

第2章 調査

2.1 調査の基本方針

橋の適切な設計、施工、維持管理を行うために、橋の建設予定地点の状況、構造物の規模等に応じて必要な調査を行うものとする。

(出典) 道示Ⅰ 1.6, P.13, H29.11.

橋の設計及び施工にあたって必要となる調査項目は、橋の構造形式や規模等に応じて、建設予定地点及びその周辺の地形・地質、気象、隣接構造物や地下埋設物の条件、地域や環境に関して配慮すべき事項や制限等、極めて多岐にわたる。したがって、予定する橋の計画段階等できるだけ早い段階から必要な調査項目とその手段、実施時期について検討を行い、橋の完成までできるだけ手戻りなく確実に所要の性能が得られることに配慮するのがよい。

特に橋梁予備設計の実施においては、基礎形式の選定・検討に地質条件の把握が不可欠であるため、橋梁予備設計実施時には、ある程度下部構造の配置を検討した段階などで、予備設計と同時に調査を実施するとよい。

2.2 調査の種類

橋の適切な設計、施工、維持管理を行うために、橋の建設予定地の状況、構造物の規模等に応じて必要な調査を行わなければならない。

上部構造、下部構造、上下部接続部及び部材等の耐荷性能及びその他必要な事項の設計を行うため、並びに設計の前提となる材料、施工及び維持管理の条件を適切に設計で考慮するために、以下の調査のうち、必要な事項について必要な情報が得られるように計画的に調査を実施しなければならない。

- 1) 架橋環境条件の調査
- 2) 使用材料の特性及び製造に関する調査
- 3) 施工条件の調査
- 4) 維持管理条件の調査

(参考) 道示Ⅰ 1.6, P.13, H29.11、道示Ⅱ 2.2, P.17, H29.11、道示Ⅲ 2.2, P.11, H29.11
道示Ⅳ 2.2, P.9, H29.11、道示Ⅴ 1.3, P.2, H29.11.

なお、計画、設計、施工の各段階と調査を関係づけると表2.2.1～2.2.4のようになる。

表 2.2.1 調査試験区分一覧

区分	予備調査	本 調 査		
目的	計画段階 (架橋区間の決定)	予備設計 (橋梁形式支間等 の決定)	詳細設計 (構造計算、数量算 出、施工検討)	施工段階 (必要に応じて設計 及び施工の安全性 を確認)
地盤に関する調査	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 既往資料調査 地形調査 土質地質調査 ・踏査 ・ボーリング ・標準貫入試験 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ボーリング 各種土質試験 【調査の目的】 ・土質の成層状態 ・支持層の選定 ・圧密沈下の有無 ・地下水の状態 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 基礎計画位置で のボーリング、 各種土質試験 【調査の目的】 ・支持力、沈下量の 計算 ・地下水位、被圧地 下水 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 補足ボーリング (各種土質試験) </div>
その他の調査	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ・河川条件調査 ・交差道路調査 ・気象調査 ・腐食、塩害調査 ・特殊条件に関する調査 ・周辺環境調査 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 施工条件調査 【調査の目的と内容】 ・河川内等作業時間 ・洗掘防止構造、護岸工 ・道路、鉄道施工条件 ・工事用道路、電力設備 ・添架物、地下埋設物調査 ・送電線その他 </div>	

表 2.2.2 (a) 鋼橋の設計、施工及び維持管理のための調査の種類

調査の種類	調査の主要目的	調査内容の例
1) 架橋環境条件の調査	① 腐食環境	<ul style="list-style-type: none"> 腐食に関わる事項の調査 地理的条件(海岸からの距離、河川や湖沼との位置関係、地形等) 飛来塩分、SO₂量 波砕による海水付着の可能性 当該橋及び隣接橋における凍結防止剤散布の有無 道路線形、隣接道路・構造物との位置関係 維持管理の容易さ 景観上の要求事項 架橋地点付近の既設橋の維持管理状況
	② 疲労環境	<ul style="list-style-type: none"> 荷重条件の設定 大型車交通量
	③ 路線条件	<ul style="list-style-type: none"> 将来計画を見込んだ構造設計条件の把握 将来計画を見込んだ設計荷重としての付属施設重量の設定、付属施設設置のための構造詳細の検討条件の把握 構造寸法に関する制約条件の把握 床版設計条件としての大型車交通量の把握 鋼部材の疲労設計条件の把握 (a) 道路構造条件 将来拡幅計画等 (b) 付属施設計画 標識、照明、添架物、防護柵等の設置条件 環境アセスメント(遮音壁の設置・構造要件) (c) 交差条件 交差道路・鉄道の建築限界 交差河川の計画高水位と桁下空間 (d) 大型車交通 道路交通センサスなど
	④ 気象・地形条件	<ul style="list-style-type: none"> 橋面排水設計条件の把握 支承、伸縮装置遊間量、設置条件等の把握 現場溶接条件、鋼材選定条件の把握 耐風設計条件の把握 鋼部材の疲労設計条件の把握 (a) 橋面排水 計画降雨量 排水流末 (b) 温度変化 架橋地点の気温変化 (c) 耐風設計条件 架橋地点の風況調査(設計基準風速、気流の乱れ強度、部材振幅の可能性等)
	⑤ 構造設計上の配慮事項	<ul style="list-style-type: none"> 致命的な状態の回避 維持管理計画の把握 部材更新計画の把握 局所的な構造的劣化因子の把握 大規模地震以外の設計で考慮すべき偶発作用の発生可能性 フェイルセーフ、補完性および代替性の確保 維持管理設備の設置 補修時期や部材交換方法 継手構造や塩や水への対処 など
2) 使用材料の特性および製造に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> 使用材料の選定 コンクリート製造プラントの選定 レディーミクストコンクリートの品質確認 鋼材、セメント、水、骨材、混和材などの採取地、量、質等の調査、試験 プラントの立地条件、設備、品質管理体制などの調査 コンクリートの配合、強度、耐久性等の試験 	

(出典) 道示Ⅱ 2.2, P.18~20, H29.11.

表 2.2.2 (b) 鋼橋の設計、施工及び維持管理のための調査の種類

調査の種類	調査の主要目的	調査内容の例	
3) 施工条件の調査	① 関連法規等	<ul style="list-style-type: none"> 資材運搬、架設工事に関わる法規による制限の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 労働安全衛生関連法規 クレーン等安全規則、クレーン等構造規格 道路法、道路構造令、道路交通法、車両制限令
	② 運搬路等	<ul style="list-style-type: none"> 最大部材長設定のための輸送条件の把握 架設計画にあたっての輸送ルート設定のための条件把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 道路条件 <ul style="list-style-type: none"> 交差橋、トンネル、電線の高さ 道路幅員 交差点(曲がり角) 橋梁、仮設物(覆工板等)の耐荷力 (b) 支障物件 <ul style="list-style-type: none"> 電柱、看板、縁石、地下埋設物、送電線等 (c) 迂回路の有無 (d) 軌跡 (e) 航路条件 <ul style="list-style-type: none"> 交差橋梁、水門の高さ 航路、橋脚、水門幅等 水深 閘門(河口堰)長さ
	③ 現場状況等	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 既設構造物 <ul style="list-style-type: none"> 既設構造物(架空線、地下埋設物、道路、その他構造物の有無と位置および寸法) (b) 現場地形等 <ul style="list-style-type: none"> 現場地形の調査(資材ヤード、架設ヤード、進入路、仮置きヤード用地および機材、設備の配置) 支持地盤の調査(仮設構造物等のアンカー、基礎およびクレーンのアウトリガー位置等の土質、地盤耐力、地下水位)
	④ 自然現象	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 気象 <ul style="list-style-type: none"> 降雨日数、気温、風向、台風、霧等 (b) 水文 <ul style="list-style-type: none"> 降雨量、降雪量、水位、流速、流量等 (c) 海象 <ul style="list-style-type: none"> 潮位、潮流、波高、漂砂等
	⑤ 現場周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 自然環境 <ul style="list-style-type: none"> 森林、湖沼、景観等 (b) 歴史環境 <ul style="list-style-type: none"> 歴史的遺跡等 (c) 生活環境 <ul style="list-style-type: none"> 居住環境、地盤沈下、騒音、振動、日照、交通状況、漁場環境等
4) 維持管理条件の調査	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理計画の設定のための環境条件、路線条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 環境条件(海岸からの距離、地形形状等) 使用条件(凍結防止剤の利用の有無、大型車交通量等) 管理条件(点検の頻度、構造物の重要度、部材の更新計画、第三者被害防止のための対策) 	

(出典) 道示Ⅱ 2.2, P.18~20, H29.11.

表 2.2.3 (a) コンクリート橋及びコンクリート部材の設計、施工及び維持管理のための調査の種類

調査の種類	調査の主要目的	調査内容の例
1) 架橋環境条件の調査	① 腐食環境	<ul style="list-style-type: none"> 腐食に関わる事項の調査 地理的条件(海岸からの距離、地形形状等) 凍結防止剤の使用有無
	② 疲労環境	<ul style="list-style-type: none"> 荷重条件の設定 大型車交通量
	③ 路線条件	<ul style="list-style-type: none"> 将来計画を見込んだ構造設計条件の把握 将来計画を見込んだ設計荷重としての付属施設重量の設定、付属施設設置のための構造詳細の検討条件の把握 構造寸法に関する制約条件の把握 床版設計条件としての大型車交通量の把握 (a) 道路構造条件 将来拡幅計画等 (b) 付属施設計画 標識、照明、添架物、防護柵等の設置要件 環境アセスメント(遮音壁の設置・構造要件) (c) 交差条件 交差道路・鉄道の建築限界 交差河川の計画高水位等 (d) 大型車交通量 道路交通センサス等
	④ 気象・地形条件	<ul style="list-style-type: none"> 橋面排水設計条件の把握 支承、伸縮装置遊間量、セット条件等の把握 設計荷重として見込む必要のある標識、照明等の付属施設設置のための耐震設計条件の把握 地盤変動の影響の把握 (a) 温度変化 寒冷地・普通の地域の区分 (b) 橋面排水 計画降雨量 排水流末 (c) 設計水平震度 (d) 地盤変動の有無 支点沈下の有無
2) 使用材料の特性および製造に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製造プラントの選定 使用材料の選定 レディーミクストコンクリートの品質確認 プラントの立地条件、設備、品質管理体制などの調査 セメント、水、骨材、混和材などの採取地、量、質等の調査、試験 コンクリートの配合、強度、耐久性等の試験 	

(出典) 道示Ⅲ 2.2, P.12~14, H29.11.

表 2.2.3 (b) コンクリート橋及びコンクリート部材の設計、施工及び維持管理のための調査の種類

調査の種類		調査の主要目的	調査内容の例
3) 施工条件の調査	① 関連法規等	<ul style="list-style-type: none"> 資材運搬、架設工事に関わる法規による制限の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 労働安全衛生関連法規 クレーン等安全規則、クレーン等構造規格 道路法、道路構造令、道路交通法、車両制限令
	② 運搬路等	<ul style="list-style-type: none"> プレキャスト部材及び資機材の輸送条件の把握 架設計画にあたっての輸送ルート設定のための条件把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 道路条件 <ul style="list-style-type: none"> 交差橋梁、ずい道、電線の高さ 道路幅員 交差点(曲がり角) 橋梁、仮設物(覆工板等)の耐荷力 (b) 支障物件 <ul style="list-style-type: none"> 電柱、看板、縁石、地下埋設物等 (c) 迂回路の有無 (d) 軌跡 (e) 航路条件 <ul style="list-style-type: none"> 交差橋梁、水門の高さ 航路、橋脚、水門幅等 水深 閘門(河口堰)長さ
	③ 現場状況等	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 既設構造物 <ul style="list-style-type: none"> 既設構造物(架空線、地下埋設物、道路、その他構造物の有無と位置及び寸法) (b) 現場地形等 <ul style="list-style-type: none"> 現場地形の調査(資材ヤード、架設ヤード、進入路、仮置きヤード用地及び機材、設備の配置) 現場付近の土地利用状況調査(プレキャスト部材の製作及びストックヤードの用地確保) 支持地盤の調査(仮設構造物等のアンカー、基礎及びクレーンのアウトリガー位置等の土質、地盤耐力、地下水位)
	④ 自然現象	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 気象 <ul style="list-style-type: none"> 降雨日数、気温、風向、台風、霧等 (b) 水文 <ul style="list-style-type: none"> 降雨量、降雪量等 (c) 海象 <ul style="list-style-type: none"> 潮位、潮流、波高、漂砂等
	⑤ 現場周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> 架設工法検討、架設計画作成のための施工条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 自然環境 <ul style="list-style-type: none"> 森林、湖沼、景観。生態系等 (b) 歴史的環境 <ul style="list-style-type: none"> 歴史的遺跡等 (c) 生活環境 <ul style="list-style-type: none"> 居住環境、地盤沈下、騒音、振動、日照、交通状況等
4) 維持管理条件の調査		<ul style="list-style-type: none"> 維持管理計画の設定のための環境条件、路線条件の把握 	<ul style="list-style-type: none"> 環境条件(海岸からの距離、地形形状等) 使用条件(凍結防止剤の利用の有無、大型車交通量等) 管理条件(点検の頻度、構造物の重要度、構造物への進入方法等)

(出典) 道示Ⅲ 2.2, P.12~14, H29.11.

表 2. 2. 4 設計及び施工の各段階において必要な架橋環境条件に関する調査

調査の種類	調査の主要目的	調査内容の例	摘要	
架橋環境条件に関する調査	地盤調査	i) 地盤の概要、地層の構成とその性質の把握(地形図、地質図の作成等) ii) 地盤定数の特性値の設定 iii) 設計で考慮する地震動の設定 iv) 地盤の液状化の判定 v) 地震時に地盤の抵抗を無視する土層の判定 vi) 動的解析のための地盤定数の特性値の設定 vii) 注意すべき地形、地質の有無 viii) 施工に関する事項全般の検討	イ) 地形・地質の調査 ロ) ボーリング ハ) サンプリング ニ) サウンディング ホ) 土質試験 ヘ) 岩石試験 ト) 物理探査及び物理検層 チ) 過去の地震、震害等の記録 リ) 地下水位 ス) 地盤の動的性質	
	地下水調査	i) 施工法、使用機械器具、作業方法等の検討	イ) 地下水位 ロ) 水質試験 ハ) 間隙水圧 ニ) 流向、流速	
	有毒ガス、酸素欠乏空気当の調査	i) 施工法の検討	イ) 有毒ガスの種類とその発生状況 ロ) 酸素欠乏空気発生状況	
	河相調査	i) 河川、湖沼等の状況とその変化の度合いの把握	イ) 河川、湖沼等の底の状態及び変動状況 ロ) 流速、流量、水質、波高、干満の水位差、降雨による水位の増加量、洗堀、潮流、漂砂等による流水の変化、橋脚の背水作用 ハ) 河川、湖沼等の管理上の諸条件及び将来計画	「河川管理施設等構造令」「同施行規則」等の内容についても把握しておく必要がある。
	利水状況その他の調査	i) 下部構造、仮設備の位置、施工法、施工時期等の検討	イ) 船舶の航行状況 ロ) 流送物、流下物の状況 ハ) 農業用水、漁業等の利水状況	河川、湖沼等に対する漁業権、水利権等の権利の有無及びその内容についても把握しておく必要がある。
施工条件に関する調査	既存資料調査	i) 下部構造の設計、施工全般についての参考資料	イ) 実施例の設計図書、施工記録 ロ) 関係者の体験談及び専門家の意見の聴取	
	周辺環境調査	i) 施工による周辺への影響度の把握 ii) 施工法、使用機械器具、作業方法等の検討 iii) 周辺環境の保全対策の検討	イ) 周辺の建物、騒音、振動、地盤の変動、井戸の水位、水質、交通等の現況 ロ) 採用しようとする施工法、使用機械器具、作業方法により施工時に予想される騒音、振動、地盤沈下等の発生度合い及び井戸水、交通状況の変化 ハ) 史跡、文化財等の有無 ニ) 防雪林、水源地、温泉等の特殊な環境の有無	「騒音規制法」「振動規制法」「水質汚濁防止法」等をはじめ、地方自治体の関連条例等の関連についても把握しておく必要がある。
	作業環境調査	i) 作業上の諸制約条件の把握 ii) 近隣構造物と当該下部構造との相互の影響度の検討 iii) 施工法、工事中諸設備の位置、使用機械器具、作業方法等の検討 iv) 現場の保全対策及び施工の安全対策の検討 v) 施工時の気象状況の予測	イ) 作業面積、作業空間、工事中道路の幅員、線形、交通量、交通規制の有無等 ロ) 掘削土砂及び安定液の処分場所、処分可能量及び処分方法 ハ) 電気・給排水等の位置及びその量 ニ) 近隣構造物、地下埋設物、架空線等の位置、形式、規模 ホ) 気温、湿度、降雨、積雪、風向、風速、凍上、凍結融解、台風等の過去の記録	「労働安全衛生法」「同施行令」や各種の関係規則等の内容についても把握しておく必要がある。

(出典) 道示IV 2.2, P.10~11, H29.11.

2.3 地盤調査*

2.3.1 一般

- (1) 地盤の調査は、現地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計画的に実施するものとする。
- (2) 地盤の調査は、(1)を満足するために、予備調査と本調査に分けて行うのがよい。
- (3) 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ものとする。
- (4) 本調査は、下部構造の詳細設計を行うために必要な地層構成、地盤定数、施工条件等を明らかにするために行うものとする。
- (5) 少なくとも、1)から4)に該当することが考えられる場合は、地盤変動等に対する検討に必要な情報が十分に得られるように、特に留意して調査を行うものとする。
- 1) 軟弱地盤
 - 2) 液状化が生じる地盤
 - 3) 斜面崩壊、落石・岩盤崩壊、地すべりまたは土石流の発生が考えられる地形、地質
 - 4) 活断層

(出典) 道示IV 2.4.1, P.13, H29.11.

地盤は、架橋地点によって種々異なるので、基礎形式や規模、設計段階に応じて適切な地盤の調査を行う必要がある。その際には、調査対象項目や調査精度等を検討し、予備調査と本調査に分けると効果的に地盤の調査を行うことができる。

予備調査は橋梁予備設計を行う時、本調査は橋梁詳細設計を行う時、それぞれ実施するものとする。

2.3.2 予備調査

予備調査は、現地の状況等を踏まえ、1)から4)の事項について行うものとする。

- | | |
|----------|-----------------|
| (1) 資料調査 | (3) ボーリング等による調査 |
| (2) 現地踏査 | (4) その他必要となる調査 |

(出典) 道示IV 2.4.2, P.20, H29.11.

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把握することである。このため、計画予定地における既往資料等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把握することとする。

(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又は地形図、航空写真等を通して把握するものである。したがって、資料の調査は、予備調査の最初に行い、大略の土層構成を把握し、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砂等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、落石、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。表面水や湧水箇所等から地下水の深さ、分布状況についても調べる。

(3) ボーリング等による調査

地層構成や地盤の成層状態、注意すべき地形・地質等の地盤内部の状況、地下水の有無等を調べるとともに、標準貫入試験やその他の原位置試験を併用して支持層の選定等のために必要な情報を得る。さらに、得られた試料により各種の試験を行って圧密層の有無や土層の透水性等を推定する。

予備調査におけるボーリングの計画は、調査結果の充実の度合いを大きく左右するため、既存資料及び現地踏査結果を参考にボーリング位置を慎重に設定すること、注意すべき地形・地質等の検討や設計に必要な情報が得られるように十分な数量、深さを設定することが重要である。支持層の選定のための基礎資料となることを考慮すると、調査段階では支持層を安全側に想定し、掘進長を長めに設定することが重要である。

地層の成層状態の把握にあたっては、複数の調査孔間における地層の変化の類似性や特徴的な堆積物等に関する情報を得るため、ボーリングコアを採取して観察を行うのがよい。

支持地盤が明らかに浅く、かつ、注意すべき地形・地質等が認められない場合は、試掘その他によって地層の状態や支持層の性状を確認することができる。

(4) その他必要となる調査

(1)～(3)のほか必要となる調査がある場合は、適宜実施する。例えば、基盤の深さや風化、亀裂の程度、海底面の地形等を調べるため、弾性波探査、音波探査等の物理探査が行われることがある。

2.3.3 本調査

(1) 本調査は、下部構造、基礎の詳細設計を行うため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、次のうち地盤条件等を踏まえて必要となる事項について行う。

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行う。

- | | |
|------------|--------------------|
| 1) ボーリング | 6) 地下水調査 |
| 2) サンプリング | 7) 載荷試験 |
| 3) サウンディング | 8) 物理探査と物理検層 |
| 4) 土質試験 | 9) 有毒ガス、酸素欠乏空気等の調査 |
| 5) 岩石試験 | |

(2) 本調査は、それぞれの橋脚及び橋台の位置において行うことを原則とし、地盤条件及び構造条件に応じて適切に調査点数を設定したうえで行う。

(出典) 道示IV 2.4.3, P.23, H29.11.

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、橋台及び橋脚の各位置において行うのを原則とし、地盤の変化が複雑な場合や下部構造の設置位置に変更が生じた場合などは、調査地点を追加するのがよい。

支持層の確認や支持力の算定に用いる土質定数の決定を目的とし、予備設計によりほぼ定められた下部構造位置において地盤調査を実施する。

できる。砂れき層ではれきが混入しているので、標準貫入試験のときにれきをたたいてN値が過大に出る傾向がある。したがって、その評価にあたっては、打撃回数と貫入量の関係を詳細に検討したうえでN値を補正する等の留意が必要である。

4) 土質試験

土質試験には、土粒子の密度、含水比、粒度、コンシステンシー、単位体積重量、間隙比等の土の物理的性質を求める試験、粘着力、せん断抵抗角、変形係数、圧縮指数、圧密係数等の土の力学的性質を求める試験がある。

物理的性質を求める試験は、複雑な土を判別・分類するとともに他の試験値、測定値と照合して地質の特性を総合的に評価することにも役立つので、同一性状を示すと判断される層ごとに試験を行うことが望ましい。また、粒度及びコンシステンシーは、液状化特性を評価するうえで重要な指標となることから、液状化の発生が想定される土層では、試料の粒度試験、液性・塑性限界試験を1m間隔程度で行う必要がある。

力学的性質を求める試験は、地層の連続性や層厚等を考慮してその試験位置を定め、拘束圧や排水条件等を考慮して適切な試験条件を設定する必要がある。

5) 岩石試験

岩石試験として、密度、含水比等の物理特性試験、超音波により弾性波速度やポアソン比を求める試験、圧縮強度、粘着力、せん断抵抗角、変形係数等の力学的性質を求める試験が行われる。亀裂を有する岩盤については、多段階三軸圧縮試験等を用いて、直接、せん断強度（ピーク強度、残留強度）を求めることが望ましい。ボーリングコアを用いる岩石試験は、岩盤の部分的な評価は可能であるが、層理や節理の存在、風化の程度等の岩盤全体の性状を把握できない恐れがある。したがって、岩盤の調査においては、物理探査等の岩盤全体をとらえる方法を併用するのがよい。

6) 地下水調査

地下水調査は、地下水そのものの調査と帯水層の分析及びその性質の調査とに分かれる。表2.3.3に地下水調査の主要な項目を示す。

表 2.3.3 地下水調査

種別	調査項目	調査方法
地下水の調査	地下水位の測定	井戸、ボーリングを利用した水位測定
	間隙水圧の測定	間隙水圧測定、湧水圧測定
	流れの方向と速度の測定	水温、比抵抗、トレーサーによる測定、流速測定
	水質試験	硬度、比抵抗、各種化学分析、pH
帯水層の調査	分布範囲、厚さ	ボーリング、電気探査、電気検層、地下水検層
	透水性	揚水試験、透水試験
	物理的性質	粒度試験、含水比試験、湿潤密度試験等

7) 載荷試験

載荷試験は、地盤や杭に直接載荷して支持力や地盤反力係数、ばね定数等を求める試験であり、平板載荷試験、孔内載荷試験、杭の鉛直または水平載荷試験等がある。また、岩盤ではブロックせん断試験等があげられる。

8) 物理探査及び物理検層

物理探査及び物理検層で測定される各種物理量は、地盤の力学的、工学的性質をそのま

ま示すものではなく、あくまで全体の地盤状態を表すものであることを認識し、他の調査を併用してその解釈に誤りのないようにすることが大切である。

物理探査及び物理検層のうち、最も高い頻度で行われるのが弾性波探査や速度検層である。例えば耐震設計においては、この値によって耐震設計上の基盤面を決定するとともに、基礎地盤の動的な応答特性を推定する。また、岩盤では、P波の速度により、岩盤の硬軟や風化の程度を把握することが行われている。

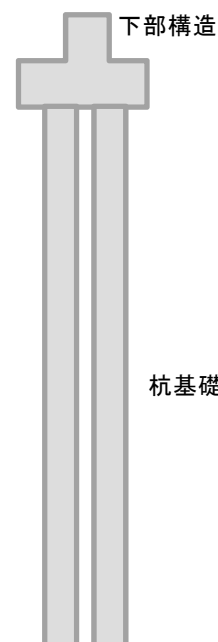
9) 有毒ガス、酸素欠乏空気等の調査

ボーリングの段階で有毒ガスや酸素欠乏空気を発生させる地層であると思われる場合には、さらに試料を採取してその性質を十分に調べる必要があり、下部構造の形式や施工法の選択に影響すると思われる場合は、その位置、深度、分布状態等についてより詳細な調査をするのがよい。

各種地盤の地質調査例

1) 深い基礎の場合

深い基礎	
沖積砂層	N値、粒度、地下水位、 三軸圧縮試験、透水係数 単位体積重量、横方向K値
沖積粘性土	N値、一軸圧縮試験、含水比、 単位体積重量、間隙比、乾燥密度、 圧密試験、透水係数、 横方向K値
洪積砂層	N値、粒度、地下水位、 透水係数、単位体積重量、 横方向K値
洪積粘性土	N値、一軸圧縮試験 単位体積重量
支持層	N値、地下水位、透水係数 粒度、三軸圧縮試験



2) 浅い基礎の場合

浅い基礎	
	N値、一軸圧縮試験（粘性土） 三軸圧縮試験（砂質土） 平板載荷試験



2.3.4 地盤定数の特性値

地盤定数の特性値は、地盤の調査の結果から各種試験法等の適用性、制度、試験結果の信頼性、地盤特性の空間的なばらつき等を考慮したうえで、設計計算において平均的な挙動が得られるような値をもって設定することを基本とする。

(出典) 道示IV 4.2, P. 60, H29.11

基礎の設計に用いる地盤定数は、物理的性質と力学的性質に分類できる。

土の物理的性質：土の状態に依存しない、土の種類のみ依存する性質
(粒度、間隙比、単位体積重量、コンシステンシー等)

土の力学的性質：土に作用する力とそのときの変形の様子を表すもの
粘着力、せん断抵抗角、変形係数、地盤反力係数、圧縮指数、圧密係数、
圧密降伏応力、弾性波速度等

基礎は、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎及び深礎基礎に大別され、設計法の力学的モデルから浅い剛体基礎、深い弾性体基礎、深い剛体基礎に分類される。

設計に際しては、地盤を原則的に等方均質に半無限状の剛塑性体、あるいは弾性体とみなし、その特性を代表するせん断定数(粘着力 c やせん断抵抗角 ϕ 等)や変形定数(地盤反力係数 k_h 、 k_v や地盤ばね定数 K_v 、 K_s 等)を与える必要がある。

手順としては、下部構造の位置で得られたボーリング柱状図からモデル化された地層構成のモデルに物理定数、力学定数等の土質定数を与えることとなる。

設計に必要な地盤定数を求めるために必要となる調査方法は、「道示IV 表-解2.2.1」を参照すること。また、N値が5未満である場合には、N値と静的載荷試験結果の関係から得られた地盤反力係数にばらつきがあるため、乱れの少ない試料による室内試験や孔内水平載荷試験等を実施し、その結果から変形係数を求めるのがよい。

設計計算のための力学モデルと地盤定数を図2.3.2に参考に示す。また基礎形式の設計で照査のために算出すべき数値と地盤定数の関係を表2.3.4に示す。

また、設計計算において重要となるせん断定数(粘着力 c やせん断抵抗角 ϕ 等)と変形定数(地盤反力係数 k_h 、 k_v や地盤ばね定数 K_v 、 K_s 等)の算出手法を表2.3.5と表2.3.6に参考として示す。

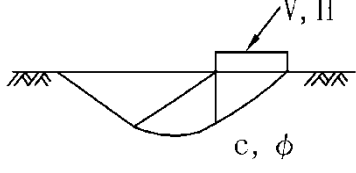
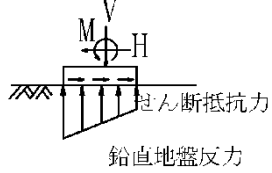
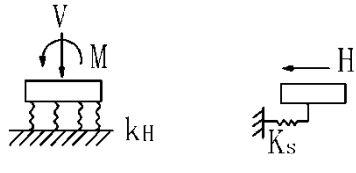
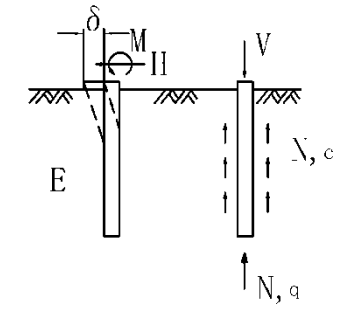
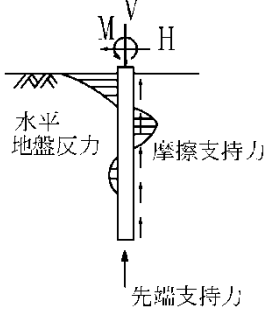
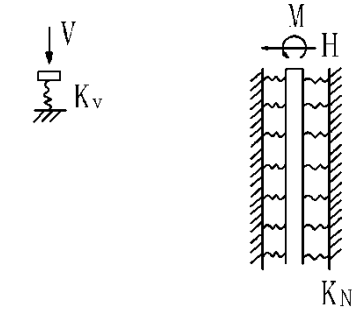
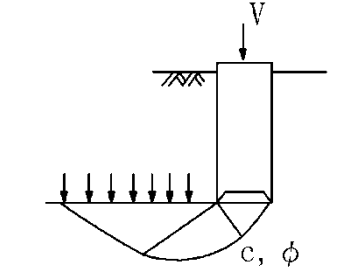
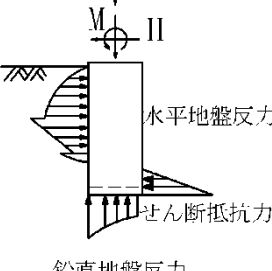
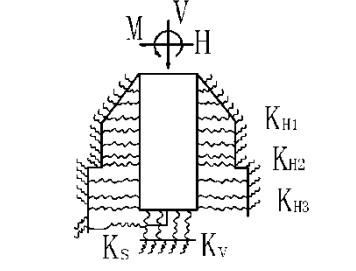
	安定計算	変位計算	
		支持機構	数学モデル
浅い剛体基礎			
深い弾性体基礎			
深い剛体基礎			

図 2. 3. 2 設計計算のための力学モデルと地盤定数

表 2.3.4 設計に用いる地盤定数

基礎	照査内容	照査のために算出すべき数値	必要な地盤定数等
直接基礎	鉛直支持力	基礎底面地盤の極限支持力	地盤の単位体積重量 γ 地盤の粘着力 c せん断抵抗角 ϕ
	水平支持力	基礎根入部分の極限水平支持力	地盤の粘着力 c せん断抵抗角 ϕ
	滑動	基礎底面地盤のせん断抵抗力	地盤の粘着力 c せん断抵抗角 ϕ
	変位	鉛直、水平、せん断地盤反力	鉛直方向地盤反力係数 k_v 水平方向地盤反力係数 k_H 水平方向せん断地盤反力係数 k_s (変形係数 E_0 から推定も可)
杭基礎	鉛直支持力	杭の極限支持力	地盤の単位体積重量 γ N 値 地盤の粘着力 c 一軸圧縮強度 q_u
	変位	杭の軸方向極限引抜き力	N 値
		杭の軸方向バネ定数	地盤の粘着力 c
		杭の軸直角方向バネ定数	N 値地盤の粘着力 C 水平方向地盤反力係数 k_H (変形係数 E_0 から推定も可)
ケーソン基礎・深礎基礎	鉛直支持力	基礎底面地盤の極限支持力度	地盤の単位体積重量 γ 地盤の粘着力 c せん断抵抗角 ϕ
	滑動	基礎底面地盤のせん断抵抗力	地盤の粘着力 c せん断抵抗角 ϕ
	水平変位	基礎地盤の鉛直及びせん断、前面地盤の水平、側面地盤の水平せん断及び鉛直の地盤反力変位	k_v 、 K_s 、 k_H 、 K_{SHD} 、 K_{SVB} 、 K_{SVD} の 6 種の地盤反力係数 (変形係数 E_0 から推定)

表 2.3.5 せん断定数を求める試験

試験法	試験名	直接得られる土質定数	せん断定数への換算	適用土質
土質試験	一面せん断試験	c 、 ϕ	—	粘土、砂
	一軸圧縮試験	q_u	$c = 1/2 q_u$ 、 $\phi_u = 0$	粘土
	三軸圧縮試験	c_u	—	粘土
原位置試験	標準貫入試験	N	砂： $\phi = 4.8 \log N_1 + 21$ $N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70)$ $\sigma'_v = \gamma_{t1}h_w + \gamma'_{t2}(x-h_w)$	砂
	オランダ式二重管コーン貫入試験	q_c	$\phi_u = 0$	粘土、砂
	スウェーデン式サウンディング ベーンせん断試験	W_{sw} 、 N_{sw} c_u	$\phi_u = 0$ —	粘土、砂 軟弱な粘土
載荷試験	平板載荷試験 孔内水平載荷試験	極限支持力 $P_1 - P_0$		

表 2.3.6 変形係数を直接的に求める試験

変形定数	試験名	地盤定数	地盤定数の求め方
変形係数	一軸圧縮試験 三軸圧縮試験	E	荷重強度・ひずみ曲線の勾配
	標準貫入試験	E	$E = 2800N$
地盤反力係数	平板載荷試験	k_{30}	30cmの剛体円盤に対する荷重強度-変位量曲線の勾配
	孔内水平載荷試験	k	
	杭水平載荷試験	k	水平力と杭頭変位量より逆算
地盤ばね定数	杭の鉛直載荷試験	K_v	杭頭荷重-杭頭沈下量曲線の勾配 (杭軸方向ばね定数)

2.4 河相、利水状況等の調査

河相、利水状況等の調査は、河川の形態や将来計画、利水、舟運等について行わなければならない。

(出典) 道示IV 2.5, P.30, H29.11.

河川内における橋梁計画にあたっては、河川管理者等と十分協議しておく必要がある。また、関係法令、特に「解説・河川管理施設等構造令」については、橋脚、橋台等の設置位置、その形状、基礎の計画河床からの根入れ深さや径間長、桁下高等が規定されているので遵守する必要がある。ただし、基礎の根入れ深さに関する規定は河川管理上の観点からの最低基準を示したものであり、その深さであれば将来にわたって基礎が洗掘に対して安定であることを保証するものではないことに注意する必要がある。

また、灌漑、水力発電等の利水状況、漁業権、船運等についても調査を行い、関係機関等と十分協議する必要がある。

2.5 施工条件の調査

施工条件の調査は、1)から3)のうち必要な事項について行う。

- (1) 既存資料の調査
- (2) 周辺環境の調査
- (3) 作業環境の調査

(出典) 道示IV 2.6, P.31, H29.11.

(1) 既存資料の調査

施工箇所付近で過去に下部構造の施工例がある場合、実施例の設計図書、施工記録及び関係資料を収集するとともに、その当時の施工関係者の体験を聴取する等の調査を行うのがよい。

(2) 周辺環境の調査

事前に施工箇所周辺の建造物、騒音、地盤沈下、井戸の水位及び水質、交通等の実態を調査し、工事の施工によって周辺環境に及ぼす影響の度合いについて調査を行う。特に、既製杭の打込み杭工法の採用にあたっては、施工中の騒音、振動が周辺に与える影響について十分調査を行うのがよい。

ニューマチックケーソン基礎の場合は、ある程度の範囲にわたって井戸の位置や水位を調べる等の特有の影響についても調査するのがよい。

(3) 作業環境の調査

施工法や工事用設備、施工機械等を選択するためには、施工箇所の地形や作業空間及び作業面積等を調査する等して、十分にその実情を掌握しておく必要がある。

なお、橋梁設計のとりまとめに際しては、設計時に定めた性能を確保するため、前提とした施工の条件を設計図書に記載し、確実に施工の際に活用できるようにすることが重要である。基礎の施工方法や近接構造物等の条件等がこれに相当し、設計時に想定した施工時の留意点等も記載するのがよい。さらに、維持管理に関しては、設計時に考慮した条件及び配慮事項等を設計図書

に記載することが重要である。特に、下部構造に係る維持管理上留意すべき事項として以下の事項などがある。

- ①洗掘
- ②長期の圧密沈下や側方移動
- ③地震による液状化・流動化
- ④橋台アプローチ部の沈下

これらが懸念される場合には、関連する設計条件や施工条件の対策等を成果品に記載して維持管理の際に参考となるようにするとよい。

コーヒーブレイク 「変形定数」

基礎構造物の弾性変位量や地盤反力を求めるためには、地盤を弾性体と仮定した場合の力と変形の関係を表す変形定数が必要となります。

一般に用いられる変形定数の主なものは、変形係数E、地盤反力係数k、地盤ばね定数Kがあり、いずれも基礎と地盤の相互作用を関係づけるばねに似た概念を持つが、それぞれ定義が異なっており、基礎の設計に際しても使い分けられているので、注意が必要です。

	① 地盤の変形係数 E	② 地盤反力係数 k	③ 地盤ばね定数 K
解説	地盤を弾性体と仮定したときの応力度とひずみの比で、本来地盤特有の定数とみなされている。	地盤のある部分に作用する荷重強度と、その部分に生じた変位量の比で、基礎構造物に作用する地盤反力分布を知る上で重要な係数である。	基礎構造物に接する地盤を1次元のばねとみなし、基礎がこのばねにより支えられているものとして解析する際に用いられるものである。
定義式	$E \text{ (kN/m}^2\text{)} = \frac{\text{地盤反力度[荷重強度] } p \text{ (kN/m}^2\text{)}}{p \text{ により生じるひずみ } \epsilon \text{ (無次元)}}$	$k \text{ (kN/m}^3\text{)} = \frac{\text{地盤反力度[荷重強度] } p \text{ (kN/m}^2\text{)}}{p \text{ の作用している点の変化量 } \delta \text{ (m)}}$	$K \text{ (kN/m)} = \frac{\text{荷重 } P \text{ (kN)}}{P \text{ により生じる変化量 } \delta \text{ (m)}}$

コーヒーブレイク 「ボーリング径とサンプリング径」

標準貫入試験を実施する場合には孔径66mmで掘進を行います。サンプリングあるいは孔内試験を実施する場合には、試験装置によってより大きな孔径（φ86mm、116mm）を必要とする場合があります。その場合には、地表より試験深さまで必要な孔径で掘進する必要があります。