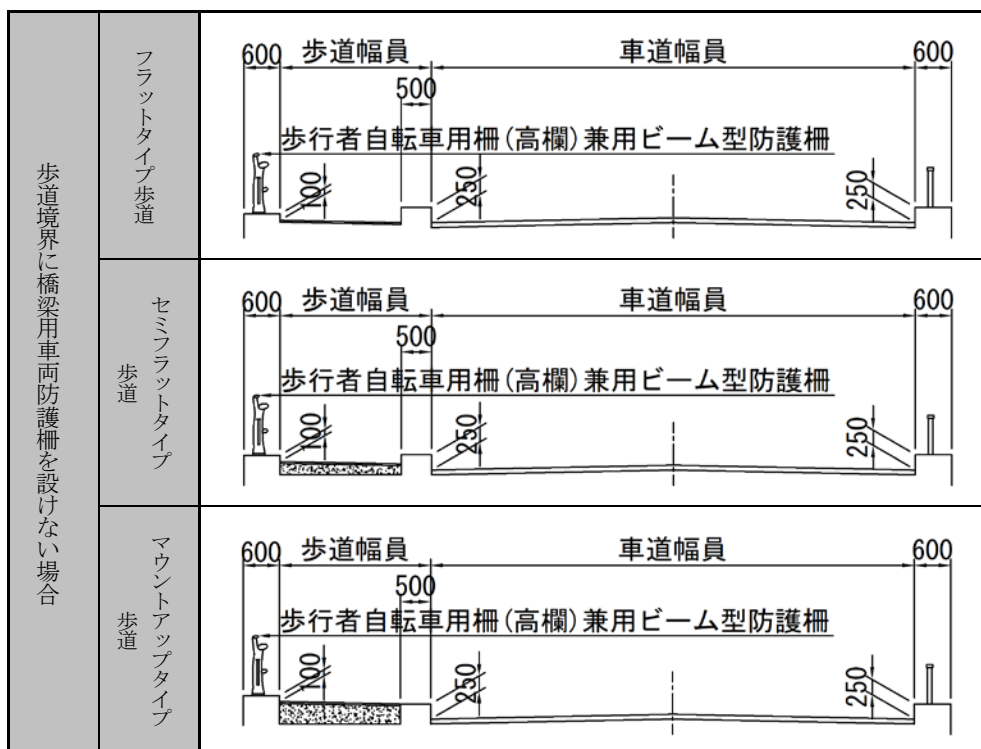
【県の運用】

「道路構造令」では、橋長 50m 未満の橋梁では路肩縮小しないとの記載があり、また、「運用上は、橋長 100m 未満の場合には路肩の幅員を縮小しないことが多い」(道路構造令 P214)との解説から、100m 未満の場合には路肩の幅員を縮小しないこととした。



※) 壁高欄を設置する場合の地覆幅についてはこの限りではない。

図 6-2 歩道の形状（歩道境界に橋梁用車両防護柵を設ける場合）



※) 壁高欄を設置する場合の地覆幅についてはこの限りではない。

図 6-3 歩道の形状（歩道境界に橋梁用車両防護柵を設けない場合）

3) 施設帯(歩車道境界ブロック)

施設帯は歩道がフラット形式・マウントアップ形式および車両用防護柵の設置の有無に関わらず、図 6-4 の形状を標準とするが、橋長が短い(概ね 10m 程度以下)場合などは、ブロックの幅を 200mm 程度としてもよい。

なお、鋼床版橋の場合には、鉄筋の継ぎ手構造および加工形状を別途検討する。

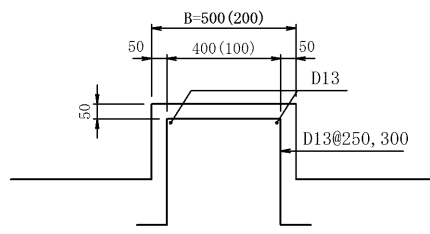
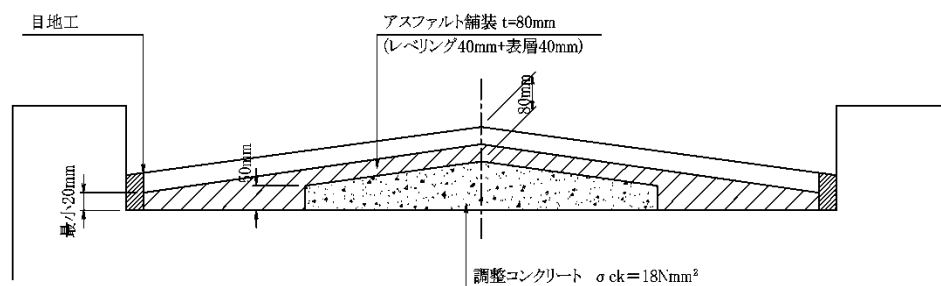


図 6-4 施設帯(歩車道境界ブロック：橋梁部)

4) 舗装構成

橋面舗装は図 6-5 の舗装構成を標準とし、車道部については表層・基層ともに密粒度アスファルト混合物(13)ポリマー改質アスファルトⅢ型-W(交通量の少ない場合は、消石灰入り密粒度アスファルト混合物(13))を使用する。

歩道部については、表層・基層ともに消石灰入り細粒度アスファルト混合物を使用する。ただし、マウントアップタイプとした場合は、基層無しで表層(3cm)のみとする。



- 車道部ー 基層(レベリング)：平均厚さ 40mm
(密粒度アスファルト混合物(13)ポリマー改質アスファルトⅢ型-W 又は、消石灰入り密粒度アスファルト混合物(13))
- 表層：厚さ 40mm
(密粒度アスファルト混合物(13)ポリマー改質アスファルトⅢ型-W 又は、消石灰入り密粒度アスファルト混合物(13))
- 歩道部ー 基層(レベリング)：平均厚さ 30mm
(消石灰入り細粒度アスファルト混合物)
- 表層：厚さ 30mm
(消石灰入り細粒度アスファルト混合物)

図 6-5 舗装構成(車道部の場合)

なお、鋼床版橋の場合には、基層(レベリング)はグースアスファルトとし、PC 橋などで橋面横断勾配をアスファルトコンクリートにより調整を行う場合は、レベリングを兼ねるものとするが、レベリングの設計最小厚は 20mm とし、最大で 90mm をこえる場合には、調整コンクリート(最小厚 50mm)の施工の検討も行うものとする。

ただし、鋼床版形式の歩道橋の場合で、施工性等によりグースアスファルトの使用が困難であると判断された場合には、担当事業課および道路整備課と協議する。

【県の運用】
舗装構成

【補足】

詳細は、「本要領 VI 5.3」を参照するものとする。

【補足】

調整コンクリートには、ひび割れ防止対策として、膨張剤等を用いるものとする。

5) 橋梁の設計用自動車荷重

県管理道路はB活荷重を適用する。

市町道については、基幹的な道路網を形成するものも含め、大型自動車の交通状況に応じて、A活荷重またはB活荷重を適用する。

(2) 河川条件

1) 「河川条件」は、河川条件調査および河川管理者との協議に基づき、次の項目について整理する。

- 河川名
- 架橋位置
- 計画高水流量
- 計画高水位
- 現況(計画)河床高
- 現況(計画)堤防高
- 現況(計画)河川断面
- 最深河床高
- 現況(計画)河床勾配
- 施工時期
- 河川区域、河川保全区域の範囲
- その他の河川条件

表 6-1 計画高水流量と余裕高

計画高水流量 (単位1秒間につき立方メートル)		計画高水位に加える値 (単位メートル)
200 未満		0.6
200 以上	500 未満	0.8
500 以上	2,000 未満	1.0
2,000 以上	5,000 未満	1.2
5,000 以上	10,000 未満	1.5
10,000 以上		2.0

【参考】

河川構造令第64条

2) 注意ポイントは次のとおりである。

a) 計画高水流量

計画高水流量は、河川改修計画等で決定されている場合は、その数値を用いる。

決定されていない場合は、諸元について河川管理者と協議し、本橋上下流に架設されている橋の河川協議資料を参考に設定する。なお、計画高水流量が不明な場合は、「建設省河川砂防技術基準(案)」に基づき算出するなど、諸元について河川管理者と協議し決定する。

b) 計画高水位

計画高水位は、河川改修計画等で決定されている場合は、その数値を用いる。

決定されていない場合は、本橋上下流に架設されている橋の河川協議資料を参考に設定する。なお、計画高水位が不明な場合は、不等流または等流計算により算出する。なお、堤防の高さは、計画高水流量に応じ、計画高水位に表 6-1 の右欄に掲げた値を加えた値以上とする。

c) 最深河床高

最深河床の包絡線と計画河床のいずれか低い方とする。なお、最深河床の決定においては橋の設置個所から上下流おおむね0.6km範囲の10ヶ年程度の経年変化および設置個所とその付近の現況測量をもとに行うものとする。河床変動調査を河川管理者が実施している場合はその数値に基づき決定する。実施していない場合は、地形調査および河川条件調査の結果により決定する。

特に河床変動の著しい区間においては、調査範囲を広げて調査する。

表 6-2 塩害に関する基準

技術関連指針等の名称	主な考え方
道路橋の塩害対策指針(案)・同解説 昭和59年2月 日本道路協会	① 鋼材防錆のためかぶりを部材ごとに設定 ② 塩害対策を必要とする地域と対策の区分を設定
建設省通達 昭和61年6月 建設省	コンクリート中の塩分総量規制(RC部材、ポストテンション部材は0.6kg/m ³ 、プレテンション部材は0.6kg/m ³ 以下)
道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編 平成29年11月 日本道路協会	① 耐久性の目標期間を100年と想定した最小かぶりを設定 ② 耐久性の目標期間を100年と想定した影響地域を設定
コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領(案) 平成16年3月 国土交通省 道路局 国道・防災課	塩害による損傷が生じる可能性があるコンクリート橋の維持管理に適用する。したがって、明らかに塩害によると考えられる損傷が現れている橋梁については、本要領(案)によることなく、早急に補修補強などの対策をとる必要がある

6.6. 橋梁とすべき必要性

高架橋・山地部の橋・跨道橋・跨線橋の橋梁計画をするにあたり、盛土形式やカルバート形式(アンダーパス形式を含む)等、他の構造形式との比較により、橋梁とすべき必要性について検討を行うものとする。

橋梁とすべき必要性を検討する主な要件を次に示す。

- 高架橋 : 経済性, 生活環境への影響(騒音・振動・日照等), 交通・土地利用等の都市環境への影響(市街地分断等)等
- 山地部の橋 : 経済性, 自然環境への影響(動植物・景観等), 溪流環境(土石流発生の危険性等), 雪崩の影響等
- 跨道橋・跨線橋 : 交差物条件(建築限界等), 経済性, 生活環境への影響, 維持管理性等

カルバート形式を比較するにあたって、カルバートの一般的な適用範囲は表 6-3 のとおりとする。

表 6-3 従来型カルバートの適用範囲

カルバートの種類		項 目	適用土かぶり(m) 注1)	断面の大きさ(m)
剛性ボックスカルバート	ボックスカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	0.5~20	内空幅B: 6.5まで 内空高H: 5まで
		プレキャスト部材による断面	0.5~6 注2)	内空幅B: 5まで 内空高H: 2.5まで
	門形カルバート		0.5~10	内空幅B: 8まで
	アーチカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	10以上	内空幅B: 8まで
プレキャスト部材による断面		0.5~14 注2)	内空幅B: 3まで 内空高H: 3.2まで	
剛性パイプカルバート	遠心力鉄筋コンクリート管		0.5~20 注2)	3まで
	プレストレスコンクリート管		0.5~31 注2)	3まで
たわみ性パイプカルバート	コルゲートメタルカルバート		(舗装厚+0.3)または0.6の大きい方~60 注2)	4.5まで
	硬質塩化ビニルパイプカルバート(円形管(VU)の場合)注3)		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~7 注2)	0.7まで
	強化プラスチック複合パイプカルバート		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~10 注2)	3まで
	高耐圧ポリエチレンパイプカルバート		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~26 注2)	2.4まで
1) 断面の大きさ等により、適用土かぶりの大きさは異なる場合もある。 2) 規格化されている製品の最大土かぶり 3) 硬質塩化ビニルパイプカルバートには、円形管(VU,VP,VM), リーフ付円形管(PRP)があるが、主として円形管(VU)が用いられる。				

【出典】
道路協会,
道路土工-カルバート工指
針,
H22.3, p-5~13

- 以下の条件に該当しない場合は、従来型カルバートの適用範囲内であっても慣用設計法ではなく、「道路土工カルバート工指針 第4章 設計に関する一般事項」に示す考え方にに基づき、適切な方法で設計する。
 - 1) 裏込め・埋戻し材料が土であること
 - 2) カルバートの縦断方向勾配が10%程度以内であること
 - 3) 本体断面にヒンジがないこと
 - 4) 単独で設置されること
 - 5) 直接基礎により支持されること
 - 6) 中柱によって多重構造になっていないこと
 - 7) 土かぶり50cmを確保できること
- 従来型カルバートの適用範囲外の場合は、カルバートの要求性能を設定した上で、要求性能を満足するように設計する。

6.7. 橋梁基本計画

橋梁の基本計画にあたっては、路線線形や地形・地質・気象・交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、架橋位置や橋台、橋脚位置、橋の基本形式・形状等の選定を行わなければならない。

【参考】H29 道示 I
1.7.1, p-14

(1) 架橋位置の設定

道路の路線線形・地形・地盤特性・交差物件等の外部的諸条件や経済性・走行性・施工性・維持管理・環境との調和を考慮して、架橋位置を選定する。

- 1) 河川に架橋する場合、次のことに注意が必要である。
 - 狭窄部(山間狭窄部は除く)・水衝部・支派川の分合流部および河床の変動が大きい箇所には設けることは避けるように努める。
 - 河川に設けられている他の工作物(橋・伏せ越し・堰等)に近接した箇所に設ける場合は、治水上の支障となる恐れがあるため対策が必要である。なお橋同士においては、上下流の橋脚間の距離が当該河川の川幅以上または200m以上離れている場合には、橋脚の位置関係に関する制限は必要ないと考えられている。
 - 架橋位置の河川区域が航路に指定されている場合や漁業権が存する場合は、注意を要する。

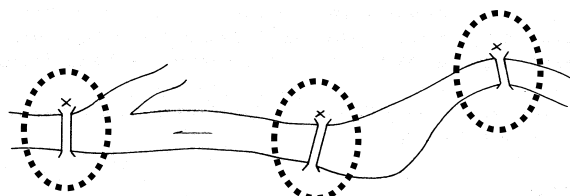


図 6-7 架橋位置に望ましくない箇所

- 2) 高架橋または跨道橋・跨線橋の場合の架橋位置は、交差条件等の外部的諸条件(道路・鉄道条件)、経済性・維持管理性のほか、周辺の土地利用・将来の土地利用計画を考慮し、環境との調和(生活環境への影響等)及び地域内交通への影響、土地利用への影響等にも配慮して設定する。

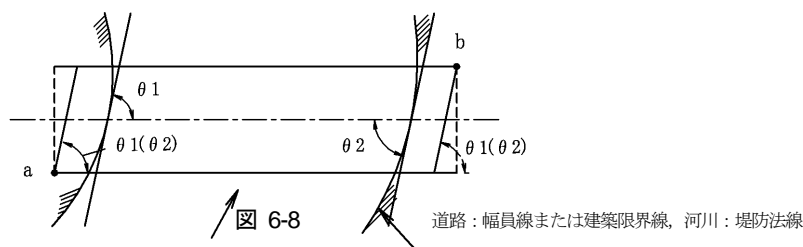
(2) 橋梁基本配置計画

1) 平面形状

1) 斜角の設定方法

a) 交差物件の幅員線(法線)が曲線の場合

- 道路中心線と交差物件の交点を結び、どちらか一方の法線の接線に平行な支承線を設置する。
- 橋長や幅員・斜角の程度により、直橋として計画することが橋面計画などにとって望ましい場合には、図 6-8 の a, b 点より、橋梁の幅員線に垂直な線(点線)を設定し、直橋として計画する場合もある。



b) 交差物件の幅員線(法線)が平行でない場合

- 両端部の支承線方向は左右の幅員線(法線)に平行に、中間支点は交差物件の中心線方向に平行に設置する。
- この場合、橋梁がバチとなり各橋台、橋脚すべて斜角が異なる。
- 上記のような場合、支承線方向を交差物件の中心線方向に平行とし(点線)、2 径間の斜橋として計画する場合もある。その場合、斜角はすべて θ_3 となる。

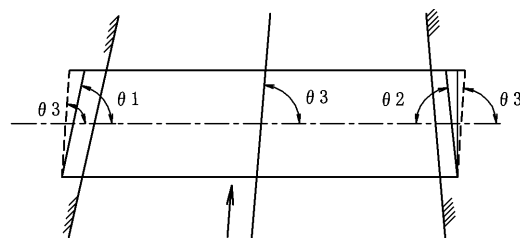


図 6-9

c) 交差物件の幅員線(法線)が平行で、道路中心線が曲線の場合

両端部の支承線方向を幅員線(法線)方向に平行に配置した場合の斜角の表示方法は、

- a_1 — b_1 線と端支点支承線方向の交角 θ_3 、 θ_4 を斜角と表現する方法。ただし、 a_1, b_1 は道路中心線と橋台支承線方向(パラペット)の交点である。
- 橋梁の道路中心線 IP 方向と端支点支承線方向の交角 θ_1 、 θ_2 を斜角と表現する方法。曲線橋の場合、斜角の設置方法によって下部構造の施工に際し、端支点の位置や方向の設置などにミスが伴う可能性が高いので、一般的には上述の表現方法が望ましい。

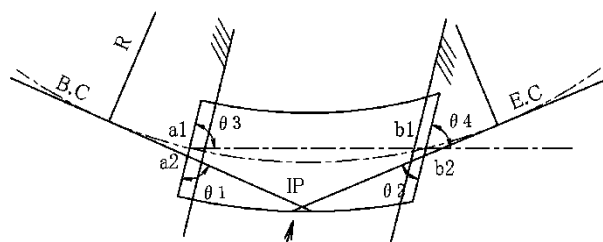


図 6-10

d) 道路中心線が曲線で斜角が自由に設定できる場合

- 求心方向に斜角設置する方法(平面形状は線形となる)。斜角の表現方法は前項 c)と同様である。ただし、a、b 各点の接線との交角は直角となる。
- 求心線 OP に平行に斜角を設置する(点線)方法。曲線橋の場合、斜角の設置方法にかかわらず、中心角 $\phi = L/R$ (L =曲線に沿った支間) と、ねじり曲げ剛比の値により主桁形式が選択でき(「鋼道路橋設計便覧」P.172)、特に ϕ の影響が大きな要素となる。その値が小さければ、ねじり剛性の小さい鉄桁並列橋、大きくなれば、ねじり剛性の大きな箱桁形式となる。しかしいずれの場合でも、曲線橋は路面そのものが図 6-11 のように、橋梁の道路中心線(直線 ㉔-㉕)に対して偏心しているため、死荷重を含む路面荷重によってねじりモーメントが発生する。その大小が曲線橋を構成する全部材の内力、変形、支承反力に大きな影響を与えることとなる。

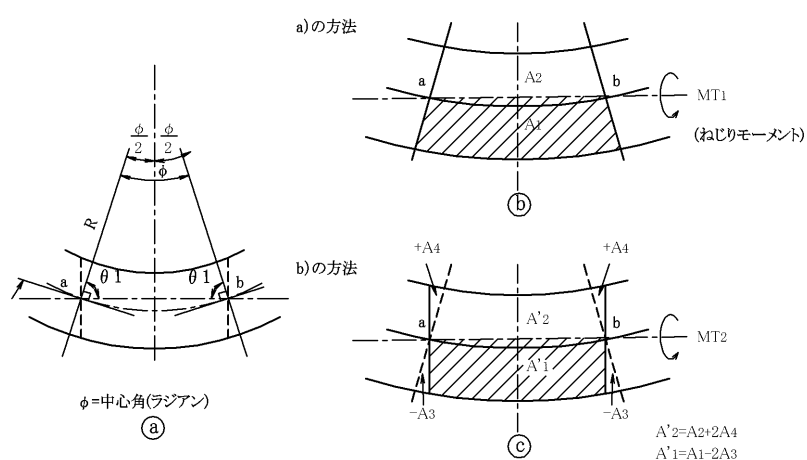


図 6-11

上図および上式により明らかなように、『求心方向に斜角設置する方法』より『求心線 OP に平行に斜角を設置する方法』の方が、ねじれに影響する面積が少なく、ねじれに抵抗しようとする面積は、『求心方向に斜角設置する方法』より『求心線 OP に平行に斜角を設置する方法』の方が大きい。従って、『求心線 OP に平行に斜角を設置する方法』がねじりモーメントが少なくなり、有利な斜角設置方法となる。

2) 斜角による問題点(直橋と斜橋の比較)

a) 線形に与える影響

- 現地(現道)への取付けは、斜橋の方が直橋に比べスムーズなすり付けとなる場合が多い。
- 斜橋は直橋より橋長が長くなり、不経済となる場合が多いので、基本的には交差物件に対し直角に交差させ、直橋として計画することが望ましい。
- 斜橋では斜方向横断形状が中心線を境として非対称となる。

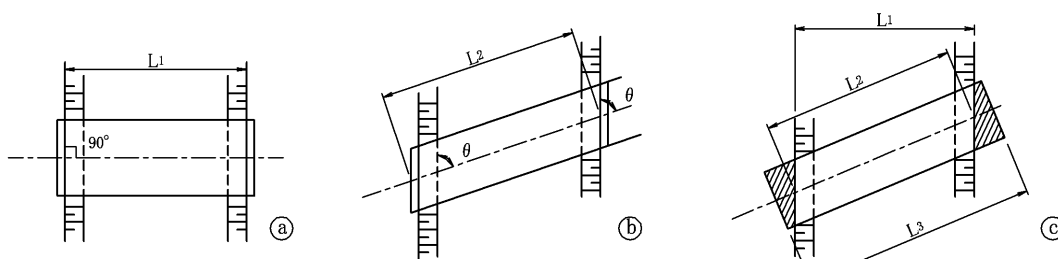


図 6-12

b) 構造に与える影響

- 斜橋は偏心荷重の場合だけでなく、橋軸中心に荷重する等分布荷重によっても主桁にねじりモーメントが生じる。ねじりモーメントが大きい場合には I 断面ではねじり剛性が不足する可能性があるため、箱断面が必要となる場合がある。
- 斜橋は斜角が小さくなるに従い、主桁の曲げモーメントが減少するが、横桁の曲げモーメントが増加する傾向にあるので、鋼橋の場合は鋼重増につながり不利な構造となる場合が多い。
- 斜橋では曲げモーメントの最大は主桁支間中央より鈍角部側に発生する傾向にあり、最大曲げモーメントの分布も対称形とはならない。
- PC または RC 橋の斜床版橋の設計は非常に煩雑となるので、設計・施工(配筋)に注意が必要となる。
- 斜橋は荷重の伝達機構が直橋に比べ複雑で、鋭角部では床版が浮き上がろうとする力が発生しやすく、そのため鋭角部支承には負の反力が生じる傾向があるため、支承反力のバランスが悪く、床版の応力状態も複雑となるため注意が必要である。
- 斜角が大きい斜橋の場合は、斜格子構造(斜角と平行に横桁などを配置する)として計画し、製作も比較的容易であるが、斜角が小さくなると格子剛度が著しく低下するため、直格子構造(構造中心線に直角に横桁などを配置する)として計画することとなる。その際、横桁位置での各主桁の製作たわみが異なり、床組が複雑な構造となる場合が多い。
- 斜橋は斜方向の横断形状が非対称となるので、下部構造橋座に傾斜や段差をつけて処理する方法が一般的である。鋼橋では床版ハンチ高を高くすることにより調整を行う方法があり、PC・RC 橋などでは勾配コンクリートなどによる調整を行う方法があるが、いずれの場合も死荷重増につながることもある。
- 斜角が小さい下部構造には土圧の偏載荷により平面的な回転が生ずる場合があるので、その検討が必要となる。

c) 製作・架設に与える影響

- 斜格子の場合には比較的製作・架設は容易であるが、直格子の場合は、主桁相互間の製作キャンパーに差があるため、主桁と横桁との連結が非常に複雑となり製作・架設面で不利である。
- 斜方向の横断形状が複雑になるため、伸縮装置の製作(鋼製フィンガー・スライド)が複雑となる。また既製品の場合でも配置・据え付けが煩雑となる。

d) 耐久性に与える影響

斜橋としたことにより耐久性の影響を受ける部材として、「b) 構造に与える影響」で記述した床版部材が挙げられる。斜橋の床版鋭角部は、荷重の荷重状態により複雑な応力状態となり、補強鉄筋を配置することや、部材を増厚することなどにより対応した場合でも、構造の弱点となる場合が多い。

その他、舗装の剥離・伸縮装置の浮き上がり(ゴム系)・鋼材の疲労など直橋に比べ耐久性は劣る。

e) 斜角による設計方法の違い

鋼橋および PC 橋共に、床組解析(断面力)は格子構造理論により算出することを原則とするが、

- PC の T 桁橋の場合、斜角 $75^\circ < \theta < 90^\circ$ で主桁が 3 本以上の多主桁の橋梁は直交異方性版理論によってもよい。
- 床版橋の断面力の算出は、断面形状等の相違により版理論、格子構造理論および有限要素法などによる。斜め床版橋は、一般に格子構造理論等により断面力を算出するのがよい。簡易方法として、Nielsen および Vogt の図表等により算出することができる。

- 鋼橋板桁の場合、解析理論は格子理論とするが、斜角 $\theta < 70^\circ$ は直格子、 $\theta \geq 70^\circ$ は斜格子構造で解析する。

3) 曲線半径が小さい場合の処理

交角の大きい曲線橋(交角が 60° 程度以上)は、低次振動モードの影響も大きいこと、最も危険側となる地震動方向の設定が困難であることなど、地震時の挙動が複雑であることから、検討が必要な各方向に対し動的解析を行う必要性が生じる場合がある。

また、曲線半径が小さい場合、ねじりによる影響も大きくなるため、ランプ橋などのように曲線が必要となる場合を除き、交角の大きい曲線橋や曲線半径の小さい橋は、可能な限り計画を避けるなど、道路線形も含んだ検討を行うことが望ましい。

なお、曲線半径が大きい場合や曲線半径は小さいが橋長が短い場合では、デッドスペースを橋梁区間内に取り入れる方法も考えられる。

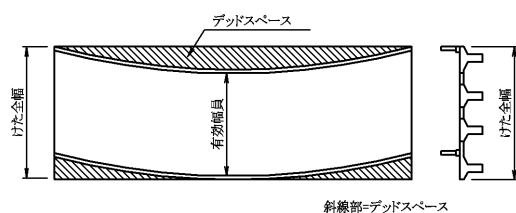


図 6-13 曲線橋の平面形状例(コンクリート道路橋設計便覧より)

2) 橋台位置

橋台の設置位置、形式及び形状の決定に際しては、経済性のみでなく橋台の安定や安全にかかる不確定要素を極力排除するとともに河川堤防など周辺構造物の機能や安全性に及ぼす影響などについても総合的に考慮する必要がある。

河川条件や交差条件等で橋台位置が限定されない場合は、取付け道路も含めた上部構造・下部構造・土工等の全体工事費の比較により、全体工事費が最小となる位置で橋台位置を決定する。

なお、用地費が無視できない場合には、その費用も含めて経済比較を行うものとする。

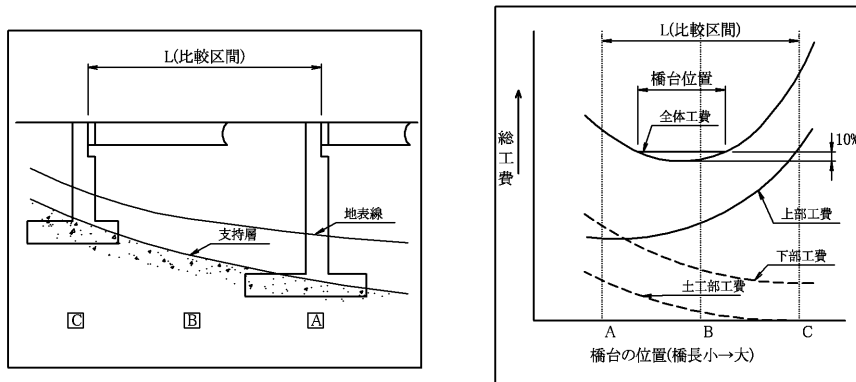


図 6-14 橋台位置と総工費の関係

橋台位置の決定に際しては、以下の注意事項に配慮して検討するものとする。

- 堤防に橋台を設置する場合には、堤防の表のり面より前側に出ないようにし、橋台の縦壁の面は堤防の法線に平行になるように設ける。特に河川の湾曲部、水衝部等の洗掘を受けやすい箇所には基礎を設置しないことが望ましい。
- 橋台を軟弱地盤に設ける場合には、基礎が側方移動する恐れがあるため、「H29 道示IV8.6」の規定により検討を行い、側方移動が生じる恐れがある場合には適切な対策を行う必要がある。

【参考】H29 道示IV 7.2.1
解説、p.90~91

- 山間地であって斜面上やその近傍に橋台を設ける場合、地震の影響を受けて斜面崩壊が発生し、橋台が沈下、傾斜するなど不安定な状態となり、道路としての機能が失われる可能性があるため、適切に斜面を構成する地盤の状態を把握した上で橋台位置を定め、長期にわたって安定して支持を得られる状態を確保する必要がある。経済的な観点のみから橋長を短くし、斜面の変状の影響を受けるおそれのある位置に橋台を設置することは適切でない。
- 盛りこぼし橋台のように高い盛土上に橋台を設置した場合、地震時等に変状が生じる可能性があり、橋台本体のみでなく盛土部の耐震性も考慮した上で橋台の設置位置や形状等を検討する必要がある。特に地震後の救援活動・復旧活動等で重要な役割を求められる路線の橋などでは、盛土部の沈下に対し配慮することなくこのような構造を用いることは望ましくない。
- 橋長は、測量結果と実際の地形との誤差等に配慮し、1.0m ラウンドで設定することが望ましい。ただし、河川等の交差物件の条件による制約を受ける場合や橋長 50m 未満の場合等、不合理である場合にはこの限りではない。

(3) 河川を横断する橋

1) 基本条件

1) 橋台・橋脚の向き

橋梁桁下交差物件により斜角の設定方法が異なり、桁下交差物件が河川の場合は橋台・橋脚それぞれの方向が河川構造令の規準により決められている。

橋脚の場合、橋脚の長径方向(一般的に支承線)は洪水が流下する方向と同一とする(「河川構造令」第 62 条 1 項)とし、橋台の場合、橋台の表側の面(一般的には橋台の支承線方向)は堤防の法線に平行して設けるものとする(「河川構造令」第 61 条 3 項)と規定されている。

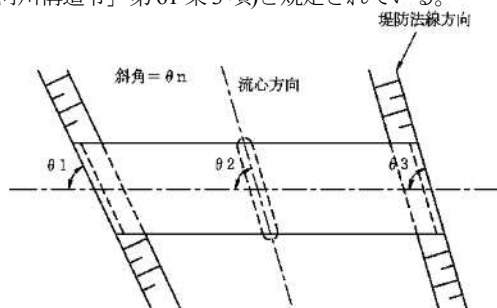


図 6-15 河川における橋台・橋脚の向き

2) 橋脚の形状

形状は小判形を原則とし、方向は洪水が流下する方向と同一とする。橋脚梁のハンチの位置は原則として HWL 以上とする。

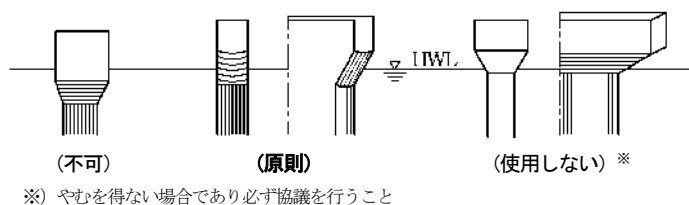


図 6-16 橋脚のハンチ形状(河川工作物設置基準より)

3) 堤防の補強

橋を設ける場合、橋台の前面を堤防の法線と平行に設けるべきとされているが、やむを得ず平行に設けられない場合は、橋台の長さ以上の範囲において、堤防の食い込み幅以上の裏腹付けを行う等の堤防補強を行うものとする。

【補足】

道路構造令に示される路肩の縮小規定は、「長さ 50m 以上の橋もしくは高架の道路」が対象となっている。この規定を参考に、橋長ラウンドによる不合理な場合として、橋長 50m 未満の場合を目安とした。

【参考】

河川構造令第 62 条第 1 項

【参考】

河川構造令第 61 条第 3 項

また橋の方向は、河川と直角（洪水流の方向と直角）に設けるべきであるが、やむを得ず斜橋となる場合でも斜角 $\theta > 60^\circ$ で計画することを原則とする。また、斜角が 60 度以下となる場合においては、斜角は 45 度以上とし、下記に示す事項を満足することとする。

- 食込み角度は原則として 20° 以下とする。
- 食込み幅は原則として、堤防天端幅の 1/3 以下(2m をこえる場合は 2m)とする。

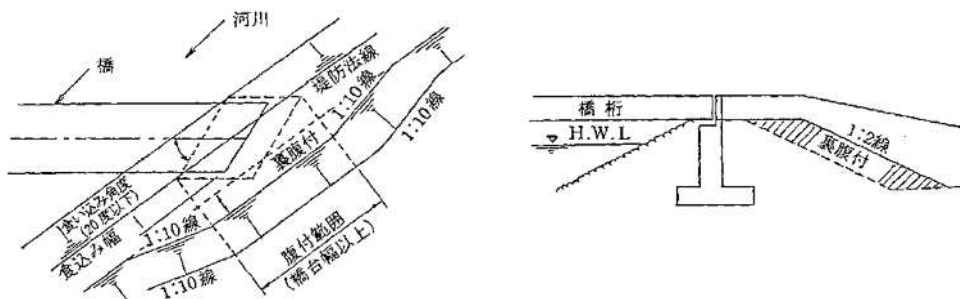


図 6-17 堤防への食込みに対する補強

2) 橋長(橋台の位置)

- 川幅が 50m 以上の河川、背水区間もしくは高潮区間に関わる堤防に橋台を設ける場合は、流下断面内に設けてはならない。
- 川幅が 50m 未満の河川に橋台を設ける場合は、堤防表法肩より表側の部分に設けてはならない。

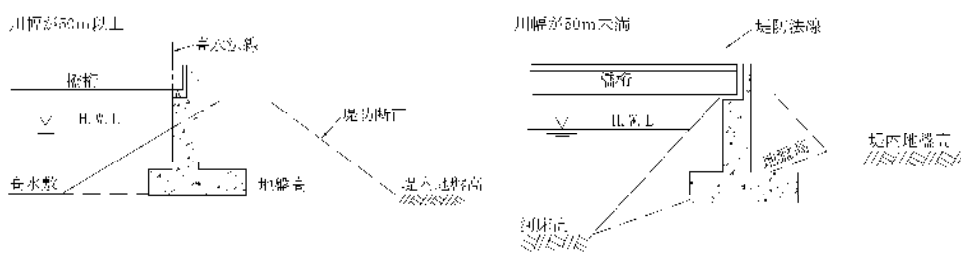


図 6-18 橋台位置(河川管理施設等構造令より)

- 中小河川においては、フーチング底面を河床(現況河床と計画河床の深い方)以深に設置することとし、前面護岸が 1:0.5 のブロック積のような場合には、護岸工の基礎床掘りの影響線も考慮する。

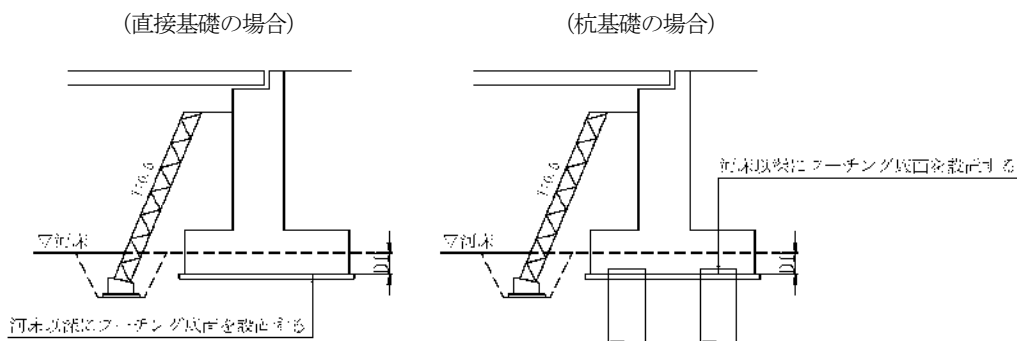


図 6-19 中小河川の堤防内に橋台を設ける場合

3) 橋脚の位置

- 1) 橋脚は原則として低水路にあつては河岸法先から 10m 以上、高水敷部にあつては堤防法先および低水河岸の法肩からそれぞれ 10m(計画高水流量が $500\text{m}^3/\text{s}$ 未満の河川にあつては 5m)以上離す。

【参考】河川構造令第 62 条第 2 項、第 62 条第 4 項

【補足】

中小河川：都道府県及び市町村が管理する一級河川の指定区間、二級河川及び準用河川を総称したもの。流域面積が概ね 200km^2 未満。

【補足】

杭基礎の場合でフーチング底面を河床以深に設置できない場合は、河床とフーチング底面の区間を突出杭として設計する必要がある。

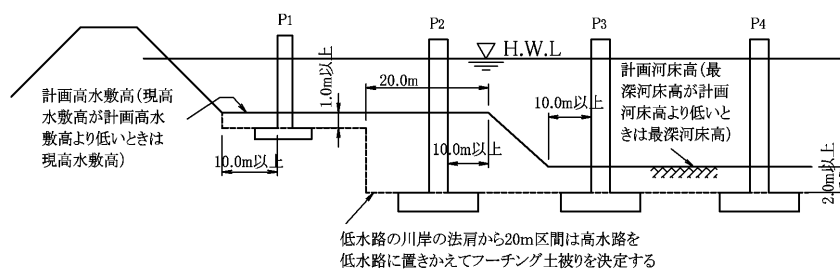


図 6-20 橋脚を堤内地側へ設置する場合の例

2) 橋脚は堤体内に設けないものとする。また、堤内地の堤脚付近に設置する場合は下記のとおりとする。

a) 築堤箇所

図 6-21 の斜線部以外に設置すること。ただし、杭基礎については、斜線部に設置してもよい。

ただし基礎地盤が軟弱で、図 6-21 における斜線外の堤内地側の部分に工作物を設置する場合については、荷重バランスの崩れ、浸潤面上昇などにより堤防の安定性を損なうことが考えられるため、堤防の安全性について確認を行い、必要に応じて所要の対策を講ずるものとする。なお、事前に十分な検討を行い、堤防への影響の範囲を明確にしておくことが望ましい。

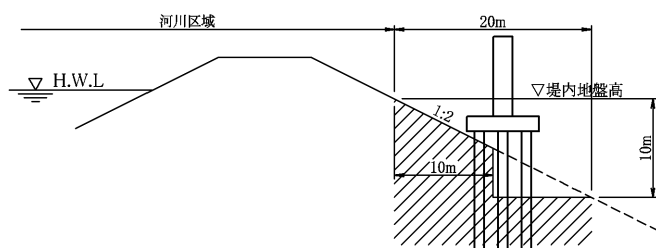


図 6-21 橋脚を築堤へ設置する場合の例

b) 掘込河道（河道の一定区間を平均して、堤内地盤高が計画高水位以上）のうち堤防高が 0.6m 未満である箇所。

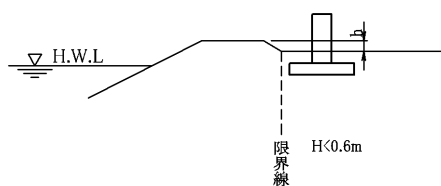


図 6-22 橋脚を掘込河道へ設置する場合の例

4) スパン割

スパン割は選定された橋台位置を踏まえ、地形・地盤特性・河川条件・交差物件等の外部的諸条件や経済性・施工性・維持管理・環境との調和を考慮し、かつ、外部的諸条件等から拘束される橋脚設置可能位置等の条件をコントロールとして、選定する橋種ごとに最適なスパン割を選定すること。

1) 径間長

径間長とは洪水が流下する方向と直角の方向に、河川を横断する垂直な平面に投影した場合における隣り合う河道内の橋脚の中心線間距離をいう(端径間の場合はパラペット前面～橋脚の中心線間の距離)。径間長の決定は次式による。

$$L=20+0.005Q$$

L : 径間長 (m)

Q : 計画高水流量 (m³/sec)

【補足】

2H ルール

(平成 6 年 5 月 31 日、建設省河川局治水課長通達)

【参考】

河川構造令第 63 条

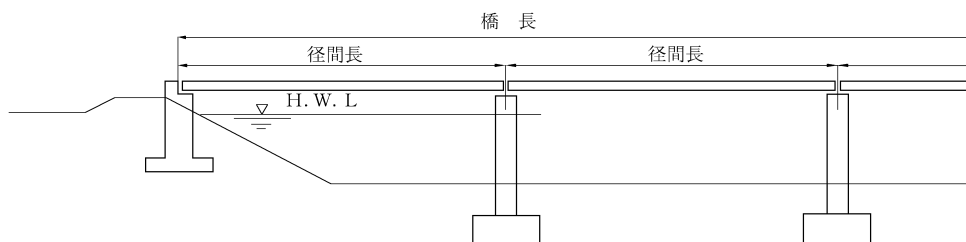


図 6-23 橋の径間長の例

径間長は、山間狭窄部であることその他、河川の状況・地形の状況等により、治水上の支障がないと認められる場合を除き、上式によって得られる値(その値が 50m を超える場合では 50m)以上とする。

また、径間長は上式によって得られる値(以下「基準径間長」と呼ぶ)以上とするが、その平均値を基準径間長に 5m 加算した値を超えるものとしなければならない場合の径間長は、基準径間長から 5m を減じた値(30m 未満となるときは、30m)以上とすることができる。ただし、径間数の増加の上限は 1 径間までである。

なお、河川管理者から示された径間長は必要条件であり、規模の大きな基礎を必要とする地盤では経済性、施工性より、より大きな径間長の方が適切な場合もありうるので注意を要する。中小河川の緩和規定については、河川管理者と協議を行う必要がある。

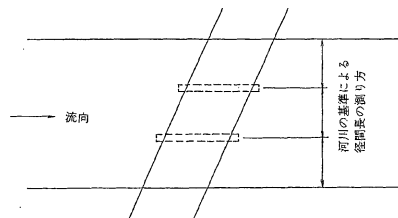


図 6-24 斜橋の径間長の例

5) 河積の阻害率

河積阻害率は原則として 5% とし、新幹線鉄道橋および高速自動車道は 7% 以内を目安とする。ただし、橋の構造上、やむを得ず河積阻害率が上記の値をこえることとなる場合であっても、河川協議の上、6%(新幹線鉄道橋および高速自動車道は 8%)にとどめるよう努力すべきである。

$$\begin{aligned} \text{河積阻害率 (\%)} &= \frac{\sum \text{橋脚幅}}{\text{川幅}} \times 100 \\ &= \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4)}{L} \times 100 \end{aligned}$$

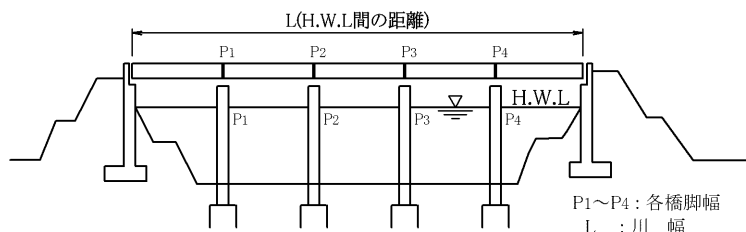


図 6-25 河積阻害率算出に使用する幅の例

河積阻害率とは、橋脚の総幅が川幅に対して占める割合であって、川幅とは、流向に対して直角に測った計画高水位と堤防法面の交点間の距離をいい、また、橋脚の幅とは、流向に対して直角に測った計画高水位の位置における幅をいうものである。

【参考】河川構造令第 63 条解説図 8.17(p-306)

【参考】河川構造令第 62 条

6) 桁下空間

1) 桁下高

河川橋の桁下高は、計画高水位に計画高水流量に応じた余裕高を加えた値以上で、河川兩岸の堤防高を下回らないものとする。堤防高については、改修などで変わる可能性もあるため、河川管理者と協議の上決める必要がある。

- 一般河川の余裕高(表 6-1 参照)
- 計画堤防高以上とし、現況堤防高を下回らないことを原則とする。

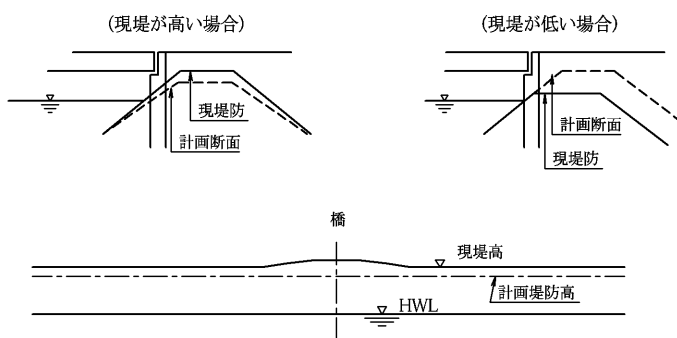


図 6-26 桁下高

2) 背水区間の場合

本川堤防裏法尻より支川幅Lだけ堤内側に引いた区間は、極力本川堤並みの桁下高とする。

ただし、治水上の支障がないと認められるときは本川の計画高水位、または自己流水位(当該河川に背水が生じないとした場合に定めるべき計画高水位)に支川の余裕高を加えた高さの内、いずれか高い方の高さ以上とすることができるが、橋面の高さは堤防天端高以上とする。

【参考】河川構造令第64条第2項

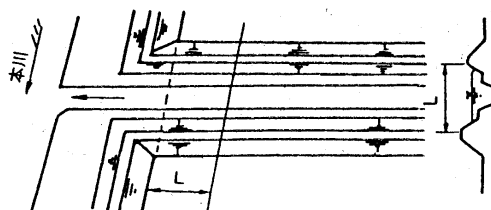
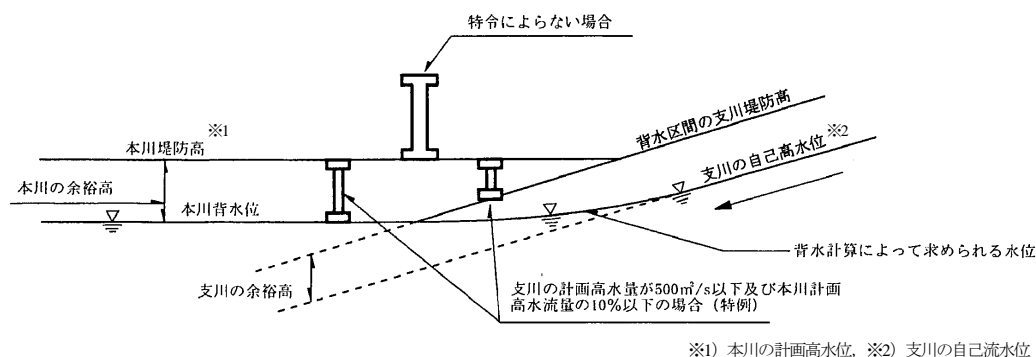


図 6-27 桁下高 (背水区間)



※1) 本川の計画高水位、※2) 支川の自己流水位

図 6-28 桁下高の特例図

3) 高潮区間の場合

高潮区間についての桁下高は、計画高水位に余裕高を加えた高さ、または計画高潮位のいずれか高い方の高さ以上とすることができるが、橋面の高さは堤防天端高以上とする。

7) 根入れ及び土被り

1) 橋台の根入れ

橋台の根入れは、橋台の底面を堤防の地盤線以下とする。

ただし直接基礎の場合は、原則として橋台の底面を河床以深に設置するものとする。

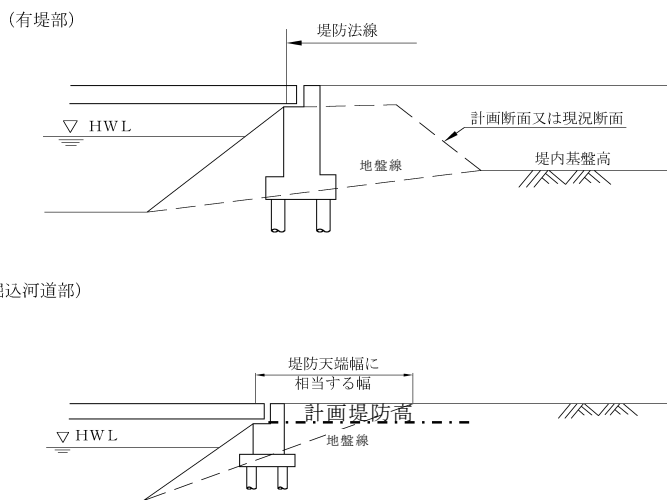


図 6-29 橋台位置

なお、高水敷幅が 20m 未満および 20m 以上の場合は、それぞれ下図の一点鎖線または二点鎖線で結んだ線以下とする(「河川工作物設置許可基準三次案」)。

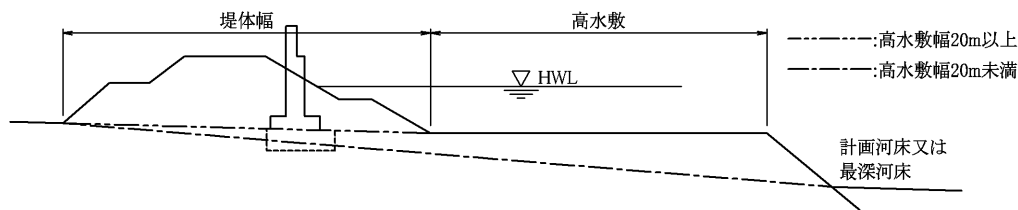
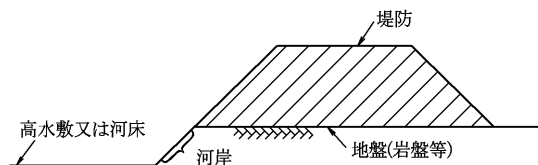


図 6-30 高水敷がある場合の橋台位置

地盤が岩盤等で堤防地盤とが明確に区分できる場合は、その地盤高以下とすることができる。



地盤が岩盤等であり、堤防地盤とが明確に区分できる場合

図 6-31 堤防の地盤高

基礎形式に関わらず、前面護岸の掘削の影響により地盤をゆるめ、所定の地盤定数等の期待できない場合や、河床より橋台底面位置が高い場合には、橋台前面の斜面の影響を考慮するなど、必要に応じて支持力や地盤バネを低減する。

2) 橋脚の根入れは、一般的な地盤と岩盤に直接支持させる場合とがあるが、河川構造令第 62 条第 2 項により、図 6-32 に示すように根入れを確保するものとする。ただし、一般的な地盤の場合で現河床が

【参考】河川構造令第 61 条第 4 項

【参考】河川構造令第 61 条第 4 項解説

【参考】河川構造令第 62 条第 2 項

計画河床より低い場合は、最深河床から所定の根入れを確保する必要がある。

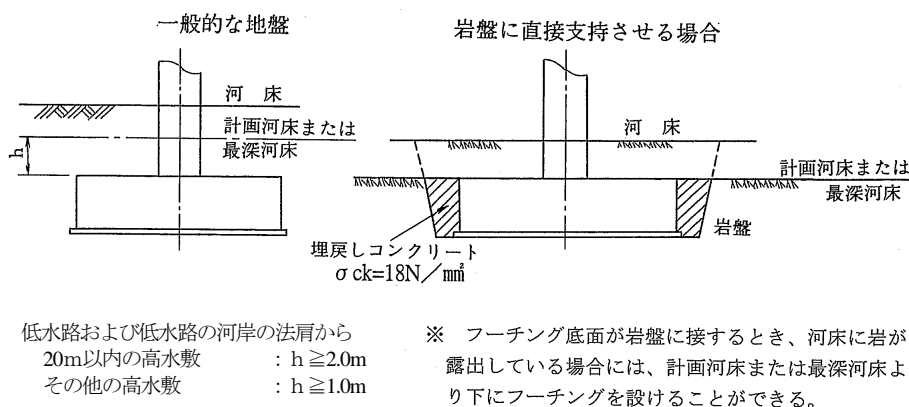


図 6-32 橋脚の根入れ

フーチング底面が岩盤に接するときや河床に岩が露出している場合には、計画河床または最深河床より下にフーチングを設けることができる。フーチング上面より上側の埋戻しについては河川管理者および道路担当部署と協議するものとする。

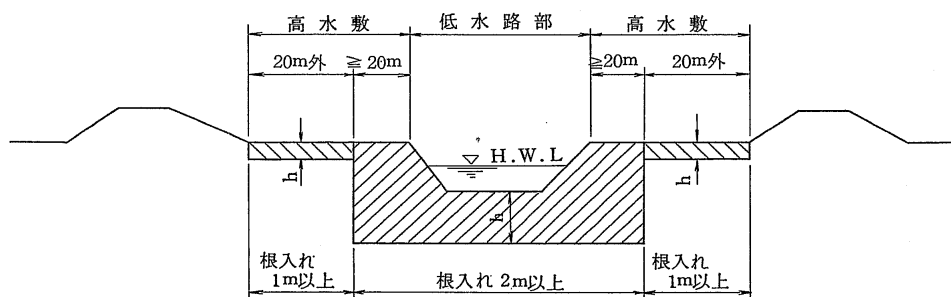


図 6-33 フーチング上面の土破り

8) 橋梁設置に伴う護岸

橋脚の影響による流水の乱れまたは流水などに対し堤防を保護するとともに、橋台の設置による堤防の弱体化に対する補強措置、また橋による日照障害により芝の生育不能に代わる法覆工として、橋の付近の堤防には護岸を設ける必要がある。

橋の設置に伴い必要となる護岸は、次の「河川構造令 第 65 条規則第 31 条」に定めるところにより設けるものとする。ただし、地質の状況等により河岸または堤防の洗掘のおそれがない場合その他治水上の支障がないと認められる場合は、この限りではない。

【参考】河川構造令第 65 条規則第 31 条

- 河道内に橋脚を設けるときは、河岸または堤防に最も近接する橋脚の上流端および下流端から上流および下流にそれぞれ基準径間長の 1/2 の距離の地点を結ぶ区間以上に設ける。
- 河岸または堤防に橋台を設けるときは、橋台の両端から上流および下流にそれぞれ 10m の地点を結ぶ区間以上に設ける。
- 河岸(低水路の河岸を除く)または堤防の護岸の高さは計画高水位以上とする。ただし、橋の設置に伴い流水が著しく変化することとなる区間にあつては河岸または堤防の高さとする。
- 低水路の河岸の護岸高さは、低水路の河岸の高さとする。

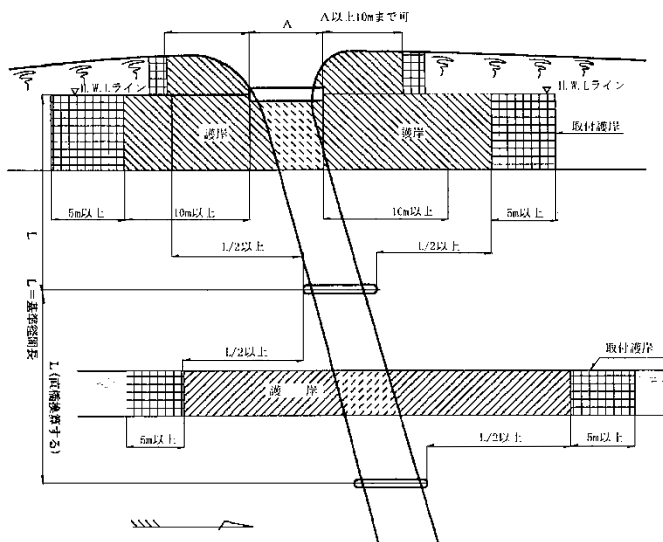


図 6-34 橋の設置に伴い必要となる護岸の範囲

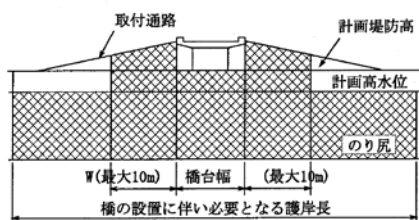


図 6-35 橋の設置に伴い必要となる堤防護岸の高さ

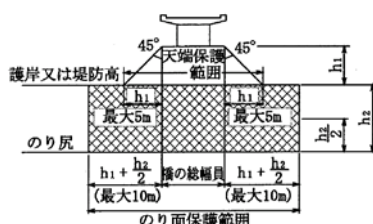


図 6-36 橋が高架により河岸もしくは堤防を横過（堤防に橋台を設置しない）する場合等の堤防を保護する範囲

9) 堤防の天端幅

- 1) 堤防(計画高水流量を定めない湖沼の堤防を除く)の天端幅は、堤防の高さと堤内地盤高との差が0.6m未満である区間を除き、計画高水流量に応じて、表 6-4 に掲げる値以上とする。ただし、堤内地盤高が計画高水位より高く、かつ、地形の状況等により治水上の支障がないと認められる区間にあつては、計画高水流量が1秒間につき500m³以上である場合においても、3m以上とすることができる。

【参考】河川構造令第21条第1項

表 6-4 計画高水流量と天端幅

計画高水流量 (m ³ /s)		天端幅 (m)
500 未満		3
500 以上	2,000 未満	4
2,000 以上	5,000 未満	5
5,000 以上	10,000 未満	6
10,000 以上		7

- 2) 計画高水流量を定めない湖沼の堤防の天端幅は、堤防の高さ及び構造並びに背後地の状況を考慮して、3m以上の適切な値とする。

【参考】河川構造令第21条第2項

- 3) 計画高水流量が1秒間につき100m³未満の小河川については、下記条件を全て満たす場合のみ、堤防の天端幅を縮小することができる。
- 計画高水位が堤内地盤より高い。
 - 計画高水位と堤内地盤の差が0.6m未満である。
 - 近くに管理用通路に代わるべき適当な道路がある。

【参考】河川構造令第21条解説2項

表 6-5 小河川における堤防の天端幅

計画高水流量 (m ³ /s)	天端幅 (m)
50 未満	2.0
50 以上 100 未満	2.5

10) 高架橋で堤防を越す場合

- 高架の場合は、堤体内に橋脚を設けてはならないものとする。ただし、やむを得ず堤体内に橋脚を設ける場合は、靴管構造の橋脚を河表側に設置し、堤防のくい込み幅L以上の堤防補強をする。その長さについては橋梁幅以上とし、取付けは上下流それぞれ10m以上で取付ける。
- 高架橋の場合、堤防天端通路は原則として改修計画堤防天端(余盛を含む)または、現堤防のいずれか高い方から建築限界(4.5m以上)を確保する。
- 地形等の状況により上記によりがたい場合、堤防天端上に2.5m以上の空間を確保するとともに、堤内側に管理用通路(建築限界4.5m以上)を設けるものとする。
- 平面交差方式の橋梁において、堤内地側取付道路を橋脚方式とする場合は、堤防のくい込み幅(L)以上の堤防補強等 a) を準用する。

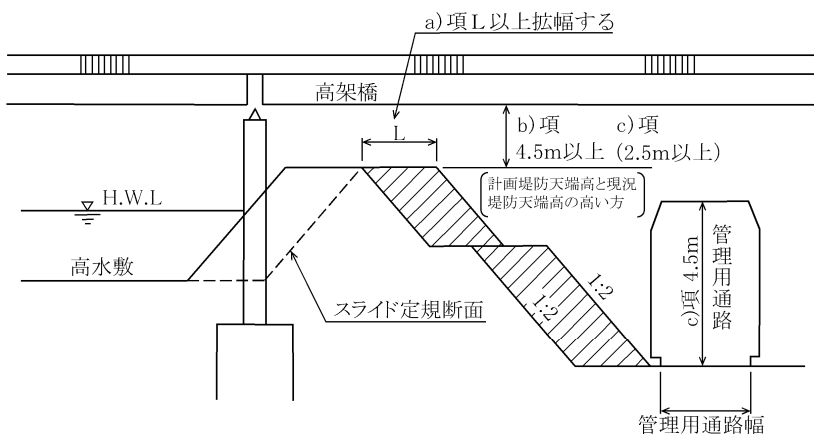


図 6-37

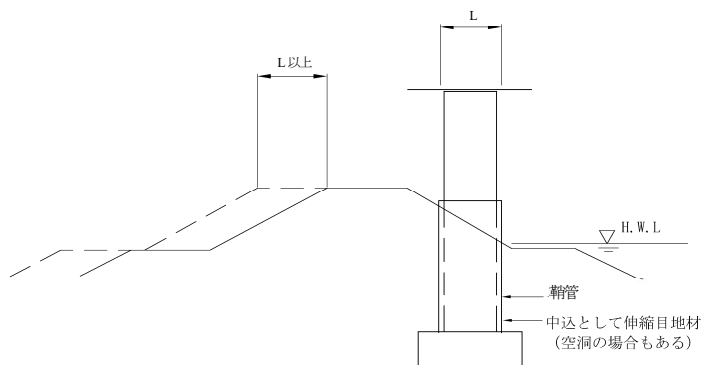


図 6-38 靴管構造の橋脚の設置例

【補足】ピアアバットは原則として採用しない(道示IV7.2, および河川構造令p-293)。

11) 管理用通路

- 1) 平面交差または立体交差とする際の基準は表 6-6 による。なお、立体交差と平面交差を併設すべき場合であっても、河川の堤防が低く、立体交差のための建築限界を確保するためには地下道形式となる場合又は立体交差とするために著しく費用増となる場合は平面交差のみとすることができる。この場合、橋が道路橋で、かつ、当該橋と交差する管理用通路が道路と兼用しているときには、当該道路に渋滞対策としてその計画交通量に応じた右折車線を設置するよう努めるものとする。また、高速道路等沿道制限がある場合は、立体交差とすることができる。

表 6-6 河川管理用通路と橋の交差方法

計画高水流量 (m ³ /s)	1,000 以上	1,000 未満で重要な河川の区間	1,000 未満
橋の計画交通量 6,000 台/日以上	原則として立体交差と平面交差を併設する。なお、道路橋の場合で橋と交差する管理用通路が道路と兼用しており、該当道路に渋滞対策として、その計画交通量に応じた右折車線を設置する場合はこの限りではない。また、他に管理用通路に代わるべき適当な通路がある場合はこの限りではない(図 6-39 参照)。		平面交差で可
橋の計画交通量 6,000 台/日未満	平面交差で可		平面交差で可

※「重要な河川の区間」とは水防上重要な河川をいい、一級河川の直轄管理区間及びこれに準ずる区間がこれに該当する。

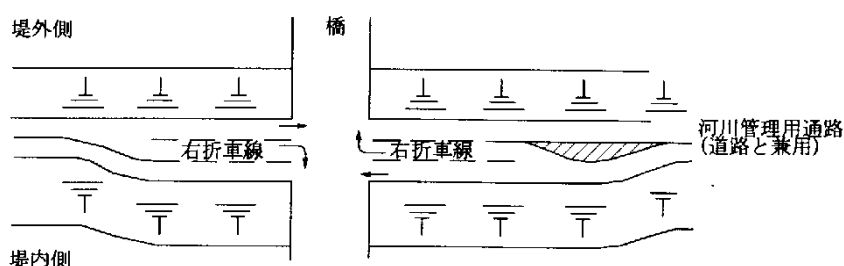


図 6-39 右折車線を設置して河川管理用通路を確保する場合

- 2) 平面交差する堤防上の取付道路は、次による。

- 幅員は、原則として計画堤防天端幅以上とする。
- 法勾配は、原則として堤防の法勾配以下に確保するものとする。土地の利用状況などにより特にやむを得ないと認められる場合には、土留擁壁等を設けて対応する。
- 交差部の道路勾配は、原則として橋の幅員の両端から 4m 以上のレベル区間を設け、その前後は 6% 以下の勾配で取付けるものとする(滞水を防ぐための勾配を設ける場合は最大 2.5% とし、協議を行うものとする)。

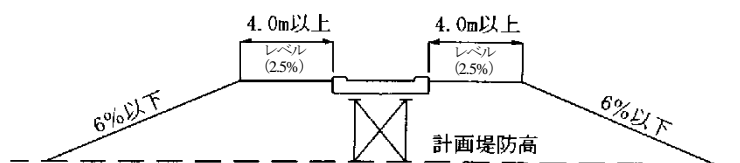


図 6-40 橋から堤防への道路取付

- 3) 管理用通路が立体交差となるボックス等の位置は、次によるが、土地利用状況などにより特にやむを得ないと認められる場合には、土留擁壁等を設けて対応する。
- 計画定規断面と堤内地盤の交点より堤内側とする。
 - 計画定規断面を延長した線より堤内側に設ける(2Hルール)。
 - 拡幅断面と堤内地盤の交点より堤内側に設ける。

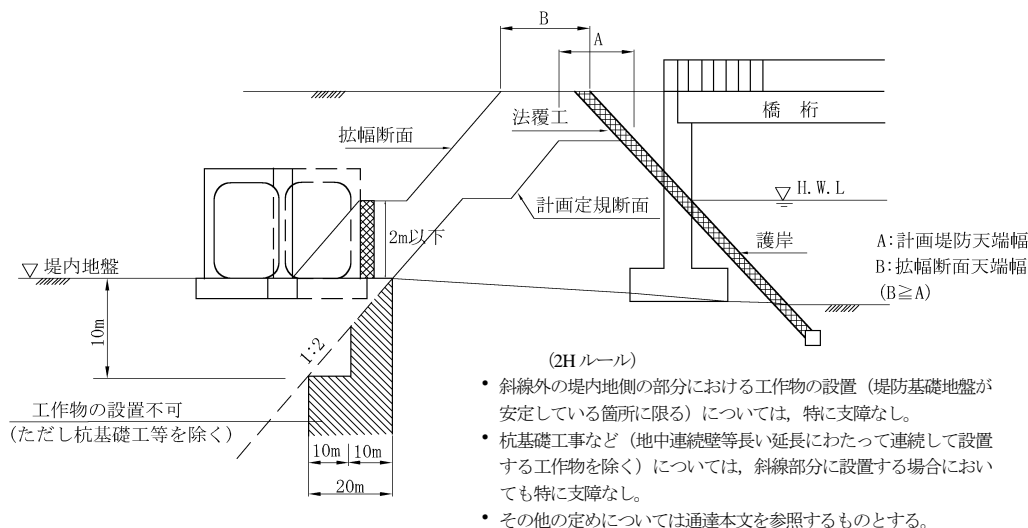


図 6-41 管理用通路の位置(1)

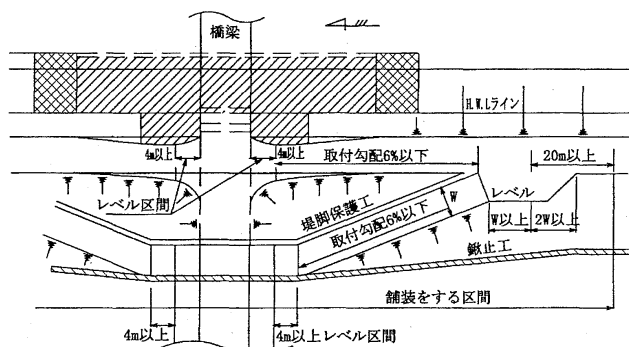


図 6-42 管理用通路の位置(2)

12) 砂防指定地内の河川における橋台位置と桁下高

砂防指定地内の河川における橋台は、護岸法肩から垂直に下ろした線より後退させて設けるものとし、地形・用地などの状況からやむを得ない場合には、護岸法線にあわせて流水の疎通に支障のないようなめらかに接続する。また橋梁の余裕高は堤防余裕高に0.5mを加えた高さを原則とする(「砂防指定地内の河川における橋梁等設置基準案」より)。

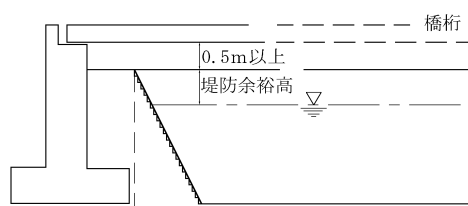


図 6-43 砂防指定河川における橋台位置と桁下高

(4) 跨道橋・跨線橋**1) 橋台の位置**

1) 一般的な橋台位置

- 構造物による日照・通風性の悪化・地域社会の分断など環境上の問題があり、単に経済性の比較だけで決定できない場合もある。交差する道路・鉄道等との関係から決まる橋梁区間と経済性等から決まる橋梁区間とがあるが、一般に下記の様に橋長を決定する。
- 立体交差する道路、鉄道等に必要クリアランスを確保した路面高より縦断線形を決定する。
- 概略の橋長・支間割を決定し、橋梁形式を選定する。土工部の工費には、用地費を含むことになり、土地単価が高い場合には、擁壁等との比較が必要である(図 6-44 参照)。
- 橋台位置は桁下クリアランス 2.0m 程度確保することを基本とし、経済性等を考慮して決定する。

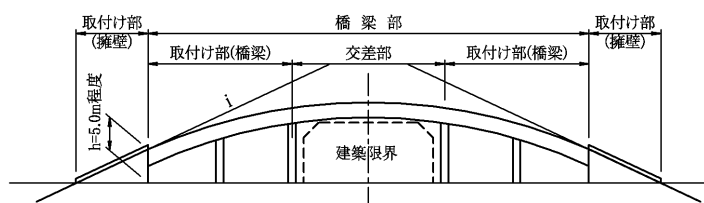


図 6-44 跨道部または跨線部の橋台位置

2) 地下埋設物などから決定する橋台・橋脚位置と土被り

跨道橋・跨線橋における橋台または橋脚の位置および根入れは、原則として当該管理者との協議により決定するものとするが、特に指定・指示等が無い場合には、将来、道路敷(軌道敷)内に地下埋設物が設置されることを考慮して、一般的には図 6-45 に示す位置および土被りとしてよい。

なお、フーチングを道路敷(軌道敷)内に設けることが占用許可される場合には、経済性・施工性等を考慮の上、設置位置を検討することが望ましい。また根入れは、原則としてフーチング上面から 1.5m 以上確保するものとする。ただし、施工性、経済性等の理由によりこれに拠り難い場合は別途担当事業課および道路整備課と協議するものとする。

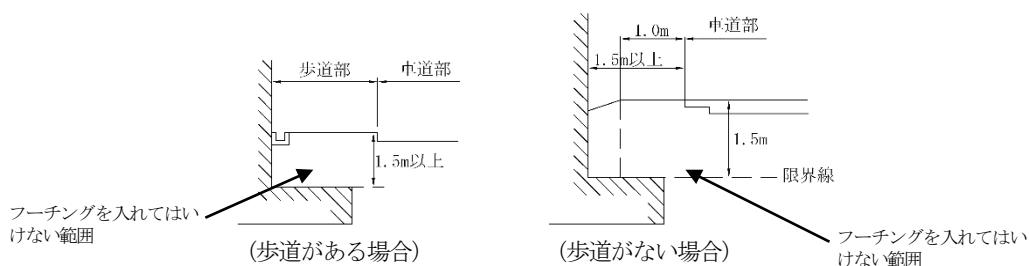


図 6-45 フーチングの位置および根入れ(跨道橋の場合)

3) 山地部の深い谷をわたる場合の橋台位置

山地部の深い谷をわたる場合は、経済性以外に治山の安定・斜面盛土の安定・施工性・環境条件等についての検討を行い、橋長を決定する。

- 山間部などの斜面上に橋梁を計画する場合には、尾根部・谷部を避けて橋台位置を設定することを基本とする(尾根部は側方の安定性に欠け、谷部では地質的に不安定な場合が多いため)。
- 斜面形状により、橋梁が台形になりやすい(橋台の斜角が反対となる)。
- 斜面上の基礎では、直接基礎の場合でも慎重な地盤支持力の安定性の検討が必要である。
- 基礎杭は深礎杭を含めて、施工が難しくなる場合が多い。
- 狭窄部になりやすいため、橋台背後の埋め戻しが困難となる場合が多い。

- 橋長を長くして安定した支持地盤へ低い橋台を設置する場合と、橋長を短くして高い橋台と取り付け道路で繋ぐ場合などの、経済・景観比較を行う必要がある。このとき、橋長を短くするために橋台高さを高くすると、掘削量が多大となり、経済性に劣る結果となる場合があることに注意が必要である。
- 橋梁前後の道路部の維持管理を考慮して、長大法面が生じないような橋長決定を行うことが望ましい。
- 斜面上の橋台の位置は、直接基礎の場合、橋台前面の斜面の影響で支持力が低減されることおよび施工性を考慮して、設置するフーチング縁端部に一定の前面余裕を設ける必要がある。基本計画段階における前面余裕幅は、図 6-46 を目安とする。なお、詳細設計においては、段差フーチングや置き換え基礎等の構造も検討するとともに斜面傾斜を考慮した支持力の照査を行う必要がある。
- 地表面は長期的に安定している箇所とし、すべりが生じる可能性がある場合には、想定すべり境界線から前面余裕 S を確保する。

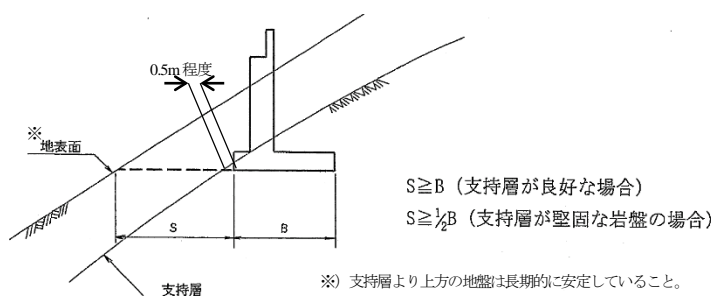


図 6-46 直接基礎の前面余裕

2) スパン割

スパン割は鉄道または交差道路等の交差物条件による橋脚位置および選定された橋台位置をコントロールポイントとして、その他の拘束条件がない場合は、経済性から複数のスパン割を検討のうえ最適スパン割を選定する。なお、複数の橋種を検討する場合は、各々の橋種について複数のスパン割を検討の上、最適スパン割を選定する。

また、橋梁が深い谷などをわたる場合や急斜面に対しては、地形の特性を十分考慮して支間割を考えなければならない。図 6-47 は地形においては地質条件などに問題なければ、中央部の隆起部を利用することが全体として、最も経済的になると想定される例である。

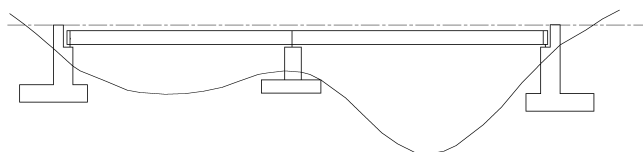


図 6-47 地形特性と支間割の例

3) 桁下空間

1) 跨道橋の場合

a) 桁下高

道路構造令では建築限界は4.5mと規定されているが、補修工事で必要な足場空間、被災時の緊急点検に必要な空間として、維持管理スペース 1.0m（桁下から建築限界までの高さ）を確保することが望ましい。

なお、平成30年9月30日施行の道路構造令の一部改正より、重要物流道路では建築限界4.8mを確保する。

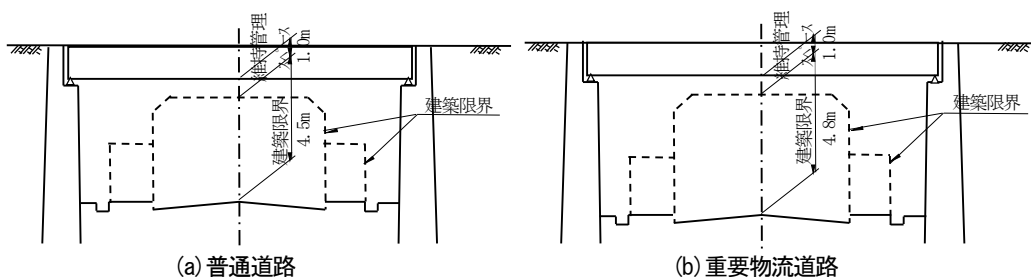


図 6-48 桁下高

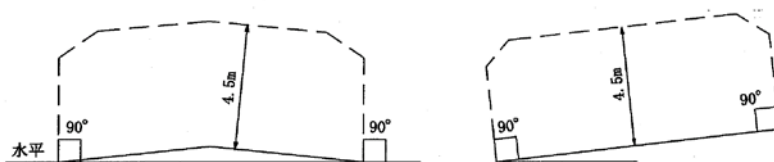
b) 橋台付近の桁下余裕

車輛等の建築限界や諸条件に制約されない場所に設置する橋台については、桁下面から地表までの高さを最低1m程度確保するものとする。

c) 建築限界

道路交差における建築限界は、「道路構造令 3-12」による。

建築限界の上限線は路面と並行にとり、両車両線は図 6-49 に示すとおりとする。



(a) 通常の横断勾配を有する区間 (b) 片勾配を有する区間

図 6-49 建築限界

2) 跨線橋の場合

a) 建築限界

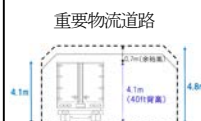
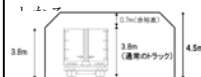
鉄道と交差する橋梁においても、跨道橋と同様、建築限界・軌道から橋台・橋脚までの距離などを十分に検討し、橋長および計画高を決定することが必要である。余裕空間等については、鉄道の管理者と協議の上維持管理を含め適正な空間を確保しなければならない。JR 普通鉄道(新幹線を除く)の建築限界の例を図 6-50 に示す。

【具の運用】

前後の取付等により維持管理スペース 1.0m 確保することが困難な場合であっても、作業時の足場が設置できる最低の 50cm 以上は確保する。

【補足】

普通道路では設計車両の高さ 3.8m に余裕高 0.7m を加えた 4.5m が建築限界となる。重要物流道路では国際海上コンテナ車(40ft 背高)が設計車両となるため、車両高 4.1m に余裕高 0.7m を加えた 4.8m が建築限界



【出典】

道路構造令 6-1-2

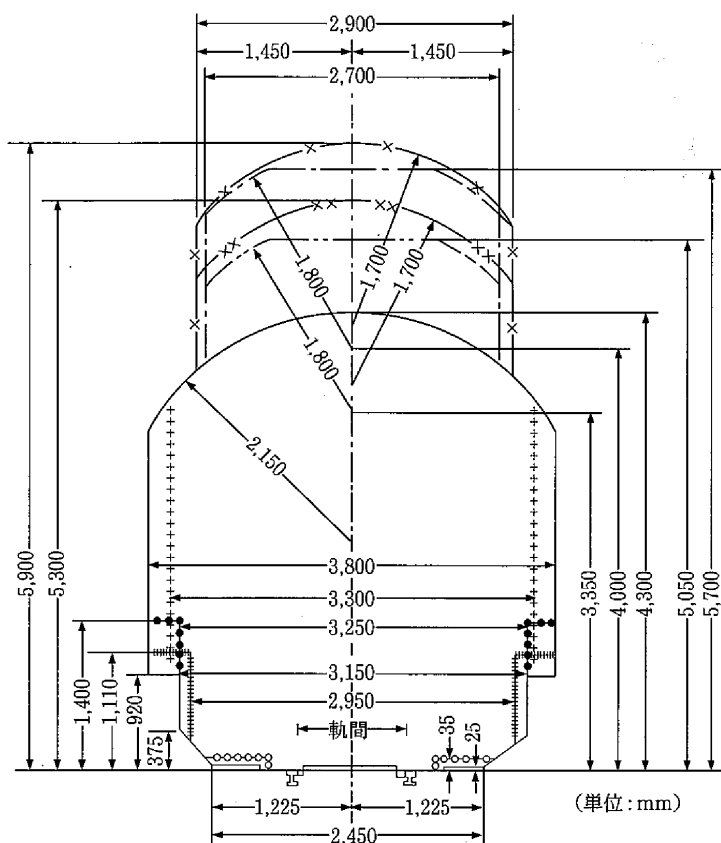


図 6-50 普通鉄道(新幹線を除く)の建築限界の例(JR の例)

- 基礎限界
- - - - - 架空電車線から直流の電気の供給を受けて運転する線路における架空電車線並びにその懸吊装置および絶縁補強材以外のものに対する限界
- · - · - · - トンネル、橋梁、跨線橋、雪覆い、乗降場上家およびその前後の区間において必要がある場合の架空電車線から直流の電気の供給を受けて運転する線路における架空電車線並びにその懸吊装置および絶縁補強材以外のものに対する限界
- x — 架空電車線から交流の電気の供給を受けて運転する線路における架空電車線並びにその懸吊装置および絶縁補強材以外のものに対する限界
- x x - トンネル、橋梁、跨線橋、雪覆い、乗降場上家およびその前後の区間において必要がある場合の架空電車線から交流の電気の供給を受けて運転する線路における架空電車線並びにその懸吊装置および絶縁補強材以外のものに対する限界
- +++++ 乗降場および貨物積卸場に対する限界
- 信号機、標識および合図器並びに特殊なトンネルおよび橋梁に対する限界
- 乗り越し分岐器に対する限界
- +++++ 貨物列車のみを運転する本線および側線における給油所、給水所および信号柱並びに側線における転車台、計量台、洗車所、車庫の入口およびその内部の装置並びに軌道間に建てる貨物積卸場上家の支柱に対する限界

b) 施工限界

鉄道線路下横断の構造に対する施工限界は、「線路下横断工設計施工の手引き 日本鉄道施設協会」を参照するものとする。

跨線道路橋の橋台・橋脚の前面の限界は表 6-7 の「こ線道路橋等の橋台前面と軌道中心との距離」によるほか、鉄道用地境界等の限界もあるので、十分な調査および鉄道管理者との協議が必要である。

跨線道路橋の桁下高は、建築限界を確保すると共に、将来のメンテナンス(足場等)に支障とならないよう計画する必要がある。

表 6-7 建築限界および余裕幅

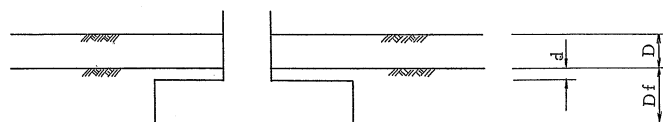
<p>曲線における建築限界（建造物基本構造基準規定昭和 58.3 第 5 条 抜すい） 半径 1000m 以下の曲線においては、直線における建築限界の軌道中心線の各側を、下記により拡大する。</p> <p>一般限界について $W = \frac{22500}{R}$</p> <p>架空電車線による電気運転区間の上部の限界について $W' = \frac{11250}{R}$</p> <p>ここに W、W' : 拡大する寸法 (mm) R : 曲線半径 (m)</p>															
<p>建築限界外の余裕</p> <p>カントによる余裕（建造物基本構造基準規定 第 9 条 抜すい） 非電化区間 $\Delta h = c \times 1/2$ 直流電化区間 $\Delta h = c$ ここに Δh : 建築限界の中心線においてその上部に加算する寸法 (mm) c : カント (mm)</p>															
<p>こ線道路橋等の橋台前面と軌道中心との距離（同第 11 条 抜すい）</p> <table border="0"> <tr> <td>1. 線路等級別寸法</td> <td>2. 曲線部においてその外方に加算する寸法</td> </tr> <tr> <td>1 級線 2750 mm 以上</td> <td>カント 30 mm 未満の場合 100 mm</td> </tr> <tr> <td>2 級線 2600 "</td> <td>カント 30 mm ~ 60 mm の場合 200 mm</td> </tr> <tr> <td>3 級線 2500 "</td> <td>カント 60 mm 以上の場合 300 mm</td> </tr> <tr> <td>4 級線 2500 "</td> <td></td> </tr> </table> <p>（特に簡易な線路の場合は 2400 mm）</p> <p>3. 除雪線区における寸法</p> <table border="0"> <tr> <td>4. 5m 幅の除雪区間</td> <td>3200 mm 以上</td> </tr> <tr> <td>6m 幅及び 7m 幅の除雪区間</td> <td>5000 mm 以上</td> </tr> </table>		1. 線路等級別寸法	2. 曲線部においてその外方に加算する寸法	1 級線 2750 mm 以上	カント 30 mm 未満の場合 100 mm	2 級線 2600 "	カント 30 mm ~ 60 mm の場合 200 mm	3 級線 2500 "	カント 60 mm 以上の場合 300 mm	4 級線 2500 "		4. 5m 幅の除雪区間	3200 mm 以上	6m 幅及び 7m 幅の除雪区間	5000 mm 以上
1. 線路等級別寸法	2. 曲線部においてその外方に加算する寸法														
1 級線 2750 mm 以上	カント 30 mm 未満の場合 100 mm														
2 級線 2600 "	カント 30 mm ~ 60 mm の場合 200 mm														
3 級線 2500 "	カント 60 mm 以上の場合 300 mm														
4 級線 2500 "															
4. 5m 幅の除雪区間	3200 mm 以上														
6m 幅及び 7m 幅の除雪区間	5000 mm 以上														
<p>こ線道路橋等における空高（同第 12 条 抜すい） こ線道路橋等が線路を横断する場合は、その線路の建築限界の上面部分外に 50 mm の余裕をとらなければならない。この場合、基準のレベル面は、無道床構造等特殊な構造とするときを除き施工基面から、1 級線及び 2 級線にあっては 560 mm に、3 級線及び 4 級線にあっては 500 mm にとるものとする。</p>															

4) 根入れおよび土かぶり

橋台または橋脚の根入れは、河川条件・交差物条件(鉄道・道路)・設置位置の地形・地盤特性等を考慮して設定する。

根入れの深さは、圧密沈下・地下埋設物および隣接構造物の影響・凍結深さ・地下水位・施工性・経済性などの各項目を十分検討し、総合的に決定しなければならないが、一般的には図 6-51 を標準とする。

なお、道路敷(軌道敷)付近に設置される場合は、原則として当該管理者との協議により決定するものとするが、特に指定・指示等が無い場合には、将来、道路敷(軌道敷)内に地下埋設物が設置されることなどを考慮して、一般的には図 6-45 に示す土被りとしてよい。



- D : 現況または将来の地盤高が Df より高い場合に設定する土かぶり。
Df : 基礎の有効根入れ深さ。
d : 計画地盤高さまでの土かぶり。通常の場合は最小 50cm を標準とする。
※) D が存在する場合には、土かぶり「D」および「d」の 2 ケース設計する。

図 6-51 一般部の根入れ(直接基礎の場合)

6.8. 確実な維持管理を行うための基本方針

- (1) 確実な点検が実施できるように、幅員構成や交通条件、架橋条件を踏まえて、橋梁設計段階から点検方法（検査路配置計画、使用点検車の選定・配置計画、点検経路等）の検討を行うこと。
- (2) 将来の維持補修を考慮し、想定される補修に対して足場や機材搬入等の施工スペースを確保した橋梁計画とする。
- (3) 設計供用期間中の更新及び修繕の実施方法について、検討しておくことが望ましい部材の選定とそれを確実にできる橋の構造となるように設計で配慮する。
- (4) 点検項目や点検方法、点検ルート、点検時着目点、設計で想定した部材の設計耐久期間や耐久性確保の方法等の設計思想を設計に反映させる。

橋梁を適切に維持管理していくためには、定期的に点検・補修を行うことが重要である。しかしながら、現地条件により高所作業車や橋梁点検車等の進入・配置に障害があり、点検・補修の実施が困難な場合がある。新設橋の計画・設計段階から、確実に点検・補修が行えるように、合理的な点検方法を選定し、点検・補修に必要な施工スペースを確保する必要がある。

不測の損傷も含めた将来的に想定される補修を行えるように、補修時の足場や機材搬入等を考慮し、吊り足場用の金具の設置や足場設置及び補修作業空間の確保、必要となる重機や資機材の搬入路等を計画しておく必要がある。一般的な損傷としては、鋼部材において防食劣化に伴う塗替え、コンクリート部材においては経年劣化等によるひび割れや剥離・鉄筋露出等が想定される。損傷事例が多い支承、伸縮装置、検査路等の付属物は交換を前提としている部材であるため、交換が確実にできるような配慮をする必要がある。想定外の損傷により重大な影響を及ぼす部材としては、床版やケーブル構造の取替え、さらにはPC鋼材の機能喪失後の代替えとして外ケーブルの設置等について、経済的合理性を踏まえて必要性を検討しておく必要がある。

《具体的な配慮事例》

- ① 歩道を有する橋梁の場合、幅員寸法によっては橋梁点検車又は橋梁点検車のアウトリガーを歩道部に設置せざるを得ない場合がある。その場合には、橋梁点検車やアウトリガー反力等の荷重をあらかじめ設計で考慮することで、歩道部への車両乗り入れが可能となる。

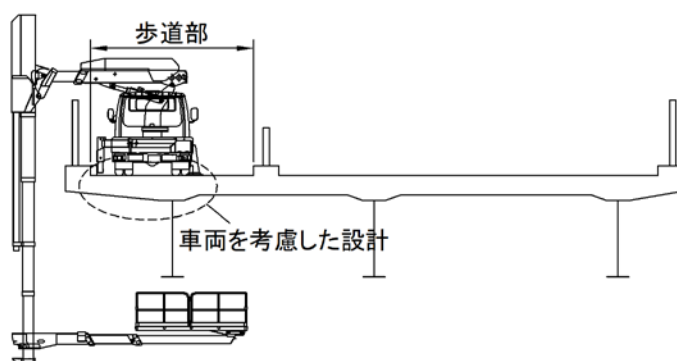


図 6-52 歩道部を利用した維持管理計画事例

【補足】

H24 道示では、供用期間中に予定する維持管理の方法や必要となる維持管理設備等について、橋の設計段階から適切に配慮することが規定された。

H29 道示では、長寿命化を合理的に実現するための規定の充実、また、多様な構造や長寿命化のための技術の提案が期待される中で、維持管理条件も考えながら、それらを活用していることを後押しする観点での規定の充実が図られた。

設計であらかじめ考慮して必要な配慮をしておくのであれば、供用期間中の維持管理行為による補修や部材等の更新なども含めて橋全体として耐久性能が維持されるとみなすことができることとされている。

H29 道示 I 6 章、

p-86～89

6. 橋梁計画 6.8 確実な維持管理を行うための基本方針

②跨線橋や跨道橋において、建築限界や架空線等により点検や維持補修が困難な場合がある。橋梁計画段階において、建築限界や架空線から足場設置や作業空間を考慮した必要離隔を確保する必要がある。また、交差条件の制約が厳しい場合には、常設足場等の設置も有効な手段として考えられる。ただし、常設足場の性能や管理方法等について、十分な検討と協議が必要である。

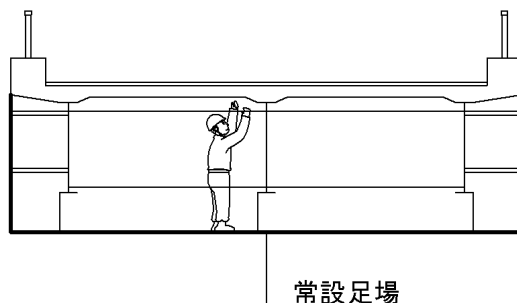


図 6-53 常設足場例

③桁高が高い構造の場合、箱桁内の上フランジや床版下面、上縁に配置された外ケーブル、伸縮装置等の点検が困難となることから、主要な部材については梯子やステップ等を設けて近接できるようにするのが望ましい。

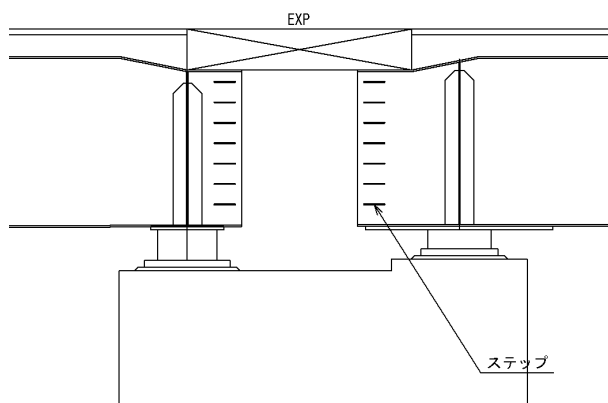


図 6-54 ステップ設置事例

④橋台前面の桁下のクリアランスを施工時及び保守の段階で必要な作業空間として、2.0m程度確保することが望ましい。なお、2.0m程度は最低限の作業空間であり、橋台位置の設定は経済性等を考慮して決定する。

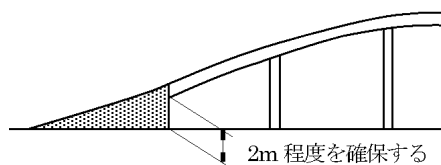


図 6-55 橋台前面の桁下クリアランス

7. 橋梁設計

7.1. 一般

7.1.1. 橋梁形式選定の基本事項

橋梁形式選定にあたっては、路線線形や地形・地質・気象・交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。

橋梁形式選定に際しては、以下に示す事項を総合的に考慮のうえ決定するものとする。

- 1) 適正な位置及び路線線形を有していること
- 2) 橋梁計画の外部的要件を満たしていること
- 3) 構造上の安全性及び経済性を有していること
- 4) 施工の確実性ならびに容易さを有していること
- 5) 走行上の安全性ならびに快適性を有していること
- 6) 維持管理の確実性ならびに容易さを有していること
- 7) 景観に配慮していること

7.1.2. 橋梁形式選定の流れ

橋梁形式の選定の作業は、図 7-1 の手順によるものとする。

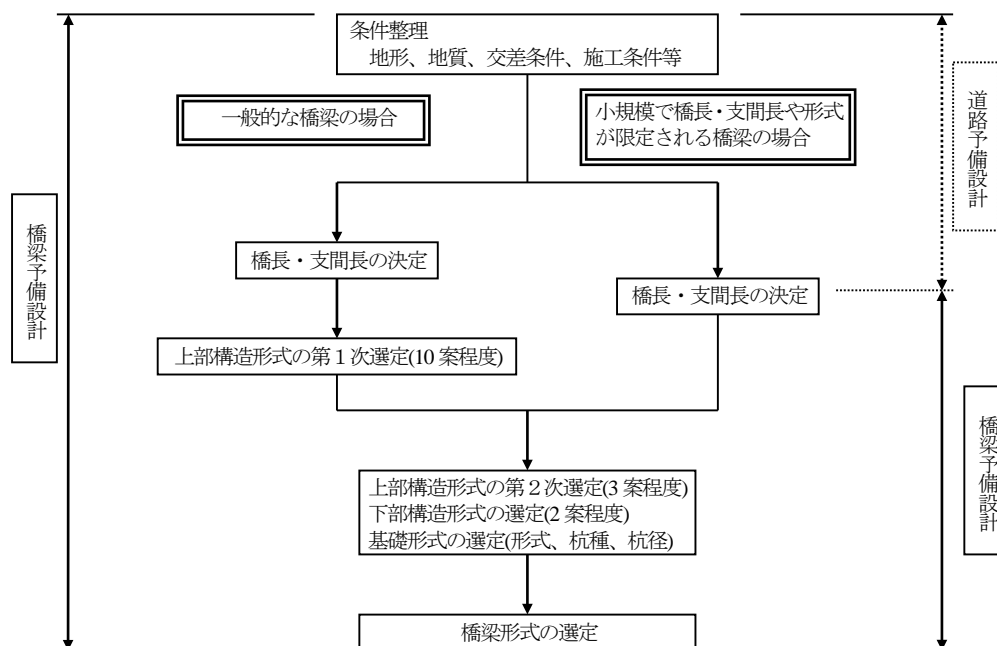


図 7-1 橋梁形式選定フローチャート

【参考】

H29 道示 I

1.7.1, p-14

7.2. 上部構造形式の選定

【県の運用】

7.2.

上部構造には、橋種・形式の組合せによって多くの形式があり、それぞれの特徴を有している。したがって、各々の持つ特徴を的確に判断し、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工性、維持管理性、景観性、経済性を総合的に判断しなければならない。

最適な形式を選定するにあたっては、次の事項に留意する必要がある。

(1) 共通事項

- 上部構造は原則として走行性、将来への拡幅への対応等から上路橋とする。
- 上部構造は、耐震性、走行性、維持管理性からできる限り連続形式とする。
- 現場の架設条件によっては上部構造形式が制約されることもあるため、現場の架設条件を考慮した上、上部構造形式の選定を行う必要がある。
- 架橋位置の条件によっては桁の輸送が上部構造形式に制約を与えることもあるため、桁(鋼桁ブロック、PCプレテンション方式桁、PCプレキャストブロック等)の輸送ルートを検討した上で上部構造形式の選定を行う必要がある。
- 斜角の小さい橋梁は、支承の上揚力、桁の不等たわみによるねじれ等が発して、橋梁の耐久性の観点から好ましくないこと、地震時の挙動が不明確なこと、計算上の仮定と実構造物の剛度が一致しないこと等より直橋とするのが望ましい。やむを得ず斜橋とする場合は極力斜角を大きくする検討を行うものとする。

(2) 鋼橋に関する事項

- 架設方法や部材の輸送、地組立などの施工条件により、部材の断面や長さ等に制約を受けることがあるため、施工条件を踏まえて選定する必要がある。
- 都市部では騒音、振動等、施工時のみならず完成後の環境条件も形式選定の要因の一つとなる。
- 維持管理において、鋼部材及び床版の疲労と防錆・防食が重要であり、形式選定の際には腐食環境に応じて防錆・防食方法を考慮するものとする。
- 耐候性鋼材は、「本要領Ⅱ 鋼橋編 2.2 防せい防食」に記述される事項を配慮した上で、採用可能な諸条件(海岸線から2kmを超える地域、ただし飛来塩分量が0.05mddを超えない地域)を満足する場合には、積極的に採用を検討するものとする。なお、山間地域等で凍結防止剤を頻繁に散布する箇所等では担当事業課および道路整備課と協議する。
- 少数主桁橋、細幅箱桁橋について
 - 少数主桁橋及び細幅箱桁橋は将来の維持管理面や既往実績を十分に考慮して採用を検討する。
 - →この橋梁形式は、合成床版やPC床版と組み合わせて適用される。迂回路が有る場合は既往実績等を考慮した上で採用できるが、迂回路が無い場合には床版の大規模補修時に対する交通規制方法や構造的対応等を検討・考慮した上で採用を検討する必要がある。
 - →従来のRC床版に比べてこれらの床版形式は耐久性が非常に高いが、床版の大規模補修に片側通行とするためには、事前に交通規制方法と構造的な検討が必要となる(「少数Ⅰ桁橋における鋼・コンクリート合成床版の補修について、社)日本橋梁建設協会、H25.4」が参考とできる)。
 - →少数主桁橋における曲線橋の適用条件は、平面線形R=1000m以上を目安とする。ただし、それよりも曲線半径の小さい橋梁での採用実績もあるため、採用については十分に検討するものとする。

- 開断面桁橋について

開断面桁橋は、原則として採用しない。

→U字形の断面の横倒れ座屈や、床版(合成床版、PC床版)との接合部、補修工法について懸念されるため、原則として採用しないものとする。
- 鋼床版桁橋について

鋼床版は、デッキプレート、縦リブ、横リブ等の多数鋼材を溶接にて製作する構造であり、比較的高価であること、車両からの作用を比較的薄板の鋼板で直接支持するため疲労の影響を受け易いこと、コンクリート構造よりもたわみやすく舗装に対する配慮が必要なこと、冬期に凍結し易いという課題がある(冬季の積雪が比較的まれである本県においては、通行車両は一般に冬用タイヤを装着していないため、ひとたび路面凍結が生じるとスリップ事故が多発する)。

このような課題を踏まえ、鋼床版桁橋はなるべく採用しないのがよい。

→交差条件等(支間長、桁高制限、上部構造軽量化の必要性等)によっては、鋼床版の採用が有利となる場合もあるため、それらの場合には担当事業課および道路整備課と協議する。
- 複合ラーメン橋について

鋼上部構造とRC下部構造とを剛結してラーメン構造とした形式については、以下に示す留意点を十分に配慮・検討する。なお、採用にあたっては担当事業課および道路整備課と協議する。

→剛結部構造について、既往事例や研究成果等からレベル2地震時においても塑性化させずに、健全性が保たれ十分な剛性が確保できること。

→通常の桁橋に対して、地震時や温度変化時における上部構造への断面力に対して適切に設計可能なこと。

→ラーメン構造とすることにより、経済性・施工性・維持管理性等において優位性が認められること。

(3) PC橋に関する事項

- 支間長18m程度までのコンクリート橋は、鉄筋コンクリート(RC)橋として計画するが、鉄筋の配置が密になることにより施工性が劣り、コンクリートの締固め等が困難となる場合があるので、施工性、耐久性、経済性等を十分考慮する必要がある。
- 架設方法や部材の輸送、地組立などの施工条件により、部材の断面や長さ等に制約を受けることがあるため、施工条件を踏まえて選定する必要がある。
- 外ケーブル橋について

全外ケーブル橋は、ケーブル損傷時に完全通行止めとなる懸念があるため、原則として採用しない。なお、内・外ケーブル併用構造については、採用できるものとする。ただし、内・外ケーブルを採用する場合でも、以下の事項に留意する。

→偏向具に対する設計を実施すること。

→偏向具の損傷時における構造の安全性等について検討すること。
- PRC橋について

PRC構造は、原則として採用しない。

→将来の交通量の増加や、オーバーロードを考慮した許容ひび割れ制御の算出方法等に懸念があること等により、原則として採用しないものとする。
- PCコンポ橋、PCUコンポ橋について

PCコンポ橋は、特に採用を制限しない。既往の実績や線形条件等で採用可能な場合は、積極的に

採用検討できる。

PCU コンポ橋は、U形桁内部の目視点検が困難であることから、原則として採用しない。

- RC 中空床版橋，PC 中空床版橋について

RC・PC 中空床版橋は、特に採用を制限しない。

ただし、コンクリート打設時における中空円筒型枠の浮き上がりによりひび割れやかぶり不足が生じる場合があるため、施工時には施工計画を十分に検討するものとする。

- プレキャスト桁に関する高強度コンクリートの使用について

桁下制限が厳しい場合等、標準的なコンクリート強度では構造的に困難な場合には、プレキャスト桁に高強度コンクリートを使用することができる。ただし、H29 道示に規定される範囲のコンクリート強度を使用するものとする。なお、その使用にあたっては担当事業課および道路整備課と協議する。

(4) 複合構造に関する事項

- 波形鋼板ウェブ橋について

波形鋼板ウェブ橋は、原則として採用しない。

→ジベル部の設計や、波形鋼板の溶接継手の疲労について、懸念があるため原則として採用しない。

- ポータルラーメン橋について

ポータルラーメン橋は、径間長 50m 程度以下かつ、橋台高さ 15m 程度以下かつ、75° 以上の斜角を有する範囲内で採用できる。ただし、以下の事項に留意するものとする。

→「H29 道示IV7.8 橋台部ジョイントレス構造」の規定を満足するように設計への配慮を行う。

- その他の複合構造は、鋼とコンクリートの一体化に対する機能の検証が十分でない橋梁については原則として採用しない。

7.3. 下部構造形式の選定

下部構造には、橋種・形式の組合せによって多くの形式があり、それぞれの特徴を有している。したがって、各々の持つ特徴を的確に判断し、下部構造に及ぶ作用や周辺構造物に及ぼす影響、施工性、維持管理性の確実性及び容易さ、景観、経済性等を総合的に考慮して判断しなければならない。

7.3.1. 橋台形式の選定

橋台形式は、直接基礎のフーチング又は杭基礎を支持層に確実に支持させることを前提に、躯体高を参考にして選定するものとする。表 2-1 に橋台形式と適用高さを示す。

山岳部においては、橋台位置や形式により、床掘りに伴う長大のり面は生じることがあるので、地表面及び支持層の傾斜、支持層の深さなどを考慮し、地山の掘削が少なくなる橋台形式を選定することが望ましい。

橋台の形式を選定する場合は、次の事項に留意するものとする。

- 1) 重力式橋台は、基礎地盤の支持力が期待できる直接基礎の場合に用いることを基本とする。ただし、砂防河川における護岸兼用橋台は、重力式橋台の杭基礎としてもよい。砂防河川に架ける橋梁は、橋台形状を逆 T 式とすると護岸兼用とできず橋長を伸ばす必要がある。砂防河川に架けられる橋梁は一般に橋梁規模が小さく、単純桁が多いので、杭基礎とする場合でも橋長が増加する逆 T 式橋台とせず、重力式橋台としてよい。
- 2) 重力式橋台は、躯体自重が小さく、土の重量で安定を保持させるので経済的であり、背面裏込部の施工も容易である。
- 3) 控壁式橋台は、 $H=12m$ 程度以上となると採用されるが、控え壁の配筋、コンクリートの打設、裏込め材の締固めに困難を伴うことから、採用にあたっては十分に留意するものとする。
- 4) 箱式橋台は、橋台高さが高い(15m 程度以上)場合に採用される。基礎地盤条件が悪く、杭基礎になる場合には、橋台箱内部を中空にすることにより地震時慣性力を軽減させ、杭基礎に対して有利な設計を行うことが可能な形式である。直接基礎の場合は、滑動に対して荷重を有利に作用させるために、中空部に土を入れる場合が多い。
- 5) 橋台位置に交差道路や河川管理用通路などがある場合で、橋台をラーメン式(BOX 構造)として橋台内に交差物件を通すことが、経済性など総合的に有利な場合に採用する。通常は一方向ラーメン橋台とするが、斜角の影響などからボックスが長くなる場合には、明かり取りや歩道・車道の分離のために、前壁に開口部を設けて二方向ラーメン橋台とすることがある。
- 6) 盛りこぼし橋台

山岳地域で盛土高の高い区間に橋台を置く場合、橋台は非常に大規模なものになるので、杭基礎で支持された小橋台を設けた方が経済的となる場合がある。しかし、この形式は盛土の物性値により影響を強く受け、フーチング下面より下方の盛土部分において基礎構造に作用する土庄についても未解明な点があるので、この形式を採用する場合には、盛土材料の物性、盛土の施工管理等に十分な検討を行わなければならない。また基礎構造は杭基礎として現地盤中の支持層で確実に支持させるものとし、地形・地盤条件を考慮して十分安全性を検討する必要がある。

7.3.2. 橋脚形式の選定

橋脚形式は、原則として壁式、柱式、ラーメン式とする。

壁式橋脚と柱式橋脚との区別は、形状により幅厚が3:1以上を壁式橋脚と定義する。

ラーメン橋脚は、橋脚高が高くなると水平部材の違いにより、1層、2層の区別がある。

1) 河川橋

橋脚の形式は、河積阻害率との関係で図 7-2 に示す形式から選定するが、原則として小判形とする。流向の不規則な河川では円形断面とするが、張出し部を大きくすると付け根部分に応力集中が生じるので注意する。

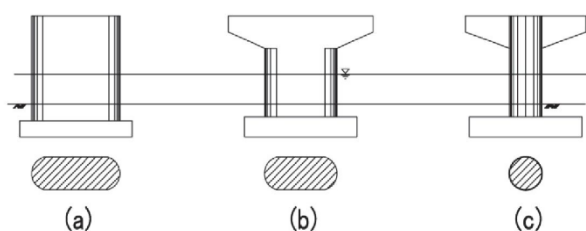


図 7-2 河川橋の橋脚形状

2) 河川橋以外

河川橋以外に設ける橋脚の形式は、前項のほか図 7-3 に示す矩形による形式も対象とする。ラーメン式橋脚は、原則として連続フーチングとする。

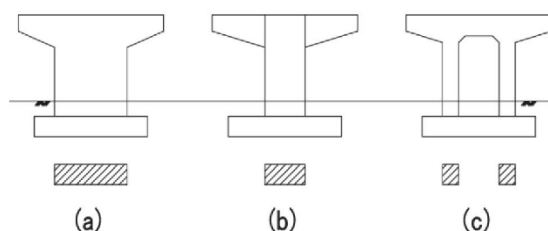


図 7-3 橋脚形状

又、次の事項に留意するものとする。

- 橋脚の自重が基礎工費に著しく影響する場合は、ラーメン式又は張出し式などの躯体自重の軽い形式が望ましい。
- 橋脚が連続する高架橋などにおいては、景観面を考慮し、立地条件、区間などで形式を統一することが望ましい。
- 道路などの交差条件から、制約(視距、建築限界等)を受けることがある。

3) 鋼製橋脚

- 鉄筋コンクリート橋脚に比べて同じ荷重に対し部材寸法を小さくすることが可能であるため、架橋位置での制約条件が厳しい場合に採用されることが多い。
- 道路橋示方書に記載されていない事項等は、都市高速の建設を行う機関の設計基準を参考にする。
- 本橋脚構造を採用する場合は、道路整備課と協議する。

4) 複合構造

- 高橋脚を計画する場合、耐震性の向上や省力化、急速施工の面で鉄筋コンクリート橋脚に比べて有利となる。
- 大規模地震時の構造特性が不明確であるため、採用にあたっては非線形動的解析を行う等、耐震設計を慎重に行う必要がある。
- 「H29 道示」、 「NEXCO 設計要領第二集」、 「複合構造物設計・施工指針（案）」（土木学会出版のコンクリートライブラリー）などを参考にして行う。

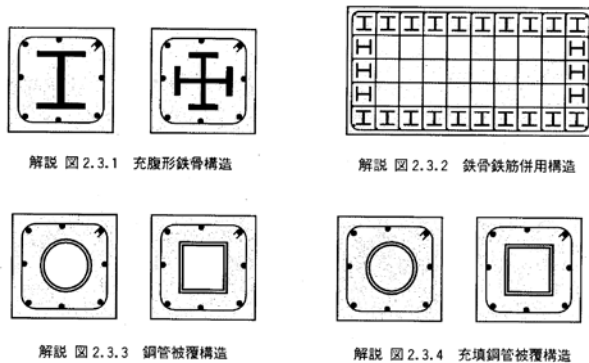


図 7-4 複合構造橋脚の例

7.3.3. 基礎形式の選定

基礎形式の選定にあたっては、地形や地質条件、施工条件、環境条件等を考慮して、必要に応じて補完性又は代替性が確保される物を選定しなければならない。

1 基の下部構造には異種の基礎形式を併用しないことを原則とする。

また、以下のような箇所に基礎構造を設ける場合は留意するものとする。

- 斜面の安定性には不明な点が多いので、斜面の安定性に対する不確実性も踏まえて安全性を確保する構造とする(橋軸及び直角方向のそれぞれの方向に対して複数の杭からなる 4 本以上の組杭構造とするのがよい)。
- 軟弱地盤にオールケーシング工法で杭を構築する場合、コンクリート打込み時において、ケーシング引抜後の孔壁に作用する外力(土圧、上戴圧等)と内圧(コンクリート側圧等)のバランスやコンクリートの充填性の不足等により杭径が所定の径より細くなることもあるため、他の基礎工法の適用を検討するのがよい。

表 7-1 に選定の目安を示す。

表 7-1 基礎形式の分類と施工深さ

工種	深度	施工深さ (m)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
直接基礎		■■■■								
P H C 杭			■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
鋼管			■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
オールケーシング杭			■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
リバーズ杭			■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
深礎基礎		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
オープンケーソン		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
ニューマチックケーソン		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
鋼管矢板基礎		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
地中連続壁基礎		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■

1) 直接基礎

直接基礎は、地盤の比較的浅い位置に良質な支持層がある場合に最も経済的な基礎構造形式である。

- 岩盤、砂礫層又は砂質土 N 値 30 以上、粘性土 N 値 20 以上(一軸圧縮強度 $qu \geq 0.4N/mm^2$ 程度)で、下層に軟弱層が存在しない地盤を支持層とする。
- 良質な支持層とならない場合や支持層の下に弱い層がある場合は沈下について検討する必要がある。
- 支持層が地表又は水面より 5m 以内にあるときは直接基礎とする。
- 山岳地の斜面上の直接基礎で、掘削土量が多くなる場合は、段差フーチング基礎、置換コンクリート基礎の検討を行う。

2) 杭基礎

杭基礎は、比較的深い位置に良質な支持層がある場合に経済的な基礎形式である。

- 杭基礎は、原則として良好な支持層に支持させる。
- 良質な支持層の厚さが薄く、その下に軟弱な層がある場合は、支持力及び圧密沈下についても検討する。
- 杭基礎は、材料、形状寸法、工法などで多種多様な種類があるので、地盤条件、上部構造条件施工条件などを十分検討し、最も経済的で施工性の良いものを採用する。

【出典】

H29 道示IV 8.4, p-179

【参考】

H29 道示IV 8.4

解説, p-179

3) ケーソン基礎

ケーソン基礎は、主に河川等において、深い位置に支持層がある場合に用いられる。

- 直接基礎では、玉石や岩塊が多く矢板が打てず止水ができない場合
- 杭基礎では、玉石や転石があつて施工が困難な場合
- 水平荷重が特に大きく、杭基礎などでは処理しきれない場合

4) 鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎は、河川等で仮締切が必要な場合に用いられる形式で、鋼管矢板を現場で円形、小判形、長方形などの閉鎖形状に組み合わせて打ち込み、継ぎ手管内をモルタルで充填し、その頭部に頂版を設けて、所定の水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎形式である。

- 水深が深く、杭基礎では鋼矢板による仮締切が困難な場合
- ケーソン基礎では築島が困難な場合
- 地盤が軟弱で、鋼矢板による仮締切では安全性が確保されない場合

5) 地中連続壁基礎

地中連続壁基礎は、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閉合断面を形成し、その頭部に頂版を設けて、所定の水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎形式である。

- 機械掘削による場所打ち鉄筋コンクリート工法のため、大深度まで任意形状の基礎を低振動、低騒音で築造することができる。
- 矩形の閉合断面を形成するので、剛性の高い基礎が構築できる。
- 小さい基礎から大きい基礎まで、任意の断面形状を選定できる。
- 地盤との密着性に優れており摩擦抵抗が大きい。
- 地上からの機械施工のため安全である。
- 掘削機械の選定および補助工法の使用により、軟弱地盤から岩盤まで施工可能であり、適用地盤が広い。
- 周辺地盤や既設構造物に与える影響が小さく、近接施工が可能である。

6) 深礎基礎

深礎基礎は、山間部等の斜面上において杭基礎を構築する際に多く用いられる基礎形式で、場所打ち杭の一工法である。

- 深礎基礎は支持地盤の確認が容易である。
- 地中障害物の除去が容易である。
- 施工設備が簡単である。
- 湧水の多い地盤には適さない。
- 酸素欠乏や崩土による崩壊落石等に対する施工時の安全性について、設計時にも十分検討しなければならない。
- 深礎杭の掘削長は作業能率や安全対策上、一般に径の10倍程度までとするのがよい。

【参考】

NEXCO 第二集, 4-2-5
pp.1~23

7.4. 橋梁予備設計

7.4.1. 橋梁予備設計の流れ

橋梁予備設計の手順を図 7-5 に示す。

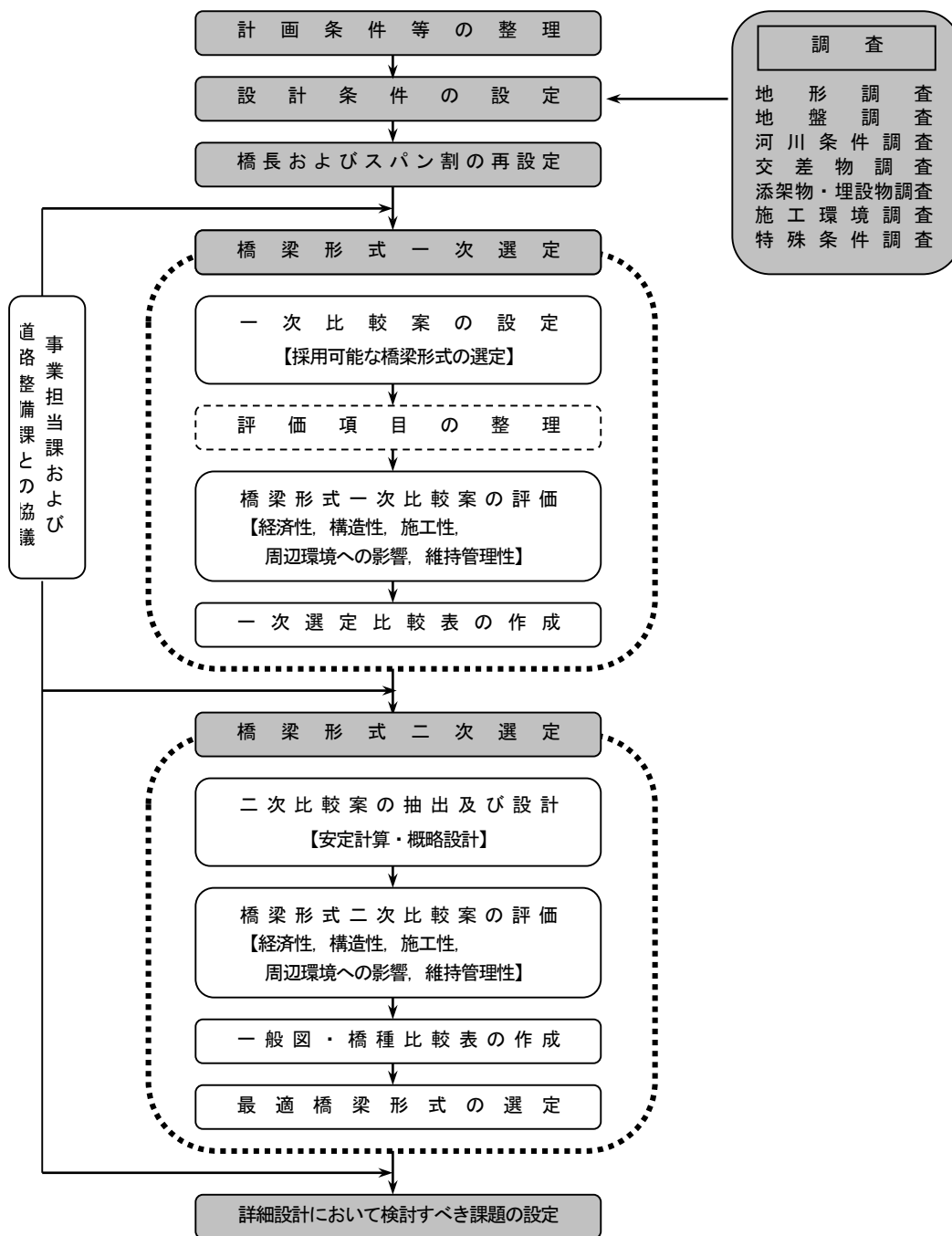


図 7-5 橋梁予備設計のフローチャート

7.4.2. 設計条件の整理

橋梁予備設計にあたって、(1) 計画条件、(2) 橋梁とすべき必要性、(3) 架橋位置 の計画条件項目について整理を行い、橋梁形式比較の立案を実施するための設計上の前提となる設計条件の確認を行うものとする。

橋梁計画のための各種調査や協議等を踏まえ、計画条件項目について整理を行い、以下の項目を代表とする設計条件を確認する。

- 地形地盤特性及び周辺環境状況
- 交差条件等の確認
- 施工条件等の確認
- 耐震設計の基本方針
- 荷重条件
- 主要な使用材料

7.4.3. 橋梁形式一次選定

(1) 橋梁形式の一次選定は計画条件や設計条件等に基づき、一次比較橋梁案を設定し評価項目による合理的な総合評価を行い、橋梁形式二次比較橋梁案を選定するものである。
 (2) 総合評価では、経済性を除く評価項目は定性的評価(相対評価)により行うのを標準とする。

橋梁形式の一次選定は、一次比較橋梁案の設定、橋梁形式一次比較案の評価の順に行い、比較案の評価は、主に次の5項目に着目して行う。

- 1) 経済性(初期建設費、維持管理費等)
- 2) 構造的性(構造の一般性、耐震性、耐久性、走行性等)
- 3) 施工性(施工の安全性、難易度、確実性、工事用道路及び作業ヤード等)
- 4) 周辺環境への影響(景観、騒音、振動等)
- 5) 維持管理性(管理の難易度、補修の難易度等)

上部構造の構造形式の設定(ラーメン・アーチ・トラス構造形式を含む)にあたっては、一次橋梁比較案を10案程度設定する。なお、単に数あわせの比較案を設定して10案とする必要はなく、逆に比較案が10案以上の場合もある。

(1) 橋梁形式一次比較案の評価

選定した橋梁形式毎に概略一般図を作成し、施工性・経済性などを含めた比較検討を行い、二次選定のための3橋種程度を選定する。このとき比較案の設計精度は、橋梁概略設計程度とし(概略設計とは、経験および既存の文献・資料等に基づき行う設計)、総合評価は、比較案設定上の留意事項など当該橋梁の保有すべき条件を勘案し、経済性を除く評価項目は定性的評価(相対評価)を標準とする。

なお、一次比較の段階からライフサイクルコストに配慮するものとするが、一次比較段階における維持管理費は代表的な項目のみ(例：鋼部材の塗装塗替費用、コンクリート部材の断面修復費用等)でよい。

ただし、景観に特に配慮すべき橋梁においては、評価項目のウエイト付けから評価する等、個別対応とする必要がある。このとき、そのウエイト付けについては何故そうするかについて明確に記述する。

【県の運用】
7.4.3

【補足】

点数評価による橋梁形式選定では、経済性で比較できる項目を除き、点数の重み付けを定量的に行うことが難しいため、定性的評価(相対評価)を標準とした。

以下に、一次選定比較表作成に際する比較対象項目(「表 7-2」参照)と評価方法の例を示す。

表 7-2 定性的(相対的)評価項目の例

評価項目	評価内容(参考例)	評価方法
経済性	・初期建設費 ・維持管理費(塗装塗替費等)	コスト
構造的性	・構造の一般性：同規模(支間長と適用形式等)実績の適否，新工法で実績の有無 ・耐震性：多径間連続構造，上下部の支点条件(不静定次数の高さ) ・耐久性：工場製作桁，高耐久性床版の使用の有無 ・平面線形への対応：曲線橋，斜橋の場合の適合性 ・走行性：伸縮装置数の多少 等	◎○△
施工性	・安全性，難易度：標準的な施工法の適否，交差物件上での作業の有無や期間 ・品質管理：工場製品あるいは現場施工の有無，等 ・現場工期：工期の長さ，橋脚基数 等 ・施工ヤード：作業ヤードの大小や現場との適合性 ・その他固有条件：橋固有の条件を追加する 例) 供用までの全体工期(事業スケジュール)との整合 切回し道路，輸送経路の問題 限定施工時期への対応(河川条件，漁業関係，作業限定時間等) 暫定供用，将来計画との適合性	◎○△
周辺環境への影響	・景観：美観，景観等の自然環境との調和 隣接橋との連続性，圧迫感の軽減，煩雑部の軽減 等 ・施工時環境保全：大型工事車両の有無，下部構造基数，地形変更の度合い 等 ・完成時環境保全：橋体からの騒音・振動の程度，伸縮装置数 等	◎○△
維持管理性	・維持管理に要する費用は，経済性の項目で評価する。 ・管理の難易度：点検・維持管理する部材の大小 付属物(支承，伸縮装置)の多少 ・補修の難易度：主桁や床版補修の容易性	◎○△

1) 橋梁形式の選出

同条件で施工実績の多い橋梁形式の場合は，施工例から一般図を作成できるが，施工実績の少ない橋梁形式については，主要部材・架設・施工等の概略チェックが必要なこともある。

2) 概算工費

工事費は，既存データから単位当たり鋼重や単位当たり単価を用いて算出し，初期建設費に維持管理費を加えたライフサイクルコストとする。なお，比較表には橋面積当たり単価や鋼重当たり単価を記載する。

3) 一次選定比較表の作成

- 径間種別 : 多径間橋梁の場合，各径間別に分類する。
- 立案種別 : 径間別・橋梁形式別に分類する。
- 橋梁形式種別 : 橋梁側面図および橋梁断面図を記入し，径間数とタイプがわかる図面を記載する。
- 工費(LCC) : 上下部構造の概算工費を記載する。一次選定ではこの項目が選定の目安となる。
- 経済性評価 : 前記工費が全案中何番目の評価なのかを安価のものから順に順番を記載する。
- 一次選定でのコメントは，全案をマクロ的にとらえ，主に経済的対比，設計条件との整合，特異性を総合的に評価する項目である。すなわちこのコメントにより予備設計対象案を決めることとなる。
- 総合評価 : コメントの判定より，3種類程度を◎，○，△にて総合評価の判定を行う。
(定性的評価の場合)

7.4.4. 橋梁形式二次選定

(1) 橋梁形式の二次選定では、橋梁形式一次比較案の評価結果により、原則として上位から3案程度を選定し、各々の案について比較設計(安定計算・断面の計算)を行い、評価項目による合理的な総合評価を行い、最適橋梁形式を選定する。

(2) 総合評価では、経済性を除く評価項目は定性的評価(相対評価)により行うのを標準とする。

橋梁形式の二次選定は、次の項目順に行うものとする。

- | | |
|---------------------|---------------|
| (1) 二次比較橋梁案の抽出および設計 | (2) 二次比較案の評価 |
| (3) 一般図・橋種比較表の作成 | (4) 最適橋梁形式の選定 |

(1) 橋梁形式二次比較案の抽出及び設計

原則として上位から3案程度とするが、一次比較案の段階では、上部構造・下部構造・基礎の関連が的確に把握できないことから、鋼橋とコンクリート橋の両タイプを選定しておくことが望ましい。二次比較案の上部構造・下部構造および基礎については概略の設計計算を行うとともに、概略数量および概算工事費を算出する。

下部構造の設計計算においては、震度法による耐震設計での形状決定では、詳細設計時に基礎が大きくなり用地が不足したり、工費が大幅に増大し経済性が逆転する等の不具合も考えられるため、予備設計時に地震時保有水平耐力法等による予備検討を行う必要がある。

また、周辺環境への影響の観点では、架橋位置における主要な環境要素について検討することが望ましい。

上部構造：支間割や主桁配置等を想定し、主要点(主桁最大曲モーメントまたは軸力の生じる箇所など)の概略応力および断面の検討を行い、支間割・主桁配置・主構を決定する他、構造決定に必要な設計を行い、一般図を作成するとともに概略数量と概略工事費を算出する。

下部構造：二次比較案の上部構造反力を用いて、各部位の概略応力や安定計算を行い、概略数量および工事費を算出する。

架設工法や土留め・締切り・仮橋等の仮設物についても、必要に応じて概略の安定計算や応力計算を行うなどできる限り架橋位置における外部的諸条件を考慮した計画とすることが望ましい。

景観設計等環境への適応性の検討に際しては、「本編5. 橋梁設計における環境保全」に基づき、必要に応じて多角的な視点から検討を加えることが望ましい。

(2) 橋梁形式二次比較案の評価

1) 最適橋梁形式の選定

比較案について一次選定と同様に次の項目により総合的な評価を行い、橋種比較表を作成し、最適橋梁形式を選定する。評価項目では、内容を十分に記述し、客観的な視点で評価する。

なお、評価の方法については一次比較と同様に定性的評価(相対評価)を標準とするが、橋梁の規模が大きい場合などの時は、評価方法について担当事業課および道路整備課と協議するものとする。

a) 経済性

経済性の比較には上部構造・下部構造の建設費にのみ着目した検討が多く見られるが、本来の予備設計の2次選定における経済性の比較は、その橋梁における用地費・製作費・運搬費・仮設費・架設費・

【県の運用】
7.4.4

旧橋撤去費などの橋梁建設全ての費用を対象とすることが望ましく、橋梁形式の比較においては、前述の経費の内、橋梁形式によって費用が変わる項目はすべてについて、その対象とする。

経済性にはライフサイクルコストも対象とし、橋梁の耐用年数は120年と設定する(表 7-3)。

表 7-3 ライフサイクルコストの例

	工種	項目		環境条件 又は交通量	周期	単位	回数	対象数量
共通	橋面舗装補修	改質アスファルト	取替え	普通	20年	m ²	5	橋面積(有効幅員×橋長)
		塗膜系	取替え	普通	20年	m ²	5	〃
	橋面防水工補修	シート系	取替え	普通	20年	m ²	5	〃
鋼橋		塗替え塗装	C-5系	塗替え	山間部	60年	m ²	1
	都市部・準海岸部				45年	m ²	2	〃
	海岸部				30年	m ²	3	〃
	足場工			山間部	60年	m ²	1	橋面積(全幅員×橋長)
				都市部・準海岸部	45年	m ²	2	〃
				海岸部	30年	m ²	3	〃
床版補修	RC床版	部分補修	—	25年	m ²	4	橋面積(全幅員×橋長)×〇〇%	
伸縮装置補修	ゴムジョイント	取替え	普通	20年	m	5	ジョイント延長(有効幅員×箇所数)	
(点検)	定期点検		—	5年	m	22	橋長	
PC橋	床版補修	PC床版	部分補修	—	50年	m ²	2	橋面積(全幅員×橋長)×〇〇%
	桁補修	断面補修等		—	25年	m ²	4	床版上面を除く全表面積×〇〇%
		足場工		—	25年	m ²	4	橋面積(全幅員×橋長)
	伸縮装置補修	ゴムジョイント	取替え	普通	20年	m	5	ジョイント延長(有効幅員×箇所数)
	(点検)	定期点検		—	5年	m	22	橋長

*120年目のライフサイクルコストは計上しない。

【参考】

- ① ミニマムメンテナンス橋に関する検討
- ② ミニマムメンテナンス PC 橋の開発に関する共同研究報告 (I)
- ③ 鋼橋のライフサイクルコスト
- ④ ライフサイクルコストの計画・設計への反映方法

b) 構造的

橋梁の設計において最も重要視すべき項目の一つであり、この項目では橋梁の構造的な一般性、耐震性、耐久性、走行性といった観点から最も有利になる橋梁形式を評価する。特に長支間の橋梁や斜橋・曲線橋は、構造的に不安定になる場合が多く、構造的な検討には特に注意しなければならない。また橋梁構造にのみ解決方法を求めるのではなく、橋梁計画そのものを見直すことで、より安定した橋梁構造とする可能性についても検討する。

c) 施工性

施工性については橋梁建設に関する一般論での検討ではなく、その橋梁の特性(特殊性)に即した検討を行うと共に、仮設工や架設工についても橋種毎に具体的な検討の中で評価する。この検討項目の内、費用として計上できるものは経済性に含まれるが、容易に費用として算出できない事項については、施工の安全性、難易度、確実性、施工ヤードや工事用道路との適合性等の観点から評価する。また、施工期間に制約を受ける橋梁や将来計画のある場合等では、実際の施工形態に十分配慮する必要がある。

d) 周辺環境への影響

周辺環境への影響では、自然環境との調和等の景観的な側面や、施工時および完成時の騒音や振動等、環境への影響について評価する。

e) 維持管理性

維持管理性では、橋梁の塗替え費用や伸縮装置や支承の取替え等の維持管理費用は経済性の項目で評価し、その他、容易に費用として計上できない事項については、管理の難易度や補修の難易度等の項目で評価する。

- f) その他
a)～e)の評価項目の他、架橋位置における特例や特殊条件などで、特に配慮すべき項目がある場合は追加する。
- g) コメント
コメント欄では、比較表における評価の根拠を十分に説明すべきものであり、可能な限り橋種毎の差異に優劣を付けて明確に比較表現する。

2) 評価項目の評価方法

評価の方法については一次比較と同様に経済性を除く評価項目は定性的評価(相対評価)を標準とするが、橋梁の規模などにより担当事業課および道路整備課と協議を行う。例えば、大規模な橋梁等の景観を重視する場合などがある。

3) 橋梁全体一般図、橋梁形式選定比較表の作成及び最適橋梁形式の選定

選定された橋梁形式について「二次橋梁形式選定比較表」を作成し、二次比較案の評価に基づき、最適橋種を選定する。

7.4.5. 留意点

(1) 上部構造形式選定にあたっての検討事項

1) 構造系(振動単位系)

構造系(振動単位系)は、橋を決定する上で重要な要素であるため、地盤特性などを十分に考慮して検討する必要がある。複数径間の橋では、耐震性および走行性などの観点から原則として多径間連続構造とする(多径間連続ラーメン構造を含む)。

なお、地盤条件が著しく変化する箇所では、橋脚上で上部構造を切り離す構造が有利である場合もあるので、連続構造との比較検討を十分行わなければならない。

a)連続化の利点(単純桁との比較)

- 伸縮装置が少なく走行性に優れ、騒音・振動が少ない。
- 複数の下部構造で支持されるため、耐震性に優れる。
- 構造系が不静定となり、部材の一部が降伏に達しても応力の再配分が行われるため、構造性に優れる。
- 同支間の単純桁に比べ、曲げモーメントが小さくなり、経済性に優れる。

上記のように、上部構造の連続化は利点が多く望ましい構造である。ただし、連続径間数については、上部構造形式・支承条件・下部構造・基礎構造・基礎周辺地盤の状況等の条件を総合的に検討し決定する必要がある、上部構造の利点のみに着目して橋梁を計画してはならない。

b)連続化の問題点

上部構造の連続化を図った場合、それを支持する支承・下部構造・基礎構造への影響を考慮する必要があり、上部構造形式や支承条件等によっては、下記に示すような問題点が生じる。

- 常時に生じる不静定力(PC 橋の場合はプレストレスによる桁の弾性変形・クリープ・乾燥収縮・温度変化、鋼橋の場合は温度変化)の処理方法
- 地震時に生じる上部構造全体の慣性力の支承や下部構造への配分
- 温度変化による桁の伸縮に伴う水平移動量の処理
- 支承の設計、施工が煩雑となる(ばね定数の設定や据え付け方法など)
- 桁下交差物件の条件によっては変則不等径間となり、支間比によっては端支点到に負反力が生じる場合がある。

以上により、基本的には多径間連続構造が望ましいが、無制限の多径間化には注意が必要となる。

連続化された橋梁の設計・施工実績では8～29径間の連続桁橋も存在するが、各種の好条件下においても鋼橋・PC橋とも最大で5～10径間程度の連続化が一般的であると考えられる。

c)支承固定方法の比較

「H29 道示V 耐震設計編」では、支承条件(固定・可動・弾性固定)により設計振動単位が異なる。

上部構造が連続形式で支承が一点固定の場合(他点自由)、設計振動は固定支承を支える一基の下部構造と、それを支持している上部構造部分からなると見なしており、また支承条件が多点固定(弾性固定を含む)の場合、固定(弾性固定)支承を支持する複数の下部構造と、それが支持している上部構造部分からなると見なし、それぞれ固有周期を算出することとなっている。

支承および下部構造を設計するための設計水平震度は、上記固有周期が影響を与えるため、支承条件の設定は橋梁全体(上・下部・基礎構造)設計の重要な要素となる。

以下に支承の固定方法について示す。

ア)1点固定(1脚固定)方式

従来2～3径間程度の連続桁橋に多く見られた方式である。この方式は固定支承を有する橋脚は1基のみとし、他はすべて可動支承を有する橋脚または橋台とする形式である(例：図7-6)。ただし、近年では、地震時水平力分散構造の普及により1点固定方式の連続桁はあまり採用されない方式である。

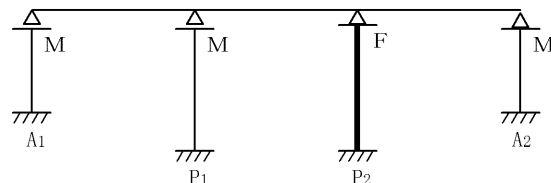


図 7-6 1点固定方式の例

この方式は、上部構造の地震時慣性力が固定橋脚へ集中して作用するため、固定橋脚の躯体および基礎が大きくなり易く、他橋脚との構造寸法のバランスも悪いいため、耐震設計上も好ましくない。上部構造においての温度変化・クリープ・プレストレスによる弾性変形・乾燥収縮などの不静定力による二次応力や変位の影響は、下部構造設計には考慮する必要がないが、支承の設計には変位(水平移動)の影響を考慮しなければならない。

【参考】

H29 道示V4.1.4

【補足】

複数径間の連続桁で1基の下部構に慣性力が集中する構造形式は、当該下部構造の支承部の破壊に対する補完性又は代替性が低いため、構造計画の観点からは望ましくない(H24 道示V 16.1(3)解説)。

イ) 多点固定(複数脚固定)方式

固定橋脚の数を増やし複数の固定橋脚が(なるべく均一に)地震時慣性力を受け持つように配慮した構造形式が多点固定方式である(図 7-7)。

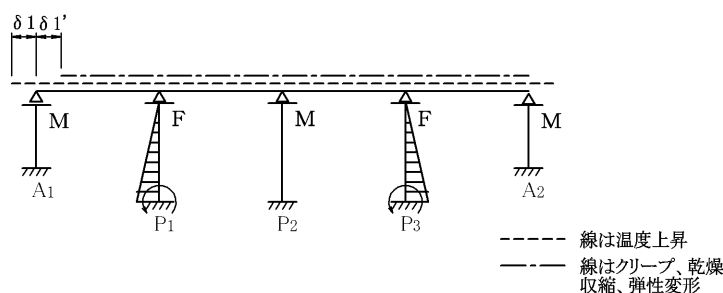


図 7-7 多点固定方式の例

この方式の場合、基礎を含む下部構造の設計においては、各固定橋脚に地震時慣性力が分散される利点がある。一方、常時に作用する温度変化やクリープ・乾燥収縮・プレストレスによる弾性変形などの水平方向の不静定力による内部応力(各橋脚を固定支承とすることにより桁の伸縮が拘束され、発生する圧縮力・引張力)、および内部応力によって生じる変位(変形)が発生するため、その影響を考慮した支承・下部構造の設計を行う必要がある。

支承の設計では、可動支承は温度変化などによる水平変位(移動量)に追従可能なもの、固定支承は地震時上部構造の慣性力の他、支点拘束による不静定力に耐え得る耐力を持つ支承の設計となり、下部構造の設計においても支承の設計同様、支承拘束による不静定力の影響と地震時慣性力の影響を考慮した設計となる。

多径間固定方式の内、支承を有さない構造の代表に PC ラーメン橋が挙げられるが、最近では鋼橋においても多点固定方式が採用される場合がある。

また、多径間ラーメン橋などでは、上部構造の固定支間長に比較して橋脚高が低い場合や橋脚高が大きく変化する場合などには、不静定力の影響が大きくなる場合が多いので注意が必要である。

ウ) 弾性固定(支承)方式(水平力分散ゴム支承を用いた場合)

ゴム支承の弾性変形を利用した構造で、複数の下部構造に地震時慣性力を柔軟に分散支持させるとともに、不静定力による応力や変形の影響を吸収緩和させて支持させることが可能な方式である(図 7-8)。

大きな利点としては、ゴム支承の剛性を変化させることにより、橋梁の固有周期の長周期化による地震時慣性力の低減や、各橋脚の荷重分担率を調整して橋脚躯体断面形状を比較的容易に統一させること等が挙げられる。また、不静定力により橋脚に生じる応力や変位をゴムの変形で抑制させることができる

(図 7-9)。

なお、地盤が軟弱な箇所では弾性固定を採用する場合は、橋の固有周期が長周期化したことにより地盤の固有周期と近接して共振現象を引き起こす可能性があるため、地震時の地盤の固有周期と橋の固有周期が近くないことを確認する。

また、多径間連続に水平力分散ゴム支承を用いた構造では、変位が大きくなる傾向があるため、桁橋の遊間や桁かかり長への配慮が必要となる。

【補足】

一般的には、地震時水平力分散構造が多用されるが、地震時水平力分散構造(免震構造含む)とした場合に L2 地震時における上部工移動量が大きくなりすぎる場合等では多点固定構造とした方が経済的となる場合がある。それが想定される場合には、多点固定方式と水平力分散構造を比較検討する必要がある。

水平力分散機能に加え、減衰効果を期待した構造を有する支承に免震支承がある。減衰効果を期待するだけでなく、1支承当りの耐力が大きく、剛性変化の自由度も広いため、支承サイズをコンパクトに収めることが可能になり、水平力分散ゴム支承を採用した場合、橋梁全体で結果的には経済性に大きな差が生じないケースも見受けられるため、最近では事前に水平力分散ゴム支承との比較を行い、積極的に採用している場合が多い。

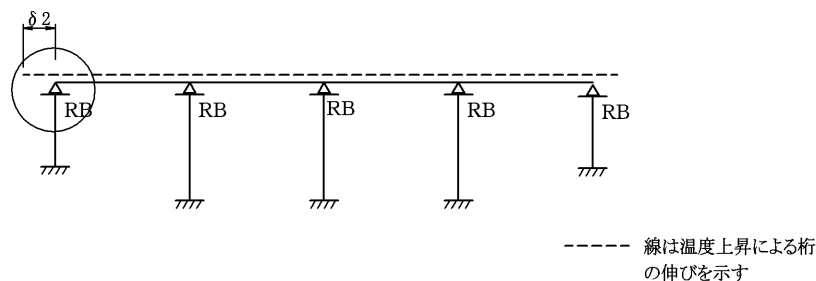
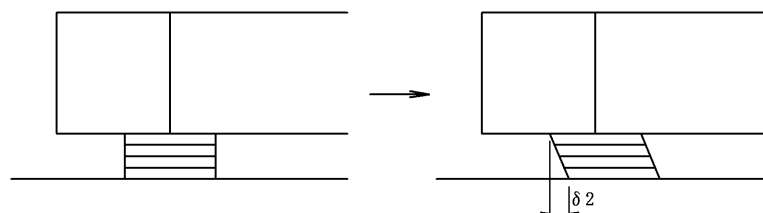


図 7-8 弾性固定方式の例



- ・桁の移動(温度変化、クリープ等)はゴムの弾性変化で吸収。
- ・地震時の慣性力の緩和

図 7-9 弾性支承のイメージ

このように、支承の固定方式には概ね以上の方式が考えられるが、上部構造・下部構造・基礎・地盤状況・橋の規模・重要度・耐震性など、各要素を総合的に判断し、それぞれの条件に合致した支承固定方法を決定する必要がある。

2) 段階施工について

片側車線毎の段階建設を計画している場合には、橋種によっては一定の桁端部相互の遊間を確保しておく必要があることから、予備設計の段階から留意する必要がある。

3) 添架物について

水道管等の添架がある場合には、橋種によって添架位置が拘束されることから、添架の有無も考慮の上、橋種の設定に反映させる必要がある。

4) 特殊な構造

特殊な構造を有する橋種を設定する場合は、架橋位置の外部的諸条件下において優位性があるときに限定して設定する。

(2) 最適上部構造の選定方法

1) 支間長から見た最適上部構造

a) 橋梁の曲げモーメント

橋梁は、支間長が長くなれば、曲げモーメント($M=wl^2/8$ または $Pl/4$)や、せん断力($S=wl/2$)が増加する。

この曲げモーメントの増加に対し、断面形数(z)が一定であれば応力度($\sigma = My/I = M/z$)もそれに比例して増加する。すなわち応力が増加した分、断面係数($z=y/I$)を増やすことにより、許容応力度以内になるような断面を設計することが必要となる。

従って、支間長が長くなると、桁断面は鉸桁断面から箱桁断面へ、桁高は低いものから高いものへと、それぞれ移行することになり、またそれ以上に支間を長く設定すると、断面形状のみでは対応が不可能となるので、構造形式の変更により、曲げモーメントおよびせん断力に対応させることになる。

構造形式には、曲げモーメントを軸力(引張・圧縮)に変換させて対応させるトラス構造、曲げモーメントを桁と柱に分配させて対応させるラーメン構造、同じく曲げモーメントをアーチリブと補剛桁に分配させて対応させるアーチ構造、曲げを引張力に変換させて対応させる吊構造等が考えられる。

このように各々の支間長に対応した橋梁形式があるが、形式決定には構造的のみでなく、施工性・経済性を総合的に評価検討し、選定されたものが最適上部構造形式となる。

b) 径間割の検討

多径間橋梁(2~5 径間)の支間割りを検討する場合、以下の2通りの方法で決めている場合が多い。

- 経済的支間割りを目的とした単純平均曲げモーメント(曲げモーメントの総面積を全長で除した値)が極小となる支間比を求める(図 7-10)。
- 端支점에 負反力が生じる限界支間割(死荷重による反力が負になる支間比)(図 7-11)を参考とする。

近年、耐震性の向上や伸縮装置に起因する振動・騒音の低減および走行性の向上を目的として、橋梁の多径間連続化が行われているが、一般的には5~10 径間までを目安として計画することが望ましい。

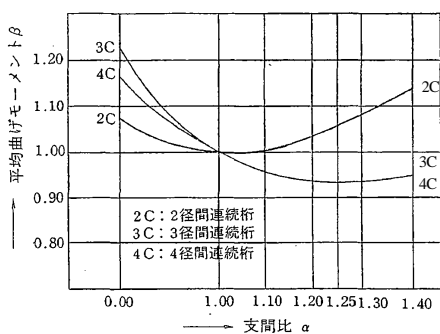


図 7-10 平均曲げモーメント比 β (参考)

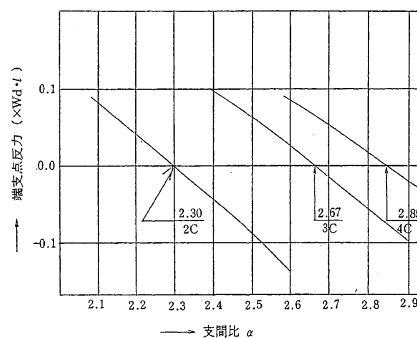


図 7-11 負反力を生じる支間比(参考)

【補足】

負反力が生じる中央支間長と端支間長の比は、橋梁形式や中央支間長によっても異なるため、標準的な高架橋では(中央支間50m程度)中央支間長:端支間=1.0:6程度を一つの目安とする場合がある。

【補足】

図 7-10, 図 7-11,

表 7-4 はあくまで参考値であり、実際の設計に際しては計算により最適支間比を設定する必要がある。

表 7-4 連続桁の支間割り(参考)

径間数	望ましい支間比	限界支間比	備考
1	—	—	
2	1.00	2.00	
3	1.25	2.50	
4	1.25	2.70	
5	1.00	2.90	

注)望ましい値、限界支間比は参考値であるため、設計においては計算で確認する必要がある。

※1) 各数値は側径間の支間を 1.0 とした場合の中央径間の比率である。

※2) 望ましい支間比とは、構造的にも、経済的にも有利な支間比のことである。

※3) 限界支間比とは、中央径間支間の側径間支間に対する比率が表の比率より大きな値となると、側径間端支点に負反力が生じる支間比のことである。支間比が上表の限界支間比の値を超えないように設計するのを基本とする。

【2 径間の場合の例】

図 7-10 より 2 径間の場合は 1 : 1 が平均曲げモーメントが極小となり経済的支間となる。

$L=60\text{m}$ とした場合 : $l_1 : l_2 = 1 : 1 \rightarrow \therefore l_1 = l_2 = 30\text{m}$

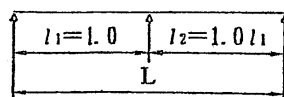


図 7-12 2 径間の例

また、その他の理由(桁下交差物件の条件)でやむを得ず不等径間にする場合でも、図 7-11 の限界支間比を参考として、計算により支間割りを決める。

$L=60\text{m}$ とした場合 : $l_1 = 60 / (1.0 + 2.3) = 18.2\text{m} \rightarrow l_2 = 2.3 \times l_1 = 41.8\text{m}$

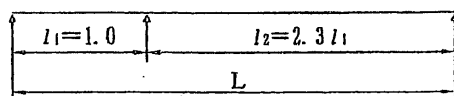


図 7-13 2 径間で不等径間の場合の例

【3 径間の場合の例】

図 7-10 より 1 : 1.25 : 1 が平均曲げモーメントが極小となる。

$L=90\text{m}$ とした場合 : $l_1 = l_3 = 90 / (2 \times 1.0 + 1.25) = 27.7\text{m} \rightarrow \therefore l_2 = 1.25 \times l_1 = 1.25 \times 27.7 = 34.6\text{m}$

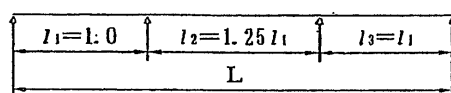


図 7-14 3 径間の場合の例

また、その他の理由(桁下交差物件の条件)でやむを得ず中央径間を大きくしたい場合は、負反力が生じないよう図 7-11 の限界支間比を参考として、計算により支間割りを決める。

【4 径間の場合の例】

$L=120\text{m}$ とした場合 : $l_1 = 120 / (2 \times 1.0 + 2 \times 2.85) = 15.6\text{m} \rightarrow l_2 = l_3 = 2.85 \times 15.6 = 44.4\text{m}$

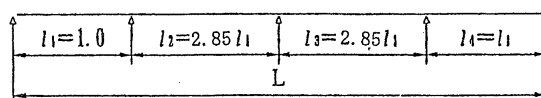


図 7-15 4 径間の場合の例

PC 連続桁橋、連続ラーメン橋などを片持架設工法で計画する場合の構造適に合理的な支間割り、側径間長 L_s と中央径間長 L_c の比 L_c/L_s が 1.65~1.55 程度である。ラーメン橋の場合、 L_c/L_s が 1.45 以下となる場合は、橋脚にアンバランスモーメントが生じるため、カウンターウェイト等の対処を考える必要がある。

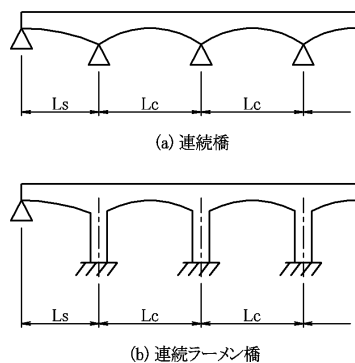


図 7-16 連続桁橋の支間割

2) 線形から見た最適上部構造

道路計画における平面線形や縦断線形にも留意して、適切な橋梁上部構造形式を選定する必要がある。

a) 平面線形

道路橋は道路の一部をなすが、道路線形を優先した計画がなされると、橋梁部分に直橋でなく斜橋や曲線橋が必要となる場合がある。技術的には複雑な線形に対応した橋梁の設計は可能であるが、複雑な構造のものは、設計・施工・維持・耐久性・経済性において直橋よりも不利なため、橋梁はできるだけ直橋となるような道路線形を計画することが望ましい。

斜橋と曲線橋の構造的、施工性、耐震性における短所

<斜橋>

【構造的】斜角の小さい橋梁では、梁ではなく版としての挙動を示すようになり、それを表現できる解析方法が必要となる。版では、鈍角側の支承に活荷重によって上向きの反力が作用するために、支承反力の照査において負反力が生じる可能性がある。上部構造の構造形式毎の斜角の適用範囲を超える場合には、通常的设计・検討では対応できないことがあり、極端に小さな斜角を有する構造の採用は控えるべきである。

【施工性】土木構造物設計ガイドラインに示されているとおり、斜角を有する下部構造は施工上、配筋上煩雑な作業となるため、極力直橋で設計することとなっている。

【耐震性】直橋であれば、直角方向に橋梁幅員分移動しなければ落橋しないが、斜橋の場合には回転することにより落橋し易くなる。そのため道示では落橋防止システムで対応する必要性が記載されているが、耐震性の観点からは直橋の方が望ましい。

<曲線橋>

【構造的】橋面だけが曲線で橋梁構造自体は直線の場合と、橋面に合わせて橋梁構造も曲線とする場合の2通りがあるが、いずれの場合も、死荷重状態で橋がねじられる力が作用し、それに対応するために直線橋よりも不経済となることが多い。

【耐震性】地震の作用方向によってその挙動が異なるため、設計の際には注意が必要である。

b) 縦断計画(線形)

橋梁構造物は土工と比較して工費が高く、道路建設費に占める橋梁建設費の比率は大きい。道路建設費は、その路線選定・線形設計の段階でほぼ決まるため、その線形決定については十分な検討が必要となる。平面線形決定の留意点は前述の通りであるが、縦断線形を検討するにあたり、特に留意すべきことは、桁下交差物件の建築限界・制限条件を考慮し、基本的には多少の余裕を見込んだ縦断計画をする

【補足】

橋梁設計を実施する時点では、既に道路計画がなされた後であることがほとんどであり、用地買収に影響する平面線形を変更することは現実的に困難な場合が多い。

したがって、多くの場合、平面線形に即した適切な橋梁形式を選定することとなる。

【補足】

多径間連続形式の曲線橋では、中間橋脚毎に不利となる地震方向が異なることに留意する必要がある。

ことである。

しかし、桁下制限や周辺環境などの影響から、桁高を抑えた特殊な橋種を選定せざるを得ないような場合は、一般的な橋種に比べ工事費の増加などを招く場合が多いため、橋梁の前後の区間までを考慮に入れ、可能な限り一般的な橋種が選定できるような縦断線形の計画検討を行うのがよい。

また、例えば山間溪谷部に橋梁を計画するような桁下に制限がない場合(自由に縦断計画が設定できる場合)には、縦断計画によって橋長が長い高橋脚を有する橋梁にもなり、縦断線形を低く抑える事によって短い橋長で、橋脚も不要となる場合もある。従って、桁下制限を受けない橋梁の縦断計画では、できるだけ低い位置に計画することが望ましい。

3) 走行性から見た最適上部構造

走行性の観点からは、極力、多径間連続桁として走行性の向上(伸縮継手に起因する交通振動・騒音の低減)を図るのがよい。また、橋台部をジョイントレス構造とすることも考えられる。

4) 周辺環境から見た最適上部構造

橋梁の架橋計画は桁下交差物件の条件のみでなく、架橋地点の周辺環境や地形により制約を受ける。周辺環境には大きく分けて都市部・平野部・海上部・山間部が考えられるが、その周辺環境に合った上部構造形式(構造・材料)で計画することが望ましい。

a) 都市部における上部構造形式

都市部は、1)都市の景観に配慮したものであること、2)都市の機能にあったものであること、3)交差物件が多いこと、などの都市部の橋梁計画には比較的厳しい環境背景がある。

このような多くの諸条件を満足できるように、下部構造位置や上部構造形式選定においては、特に施工性に十分に配慮した形式を選定する必要がある。

b) 平野部(田園部)における上部構造形式

平野部は海上部に比べ、塩分の飛来も少なく、橋梁の存在環境としては比較的良い。また都市部と異なり、交差物件が少ない場合が多く比較的自由に形式を選定できることが多い。ただし山間部と違い、桁下空間が大きくなる場合が少ないため、支間を大きくして桁高を高くした橋梁形式は、周辺環境に違和感や圧迫感を与える場合がある。

従って、地盤条件にもよるが、比較的小支間の鈹桁橋やプレテンション PC 桁橋、PC コンが橋等が望ましい上部構造形式とされることが一般的である。

c) 海上部(海岸)における上部構造形式

海上部(海岸)に計画される橋梁は、鋼橋、コンクリート橋のいずれの場合でも、波しぶきや潮風(塩分の飛来)を直接または間接的に受け、極めて厳しい腐食環境にある。塩分の付着は経年とともにコンクリート内部に浸透し、内部にある鋼材を腐食させ、鋼材の膨張によるコンクリートのひびわれや剥離を誘発するため、耐荷力・耐久性を衰えさせる原因となる。「H29 道示Ⅲ6.2.3」によると静岡県は地域区分 C、対策区分 S、Ⅰ～Ⅲの範囲で対処することとなっている。

鋼橋の場合も鋼道路橋塗装便覧によると腐食環境区分が極めて厳しい環境と評価しており、コンクリート橋同様、鋼材の腐食により耐荷力・耐久性が減少する原因となる。

したがって、特に耐久性や維持管理に配慮した形式選定が必要である。なお、高耐候性鋼材の使用は原則として採用しないこととするが、必要に応じて道路整備課と協議するものとする。

【補足】

多径間連続化や橋台部ジョイントレス構造の採用は、維持管理性や耐震性の向上を理由とすることが多い。

d) 山間部(山岳)における上部構造形式

山間部(山岳)に計画される橋梁は、道路計画上(等高線の軌跡・斜面の治まり等)より決まることが多いため、斜橋・曲線橋・長大スパン橋などが計画される場合が多い。

本来の山間部における最適上部構造の選出では、橋梁形式を論ずるより橋梁をできるだけ直線で架けることや短支間でフラットになるように心がけた道路線形計画(平面・縦断)をすることが重要であり、比較的用地費も安いことを考慮の上、線形の一部変更が可能な場合はできる限り変更を努め、『曲線橋より斜橋で』、『斜橋より直橋で』、『長い橋より短い橋で』計画することが、経済的にかつ施工性・走行性・耐久性に優れた望ましい道路(橋梁)計画となる。

望ましい橋梁形式選定では、経済性に加え、主に架橋予定地点の環境(地形・地質)を踏まえた施工性と資機材の搬入路の有無、桁製作ヤードの有無・架設方法の難易等を重視して選定する必要がある。

5) 施工条件からみた最適上部構造

上部構造形式選定(橋梁計画)に際しては、下部構造(基礎を含む)や上部構造の施工条件にも留意して、適切な上部構造形式を選定する必要がある。

a) 下部構造の施工条件

下部構造の施工条件には、現場の環境(山間部・平野部・都市部・海浜部のほか、平地・傾斜地・桁下空間の高低)や地質(軟弱地盤・支持地盤の浅深・地震時に不安定となる地盤の有無)がある。

例えば、架橋予定地の地盤が軟弱地盤で支持地盤が深く杭基礎やケーソン基礎などが予想される場合には、橋梁全体工費のうち下部構造工費の占める割合が高くなるため、上部構造の軽量化(下部構造への負担軽減)や長支間化(下部構造の基数削減)等に配慮するのがよい。

このように、上部構造形式選定に際しても下部構造形式を含めた橋梁全体として考慮する必要がある。

b) 上部構造の施工条件

上部構造の施工には、桁の製作・運搬・架設があり、現場の環境や桁の製作方法(製作ヤードの有無)、機材運搬搬入の制約の有無、桁下空間の高低や利用の可否等が橋梁形式選定の条件となる。

桁製作面では、工場で行う場合と現場で行う場合があり、鋼桁は工場、PC桁は工場(プレテンション)または現場(ポストテンション)で製作するのが一般的である。

桁を工場で製作する場合には現場への桁運搬搬入の可否が条件となり、現場製作する場合は桁の製作ヤードの有無が条件となる。

桁の運搬搬入に制約を受ける場合には、PC桁の場合はセグメント工法または現場製作工法いずれかの採用の検討が必要であり、また鋼桁の場合には製作ブロックを小さくすること等の配慮が必要となる。

桁製作ヤードがある場合とは、架橋位置の延長線上もしくは近傍に、桁製作のために必要な場所が確保できる場合を言い、製作ヤードを利用して現場で桁製作する場合、上部構造形式にはPCポストテンションT桁または箱桁が選定される。

また、桁を架橋位置で製作する工法もあり、下部構造上またはそれを利用して桁製作する工法と桁下空間を利用して桁製作する工法がある。その場合には、PCポストテンションT桁(架設桁上で製作)やPC・RC中空床版桁(梁式支保工)が選定される。また、桁下空間を利用して桁製作する場合の上部構造形式は、例えば固定支保工を用いた中空床版橋、箱桁橋、ラーメン橋やRCアーチ橋等がある。

【補足】

桁下交差物件が河川・鉄道・道路の場合で各建築限界との間に支保工やワーゲンを設置できない場合もあるため留意する必要がある。

このように上部構造架設工法と上部構造形式については、橋梁桁下空間の利用の可否が重要な要素となる。桁下空間が自由に利用出来る場合は、ある程度自由に橋梁形式を選定することが可能であるが、桁下空間が利用できない場合には、桁製作及び架設とも大がかりな機材設備が必要となり、桁重量が軽く、運搬および製作ブロックの小さな形式を選定する等配慮が必要である。

また、現地が軟弱地盤で桁を架設する重機が大型になる場合や支保工架設では、重機や支保工が安定する地盤反力度が得られるような対策が必要となる場合もあることに注意する必要がある。

表 7-5 鋼橋の構造形式と架設工法の適用性

架設工法	バント工法				ケーブルエレクション	架設行（トラス）工法	送出し工法		片持式工法				一括架設工法		備考		
	トラスクレーン	ケーブルクレーン	トフミクレーン	明型クレーン			フロリテイングクレーン	手申機	台船・多動メント	トラスクレーン	ケーブルクレーン	トフミクレーン	フロリテイングクレーン	トラスクレーン		フロリテイングクレーン	台船
構造形式					直吊り	斜吊り											
単純桁（鉄：箱桁）	◎	○	△	○	△		○	◎	○					◎	○	○	
連続桁（鉄：箱桁）	◎	○	○	○	△		○	◎		○	○	○	○	△	○	○	△
曲線桁	◎	○	○		○		◎			○	○			△			
単純トラス	○	○	○		◎									○	○		
連続トラス	○	△	◎		○	△				○	○	◎	○	○		△	
下路アーチ	△	○			○	◎	○		○							○	
〃ローゼ	△	○			○	◎	○		○							○	
〃ランガー	△	○			◎		○		○	○						○	
上路アーチ						◎											
〃ローゼ						◎											
〃ランガー					◎	◎											直吊り、斜吊りの併用工法もある。
ラーメン橋	○	△				◎											
斜張橋	△	○	◎		◎					○	○	◎	○				
鋼橋脚	○													◎	○		

注) ◎：頻繁に用いられる工法
 ○：時々用いられる工法
 △：採用が検討できる工法

【出典】社)日本建設機械化協会、橋梁架設工事の積算、p-31

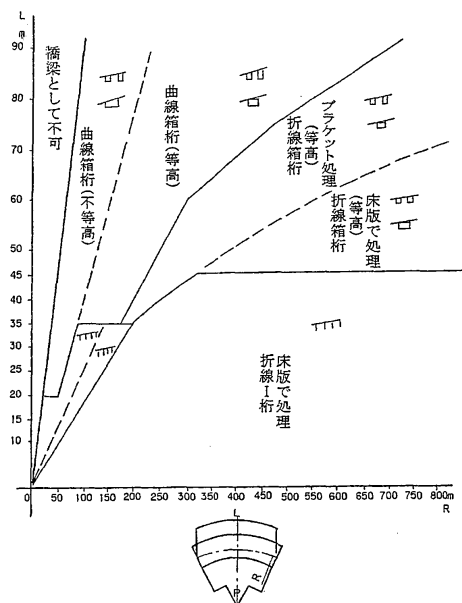


図 7-17 曲線桁の主桁形式

(3) 橋梁全体一般図

橋梁全体一般図の作成例及び作成時のポイントを図 7-18 に示す。

7.4.6. 詳細設計への課題

予備設計の段階では、各種調査・関係者との協議・環境との調和などを踏まえ、最適橋梁案の選定を目的とした程度の精度であることから、予備設計時における問題点を抽出し、詳細設計の段階で更に検討を加える必要がある事項を設定する。

詳細設計で検討を必要とする主な項目は次のとおりである。

1) 調査

- a) 地盤詳細調査：「本編 3.4. 地盤の調査」による、二次調査で実施すべきボーリング、力学的試験等地盤調査の調査計画を設定する。
- b) 施工環境調査：「本編 3.9. 施工条件の調査」による実施すべき調査計画を設定する。

2) 関係者協議

詳細設計において更に行わなければならない関係者協議の項目等を抽出する。

3) 環境

詳細設計において更に検討を加えなければならない項目および詳細設計において配慮しなければならない項目等を抽出する。

4) 採用可能なコスト削減方策の提案

詳細設計に向けて採用可能なコスト削減方策の提案を行う。なお、新たな構造の橋種については、実績が極めて少ないことから、予備設計の段階では従来橋種、工法を前提としたが、計画条件によりこれらの採用が大きく経済性を左右することが考えられる場合には、当初より比較案として提案することが望ましい。

5) その他詳細設計に際し、配慮又は更に検討を加えなければならない項目を抽出する。

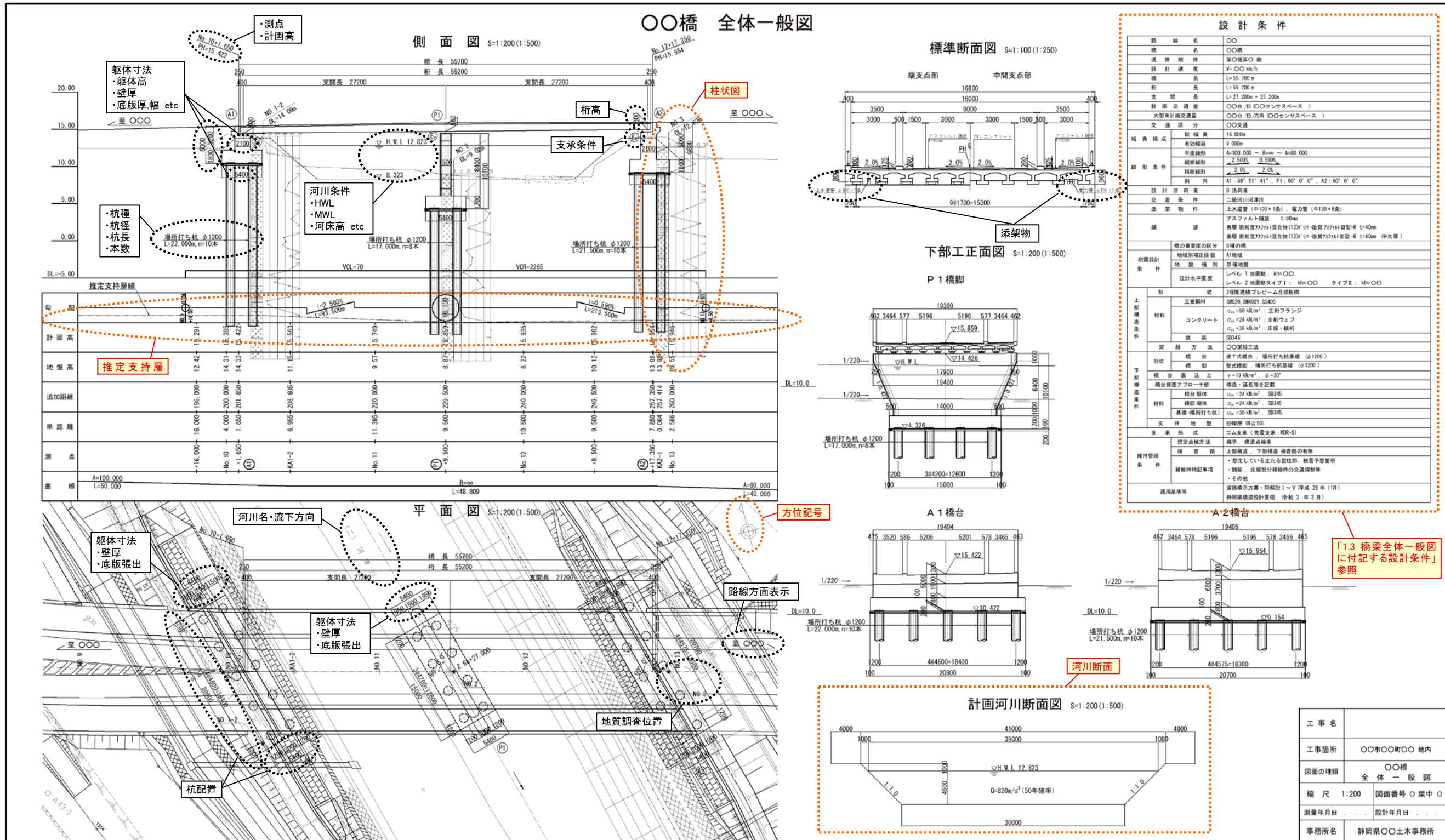


図 7-18 橋梁全体一般図例