



近接工事の調査・設計・施工技術

3. 近接施工の判定と調査

山下 俊英 (やました としひで)

前田建設工業株式会社 技術研究所 課長

杉本 隆男 (すぎもと たかお)

㈱日建設計シビル 上席調査役

3.1 はじめに

根切り山留め工事では地盤の掘削、揚水による地下水低下等により、安定した地盤内応力を不均衡にした結果として、周辺地盤の変位が生じる。根切り山留め工事に伴う周辺地盤への影響としては

- ① 山留め壁の変位に伴う周辺地盤の変位
- ② 掘削に伴う周辺地盤の浮上り
- ③ 地下水低下に伴う周辺地盤の沈下
- ④ 山留め壁の施工に伴う周辺地盤の変位
- ⑤ ヒービング・ボイリングによる周辺地盤の沈下
- ⑥ 山留め壁の施工に伴う地下水遮断

が挙げられる。なお、近接工事で周辺地盤への影響を及ぼす工事の種類としては、根切り山留め工事の他に、杭工事、地盤改良工事等があるが、本講座は根切り山留め工事に主眼を置き、既設構造物の管理者が公的機関・企業体の場合と民間の場合での近接程度の判定方法、近接工事において必要となる地盤調査、地下水調査ならびに既存建物調査について解説する。

3.2 近接程度の判定について

市街地での根切り山留め工事では、工事周辺に位置する既設構造物や埋設物に対して、有害な影響を及ぼすことなく、施工計画を立案しなければならない。ここで、「近接施工」とは、工事による既設構造物への影響を考慮する必要がある地下工事を示し、「近接程度」とは対象構造物へ与える影響についての度合いを、無条件・要注意・制限等の範囲で区分したものである。

この近接程度の範囲は新設構造物の工事種別と既設構造物の種類により異なる。既設構造物の管理者が公的機関・企業体（道路、鉄道、インフラ、トンネル等）の場合、基準・指針類（以下、指針類とする）を整備していることが多く、これに準じた近接程度の判定、構造物への影響、対策工、ならびに管理計測計画等の各検討を実施しなければならない。また、基準類がない企業体においては、基準類を定めている他企業体（例えば鉄道であれば同業の他鉄道企業体）の基準に準拠して検討するのが一般的である。

一方、既設構造物の管理者が民間の場合には、特に指針類がなく、施工者側が既設構造物への近接程度の判定と影響検討を実施し、構造物へ有害な影響を及ぼすことがないように、施工計画の立案から工事実施に至ってい

る。なお、これら近接程度の判定により、既設構造物へ影響を及ぼす範囲となる場合については、新設構造物の計画、設計時に必要となる地盤調査や各種土質試験等とは別に、近接構造物への影響検討、更には工事により近接構造物へ影響が及んだ場合、工事との因果関係を特定するための詳細な事前調査が必要となる。この、近接程度の判定は、対象となる既設構造物の管理者側による考え方（既設構造物側からの判定）と、新設構造物の工事を実施する施工者側による考え方（新設構造物側からの判定）があり、基本的には以下のとおりである。

① 既設構造物側からの判定

供用中の既設構造物の保守という観点から、近接工事による他の機関の新設構造物を規制する目的で、近接構造物下部の地盤の応力分布、支持力機構を考え、新設構造物周辺の地盤の安定、破壊、変位に基づき判定する。

② 新設構造物側からの判定

新設構造物の施工に伴って生じる、周辺地盤の変位の発生領域（緩み領域）に着目し、当該範囲に既設構造物が入る場合、地盤の変位・緩みにより、構造物への変状となって影響が及ぶ。また、緩み領域に入らない場合を影響が少ないものと考えて判定する。

3.2.1 既設構造物側からの判定

既設構造物側からの判定は、構造物の支持力に影響を与える範囲と、構造物直下の地盤内応力が、構造物荷重の影響を受けている範囲において、新設構造物の工事による地盤変位、地盤の緩みの影響を及ぼす度合いを考えるのが一般的である。これらは、構造物の保守の観点から、管理者が公的機関・企業体の場合が多く、この場合、管理者側が定める指針類の有無を確認し、近接程度の判定、既設構造物への影響等の検討を指針類に準じて実施している。公的機関・企業体による指針類（暫定指針、指針類を含む）を表—3.1に示す。現行の指針類は全28あり、鉄道関係14、道路関係7、インフラ関係4、トンネル・港湾関係等3となっている。

指針類での近接程度の判定による範囲は、表—3.2に示す新設構造物を構築する際の施工法（工種）の種類、既設構造物の基礎形式の違いにより、それぞれ設定することとなっている。以下、表—3.1の各指針類の内、JR東日本旅客鉄道株式会社、首都高速株式会社（旧首都高速道路公団）、東京電力株式会社の指針類について、新設構造物の施工法の種類を開削工事（仮土留めを用いた掘削）、既設構造物の基礎形式が直接基礎、杭基礎、

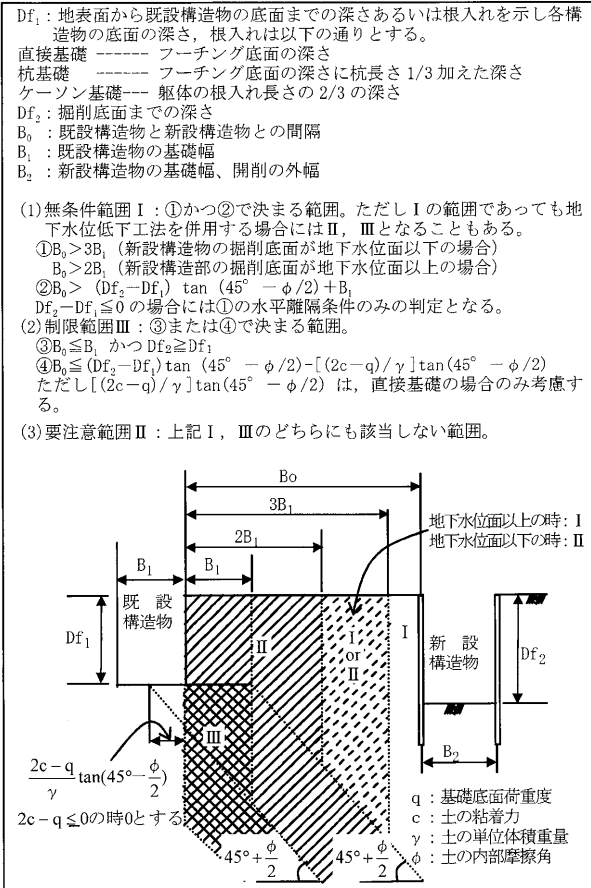
講 座

表—3.1 公的機関・企業体等による基準・指針類¹⁾

構造物	企業体・グループ名	指 針 類 名 称
鉄 道	日本鉄道技術協会	深い掘削土留工設計法 (1993.06)
	ジェイ・エム東日本コンサルツ	無徐行 (徐行速度向上) のための構造物の設計・施工の手引き (1997)
	(財)鉄道総合技術研究所	鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル 付属資料:掘削土留めの設計 (2001)
	(財)鉄道総合技術研究所	既設トンネル近接施工対策マニュアル (1995.01)
	(財)鉄道総合技術研究所	近接施工の設計施工指針 (1987.06)
	東日本旅客鉄道	近接工事設計施工に関する参考資料 (標準改訂案) (1997.03)
	東日本旅客鉄道	近接工事設計施工標準 (1999.09)
	東海旅客鉄道	近接施工の設計施工指針 (2001.08)
	帝都高速度交通営団	営業線と交差する他企業工事における設計・施工管理要領 (案) (1991.11)
	東京都交通局	地下鉄構造物に対する近接工事取扱い (暫定) 指針 (1974)
	東京臨海高速鉄道	近接工事取扱い指針 (1999.06)
	横浜市交通局	横浜市高速鉄道構造物近接工事施工の手引き (1992.01)
	大阪市交通局	近接協議取扱要領 (案) (2000.04)
	神戸市交通局	神戸市高速鉄道近接工事取扱基準 (1990)
	日本道路協会	道路土工 擁壁・カルバート仮設構造物工指針 (1987.05)
	日本道路協会	道路土工 共同溝設計指針 (1989.03)
道 路	日本道路公団	JH設計要領第二集 第5編4-2-7基礎の近接施工 (1990)
	首都高速道路公団	首都高速道路に近接する構造物の施工指導要領書 (案) (1982.04)
	(財)首都高速道路厚生会	首都高速道路に交差・近接する構造物の計画・設計・施工協議図書作成要領書 (1993.08)
	阪神高速道路公団	近接工事に関する設計施工指導要領書 (1985.01)
	名古屋高速道路公社	名古屋高速道路に近接する構造物の施工指導要領書 (案) (1986)
	日本下水道事業団	設計基準 (案) 土木設計編 (1992.04)
イ ン フ ラ	NTT	近接施工・設計施工運用マニュアル (案) 社内用 (1980.12)
	東京電力	地中送電線土木工事における構造物近接部設計・施工指針 (1985.11)
	東京都下水道局	東京都下水道局管渠施設健全度判定基準
	(社)日本地盤技術協会	地中構造物の建設に伴う近接施工指針 (1999.02)
そ の 他	(社)日本港湾協会	港湾の施設の技術上の基準・同解説 (1999.04)
	建設省	近接基礎設計施工要領 (案) (1983.06)

表—3.3 近接程度の区分と内容²⁾

近接程度の区分	内 容
無 条 件 範 囲 (Ⅰ)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の影響が及ばないと考えられる範囲。
要 注 意 範 囲 (Ⅱ)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、通常は変位や変形等の有害な影響はないとして良いが、まれに影響があると考えられる範囲。
制 限 範 囲 (Ⅲ) (要対策範囲)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の有害な影響が及ぶと考えられる範囲。



図—3.1 近接程度の区分と範囲²⁾

表—3.2 施工法・形式による違い²⁾

新設構造物の施工法 (工種)の種類	既設構造物 の基礎形式の種類
1)盛土・切取	・直接基礎 (盛土等の軌道を含む) ・ケーソン基礎 ・杭基礎 ・地中構造物
2)仮土留めを用いた掘削	
3)打込み杭	
4)深礎杭	
5)場所打ち杭、中掘り杭	
6)地中連続壁	
7)オーブンケーソン・PCウェル	
8)ニューマチックケーソン	
9)打込み杭	
10)都市 NATM	
11)補助工法	

ケーソン基礎の場合 (地中構造物を除く) についての、近接程度の判定方法を示す。

(1) JR 東日本旅客鉄道株式会社²⁾

JR 東日本旅客鉄道株式会社の指針類による近接程度の区分を表—

3.3に、近接程度の判定を図—3.1に

示す。既設構造物へ掘削による影響が及ぶのは、構造物基礎の下部地盤において、支持力に関係する範囲と、建物荷重によって生じる地盤内応力が大きい範囲において、土の除荷・緩みが生じた時である。

指針では、既設構造物の支持力に影響を与えると考えられる図—3.2の範囲と既設構造物基礎の下部に位置する地盤内応力分布が、構造物の荷重の影響を受けている図—3.3の範囲を考え、掘削に伴う地盤の変位や山留め壁変位に伴う地盤の変位等による影響が、この範囲に及ぶか、否かで近接程度の範囲区分を定めている。

無条件範囲(Ⅰ)とは掘削による影響が、図—3.2の範囲外の場合で、3.14B₁ (B₁は基礎幅、内部摩擦角φ=30°の場合)は既設構造物基礎下の極限支持力に関するせん断破壊線が及ぶ範囲を示しており、この破壊線は土の内部摩擦角により異なるが、基準類では実用上の数値として3B₁としている。なお、工事に伴う地下水位低下の影響については、3B₁より遠くまで及ぶことと、地下水の移動とそれに伴って生じる土粒子の移動、損失が考えられる。このような場合は、無条件範囲(Ⅰ)であっても、地下水位低下の影響に対する防護措置を施すことと、圧密沈下の検討を行わなければならない。この圧密に対する検討は、後述する各指針類でも必要とされている。

制限範囲(Ⅲ)は既設構造物が帯状基礎の場合、構造物荷重による地盤内垂直応力が10%程度に減少する線を限界線として考え、図—3.3に示すように、基礎端部から基礎幅B₁の範囲を定めている。また、図—3.1に示す(45°+φ/2)は、山留め壁の背面地盤がすべり破壊を生じた場合の破壊面と水平面とのなす角度を示し、既設構造物の基礎底面等から引いたすべり線の下方に、新設構造物を構築する際に、施工する構造物等 (例えば山留め) が入れば、工事による地盤の緩みが基礎底面に影響を与えると考えられている。また、(2c-q)/γ・tan

($45^\circ - \phi/2$) は、粘着力 c を有する土が、自立する高さより救われる幅である。なお、粘性土においては砂質土よりもすべり領域が広くなると考えられるが、内部摩擦角 ϕ を 0 として表現できるとしている。以下、本指針類を用いて、近接程度の判定の際に留意する幾つかの事項を示す。

① 既設構造物の根入れ深さ Df_1

Df_1 は既設構造物の基礎の根入れ深さを示すが、杭基礎での Df_1 は、杭の分類（先端支持杭、摩擦杭等）にかかわらず、フーチング底面の深さに杭長の1/3を加えた深さを原則とする（ただし、拡底杭等で杭の先端支持力に期待している場合、フーチング底面の深さに杭長の2/3を加えた深さとしてよい）。また、ケーソン基礎については基礎躯体の根入れ長さの2/3としている。

② 既設構造物の基礎幅の B_1

既設構造物の基礎幅 B_1 の取り方は、図—3.4に示すように、基礎の形状が正方形で辺長、円形で直径を、長方形の場合は向きにかかわらず短辺の長さとする。杭基礎での基礎幅はフーチング幅とする。ここで、基礎幅 B_1 が鉛直・水平支持力、転倒に関する安定性を保つために必要な大きさ以上の場合、妥当と思われる値まで減じて良いこと、既設構造物が建物やラーメン高架橋では、1 スパン程度として良いとされる。

③ 近接程度の範囲の緩和措置

下記の条件において十分な検討を行った上であれば、近接程度の範囲を緩和しても良いとされている。

- ・対象とする地盤の N 値が50以上の砂質土、 N 値が20以上の粘性土および岩盤等で良質の場合
- ・既設構造物の安全度が所要の値より高い場合
- ・既設構造物の重要度が低い場合
- ・簡易な工事の場合

(2) 首都高速株式会社³⁾

首都高速株式会社の指針類による近接程度の区分を表—3.4に、近接程度の判定を図—3.5に示す。本指針類の近接程度の判定は、先に示した指針類とほぼ同様ではあるが、構造物荷重による地盤内垂直応力が10%程度に減少する限界線（基礎端部から基礎幅 B_1 ）の範囲内では、既設構造物の Df_1 によらず、すべて制限範囲(Ⅲ)となることである。本指針類での留意する事項を以下に示す。

① 既設構造物の根入れ深さ Df_1

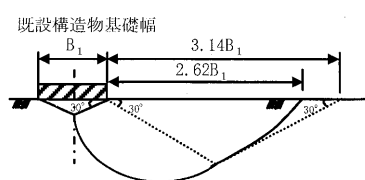
杭の分類により Df_1 が異なり、先端支持杭の場合、杭の根入れ深さの3/4を Df_1 とする。摩擦杭は杭の根入れ深さを無視し、フーチング深さとする。

② 既設構造物の基礎幅の B_1

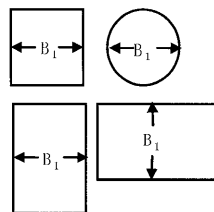
基礎幅 B_1 は図—3.4と同様であるが、 B_1 が5 m 未満の場合であっても、5 m とすることを原則とする。

③ 近接施工の対象としない範囲

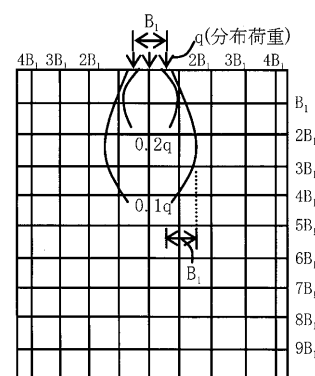
新設構造物の床付け面が既設構造物設計地盤 Df_1 （ただし最大値を地表面より5 m とする）より浅く、かつ新設構造物の床付け面から45°の線と既設構造物の最外



図—3.2 基礎底面のせん断破壊線²⁾



図—3.4 既設構造物の基礎幅 B_1 ²⁾

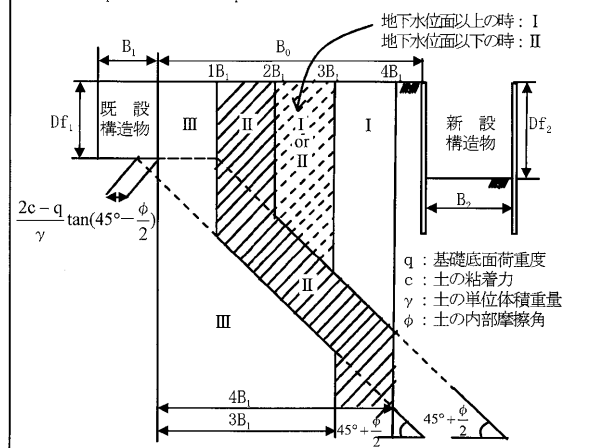


図—3.3 带状基礎の地中内応力²⁾

表—3.4 近接程度の区分と内容³⁾

近接程度の区分	内 容
無条件範囲(Ⅰ)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の影響が及ばないと考えられる範囲。
要注意範囲(Ⅱ)	設計にあたり既設構造物に変状を与えないよう構造形式を選択するなどして新設構造物の設計を行い、施工時には既設構造物に有害な影響を与えないよう、最小限新設構造物の施工法による対策を実施し、変状の観測を行う範囲。
制限範囲(Ⅲ)	設計にあたり既設構造物に変状を与えないよう構造形式を選択するなどして、新設構造物の設計を行うとともに、既設構造物の変位を定量的に推定し安全性を検討しなければならない。施工時には、既設構造物に有害な影響を与えないように、新設構造物の施工法による対策を実施するほか、既設構造物への補強、地盤の強化・改良、土留工の剛性増加や遮断工による対策のいずれかを合わせて実施し、施工時には変状の観測を行う範囲。なお、凍結工法については、この範囲内で凍結を行ってはならない。

Df_1 ：地表面から既設構造物の根入れあるいは底面深さ。ここで、根入れあるいは底面の深さは次に示す位置をいう。
 直接基礎 —— フーチング深さ
 先端支持杭 —— 杭の根入れ深さの3/4
 摩擦杭 —— 杭の根入れ深さを無視し、フーチング深さとする
 ケーソン基礎 —— 根入れ深さの3/4
 Df_2 ：地表面から新設構造物の根入れ深さ（全長）あるいは床付面の深さ
 B_0 ：既設構造物と新設構造物との間隔
 B_1 ：既設構造物の基礎幅あるいは構造幅
 B_2 ：新設構造物の基礎幅、構造幅、開削幅
 (1) 無条件範囲Ⅰ：①、②で定まる範囲。
 ① $B_0 > 3B_1$ （新設構造物の床付面が地下水位面以下の時）
 $B_0 > 2B_1$ （新設構造物の床付面が地下水位面以上の時）
 ② $B_0 > (Df_2 - Df_1) \tan(45^\circ - \phi/2) + B_1$ ただし、右辺の最大値は $4B_1$ とする。
 (2) 制限範囲Ⅲ：③、④で定まる範囲。
 ③ $B_0 \leq B_1$
 ④ $B_0 \leq (Df_2 - Df_1) \tan(45^\circ - \phi/2) - 2c/\gamma \tan(45^\circ - \phi/2)$
 ただし、右辺の最大値は $3B_1$ とする。
 (3) 要注意範囲Ⅱ：Ⅰ、Ⅲの条件のどちらにも該当しない範囲。
 ただし、 $B_1 < 5\text{m}$ の場合は $B_1 = 5\text{m}$ とする。



図—3.5 近接程度の区分と範囲³⁾

講 座

縁線が交差しない、小規模で一時的な開削工事等は対象としない。ただし、掘削に伴う地盤の変位が著しく大きいと思われる軟弱地盤、大規模な排水による周辺への影響が大きいと思われる場合、更に、既設構造物が偏心荷重を受けている場合についてはこの限りではない。

④ 新設構造物が二つ以上の範囲にまたがる場合
以下の要領で区分する。

- 要注意範囲と無条件範囲にまたがる場合
またがる部分の面積が、大きい領域の範囲とする。
- 制限範囲に他の範囲がまたがる場合
制限範囲とする。

(3) 東京電力株式会社⁴⁾

東京電力株式会社の指針類による近接程度の区分を表—3.5に、近接程度の判定を図—3.6に示す。図—3.6の f, b は地表面からの深さ、既設構造物側面からの水平距離を表す。なお、基礎幅 B_1 の設定は図—3.4と同様である。本指針類での留意する事項を以下に示す。

① 既設構造物の根入れ深さ Df_1

Df_1 は基礎形式により異なるが、杭基礎については先端支持杭で設計されているとしても、杭周面摩擦力が鉛直支持力の内、大きな部分を占めているとのことから、施工法の分類によらず、 Df_1 は摩擦杭と同様の扱いとする。

また、軟弱地盤等で基礎深さが深くなるような条件で、新設構造物の施工により有害な変位が生ずると考えられる場合は、 $Df_1=5\text{m}$ としなければならない。要対策範囲(Ⅲ)はJR指針類と同様、既設構造物の根入れ長さ Df_1 以深の範囲で示される。また、既設構造物側面から5mの幅を設けたのは、離隔距離5mを確保すれば構造物基礎下の掘削に対し、安全側の評価であることと、部分的な沈下を避けるためである。この離隔距離は、構造物規模にかかわらず、ほぼ安全を確保できるものと考えられている。

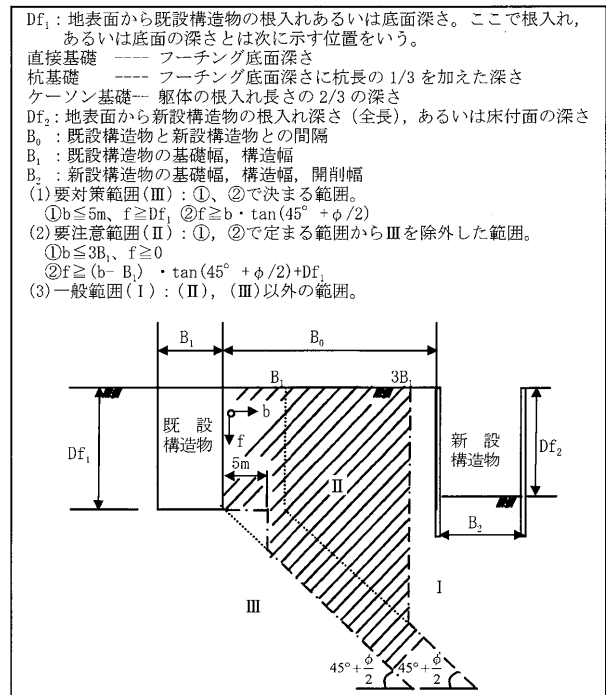
② 近接程度の範囲の緩和措置

要対策範囲(Ⅲ)で、漏水の無いように配慮された剛性の大きい山留め壁を採用した場合、既設構造物の変位・変形を計算した上で、範囲を低減してよいとされる(ただし、山留め架構の設計においては、既設構造物の荷重を考慮したものでなければならない)。

③ 新設構造物が二つ以上の範囲にまたがる場合

表—3.5 近接程度の区分と内容⁴⁾

近接程度の区分	内 容
一 般 範 囲 (Ⅰ)	設計・施工に特別の注意を要しないが、必要に応じて既設構造物の変状の観測を行う範囲。
要 注 意 範 囲 (Ⅱ)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、通常は変位や変形等の有害な影響はないとして良いが、まれに影響があると考えられる範囲。
要 対 策 範 囲 (Ⅲ)	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の有害な影響が及ぶと考えられる範囲。



図—3.6 近接程度の区分と範囲⁴⁾

表—3.6 三つの指針類による近接程度の判定の考え方

		J R 東日本旅客鉄道株式会社	首都高速株式会社	東京電力株式会社
無条件範囲 (Ⅰ) 一般範囲 (Ⅰ)		①かつ②で決まる範囲。ただしⅠの範囲であっても地下水位低下工法を併用する場合にはⅡ、Ⅲとなることもある。 ① $B_0 > 3B_1$ (新設の床付面が地下水位以下) $B_0 > 2B_1$ (新設の床付面が地下水位以上) ② $B_0 > (Df_2 - Df_1) \tan (45^\circ - \phi/2) + B_1$ $Df_2 - Df_1 \leq 0$ の場合には②の水平離隔条件のみの判定となる。	①、②で定まる範囲。 ① $B_0 > 3B_1$ (新設の床付面が地下水位以下) $B_0 > 2B_1$ (新設の床付面が地下水位以上) ② $B_0 > (Df_2 - Df_1) \tan (45^\circ - \phi/2) + B_1$ ただし、右辺の最大値は $4B_1$ とする。	(Ⅱ)、(Ⅲ)以外の範囲。
要注意範囲 (Ⅱ)		(Ⅰ)、(Ⅲ)のどちらにも該当しない範囲。	(Ⅰ)、(Ⅲ)のどちらにも該当しない範囲。 ただし、 $B_1 < 5\text{m}$ の場合、 $B_1 = 5\text{m}$ とする。	①、②で定まる範囲からⅢを除外した範囲。 ① $b \leq 3B_1$, $f \geq 0$ ② $f \geq (b - B_1) \cdot \tan (45^\circ + \phi/2) + Df_1$
制限範囲 (Ⅲ) 要対策範囲 (Ⅲ)		③または④で決まる範囲。 ③ $B_0 \leq B_1$ かつ $Df_2 \geq Df_1$ ④ $B_0 \leq (Df_2 - Df_1) \tan (45^\circ - \phi/2) - [(2c - q)/\gamma] \tan (45^\circ - \phi/2)$ ただし、 $[(2c - q)/\gamma] \tan (45^\circ - \phi/2)$ は直接基礎の場合のみ考慮する。	③、④で定まる範囲。 ③ $B_0 \leq B_1$ ④ $B_0 \leq (Df_2 - Df_1) \tan (45^\circ - \phi/2) - 2c/\gamma \tan (45^\circ - \phi/2)$ ただし、右辺の最大値は $3B_1$ とする。	①、②で決まる範囲。 ① $b \leq 5\text{m}$, $f \geq Df_1$ ② $f \geq b \cdot \tan (45^\circ + \phi/2)$
Df ₁	直接基礎	フーチング深さ		
	杭基礎	フーチング深さに杭長の1/3を加えた深さ。 ただし、杭底杭等で杭の先端支持力に期待している場合、フーチング底面の深さに杭長の2/3を加えた深さとしてよい。	先端支持杭：杭の根入れ深さの3/4。 摩擦杭：杭の根入れ深さを無視し、フーチング深さとする。	フーチング深さに杭長の1/3を加えた深さ。
	ケーソン基礎	躯体の根入れ長さの2/3の深さ。	根入れ深さの3/4。	躯体の根入れ長さの2/3の深さ。
B ₁	基礎の形状が正方形で辺長、円形で直径を、長方形の場合は向きに関わらず短辺の長さとする。			
	杭基礎での基礎幅はフーチング幅とする。	ただし、 $B_1 < 5\text{m}$ の場合、 $B_1 = 5\text{m}$ とする。	－	

以下の要領で区分する。

- 要注意範囲と一般範囲にまたがる場合
要注意範囲とする。
- 要対策範囲に他の範囲がまたがる場合
要対策範囲とする。

表—3.6には、上記3指針類における近接程度の判定と D_{f1} , B_1 の考え方を取りまとめたので参考とされたい。

3.2.2 新設構造物側からの判定

既設構造物の管理者が民間の場合、企業体・グループの指針類が参考となるが、特に準拠する基準がないのが現状である。既設構造物の管理者が民間である場合の近接程度の判定は、新設構造物の開発事業者（施主側）から、準拠基準を指定される場合、既設構造物の重要度が高い場合等を除き、一般には施工者側が判断する。

この近接程度の判定に対する考え方は、新設構造物側からの判定によるもので、小型の二次元土槽を用いた実験的研究結果を取りまとめた、土木研究所資料近接基礎設計施工要領(案)⁵⁾（以下、土研資料とする）を参考としている。表—3.7に土研資料による近接程度の区分を示す。なお、本研究では砂地盤における山留め壁の変形モードと背面地盤の変位の状況を図—3.7のように示している。図中(a), (b)は通常の矢板のたわみ変形に近い変形パターン、(c)は剛性の高い壁の回転変形、(d)は平行移動、(e)は壁下端の変位が大きい場合である。ここで、背面地盤における地表面付近での変位発生領域に合わせるよう、山留め壁反力の極値を与える対数ラ線⁵⁾や水平面と $45^\circ + \phi/2$ の角度をなす直線ですべり線を表すと、緩み領域との整合性が良いことから、これを境界線とし、その内側を背面地盤の緩み領域と考える。図—3.8、図—3.9に砂質土と粘性土の場合における、影響範囲を示す。粘性土の場合においては、一般に明確にすべり線が現れないが、図—3.9の円弧と 45° の直線により表現できることが他の実験で確かめられており⁵⁾、砂質土と同様に、このすべり線を境界線として、その内側を背面地盤の緩み領域と考える。なお、既設構造物が二つの領域にまたがる場合は、以下のように判断して良い。

① 影響外範囲(I)と要注意範囲(II)にまたがる場合

図—3.8(b)に示すように、水平面と $45^\circ + \phi/2$ の角度によるすべり線を仮定し、要注意範囲(II)とする。

② 影響範囲(III)にまたがる場合

- 既設構造物が直接基礎またはケーソン基礎の場合
影響範囲(III)と他の領域を区分する境界線が、既設構造物の基礎底面を通る場合（図—3.10）は、影響範囲(III)とする。基礎底面を通らない場合は、要注意範囲(II)とする（図—3.11）。

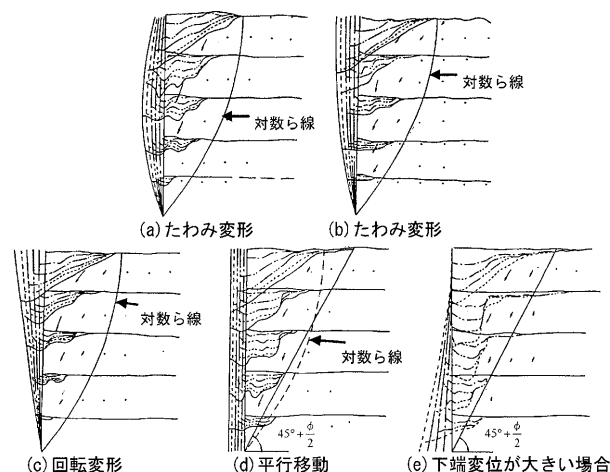
• 既設構造物が杭基礎の場合

影響範囲(III)と他の領域を区分する境界線が基礎底面を通る場合、と影響範囲(III)に掛かる領域が、基礎全体のおおむね1/3以上になる場合は影響範囲(III)とする（図—3.12）。おおむね1/3以下の場合は要注意範囲とする。

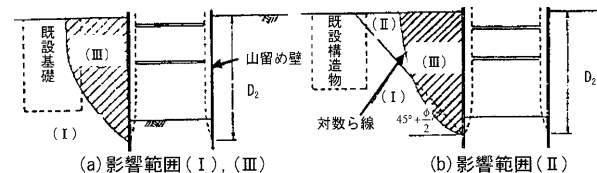
ここで、杭基礎全体の大きさとして評価する、根入れ

表—3.7 近接程度の区分と内容⁵⁾

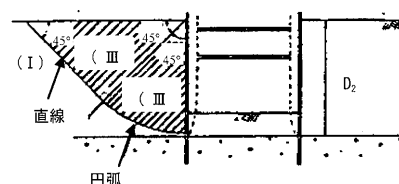
近接程度の区分	内 容
影 響 外 範 囲 (I)	一般に、新設構造物の施工による地盤変位の影響が及ばないと考えられる範囲。
要 注 意 範 囲 (II)	新設構造物の施工に伴う直接の影響は受けないが、影響範囲(III)の領域の土壌が変位することに伴う間接的な影響をうけて変位を生ずる可能性のある範囲で、既設構造物がこの範囲内にある場合には、特に対策工を実施する必要はないが、既設構造物の変位・変形観測のための現場計測を実施しなければならない。
影 響 範 囲 (III)	新設構造物の施工による地盤変位の影響が及ぶと考えられる範囲で、既設構造物がこの範囲にある場合は必要に応じて適切な対策工を実施すると同時に、施工中における既設構造物、仮設構造物、周辺地盤等の変位・変形の観測を行わなければならない。



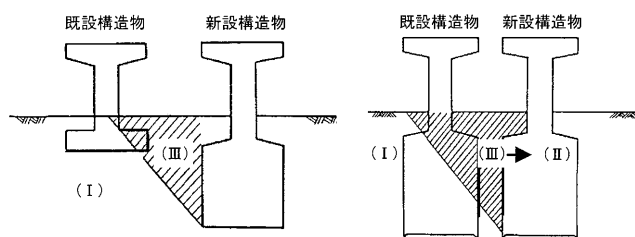
図—3.7 山留め壁の変形パターンと背面地盤の変位（砂質土）⁵⁾に加筆



図—3.8 砂質土の場合の影響範囲⁵⁾に加筆



図—3.9 粘土の場合の影響範囲⁵⁾に加筆



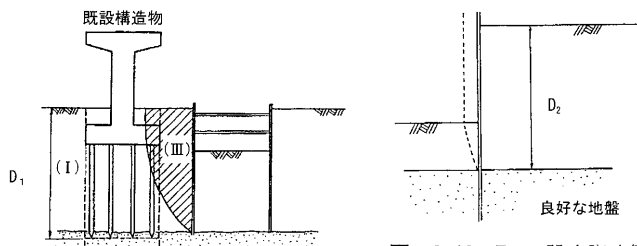
図—3.10⁵⁾に加筆

図—3.11⁵⁾に加筆

深さ D_1 は、以下のように考える。

- 直接基礎およびケーソン基礎の場合
フーチングまたはケーソン本体の底面までの深さ。
- 支持杭基礎（先端支持杭）の場合

講 座

図—3.12⁵⁾に加筆図—3.13 D_2 の設定⁵⁾に加筆

杭の根入れ長さ。

- 摩擦杭基礎の場合

地表面から杭の根入れ長さの1/2までの深さとする。

また、 D_1 と併せて重要となるのは、床付け以深の山留め壁位置を始点とする、すべり線の設定に必要な D_2 である。土研資料では D_2 を「山留め壁は良好な地盤まで根入れすることを原則とし、その地盤までの深さを D_2 とする。ここで言う良好な地盤とは、砂質土で N 値が15以上、粘性土で10以上とする。」とされており、一つの指標として参考となる（図—3.13）。

これまでに示した緩み領域とは、山留め壁の変位に伴った、背面の地盤変位に着目したものであるが、 D_2 に関しては、床付け以深の地盤変位と大きく関係してくる。

この、床付け以深の地盤変位としては、

- 掘削除荷による弾性、塑性、膨潤変形
- 地下水による盤ぶくれ（粘性土）、ボイリング（砂質土）
- 背面地盤の回り込みによるヒービング

が挙げられるが、この中で、ヒービングに関しては床付け以深の地盤変位が大きく、背面地盤への影響が大きい。

これは、対象とする地盤が低地（旧海底）に堆積している沖積粘性土の場合大きく、層が厚く堆積しているほど顕著である。この、沖積粘性土で山留め壁の変形が大きいのは壁背面に作用する側圧（土圧＋水圧）が大きいからのみではなく、ヒービングによる、床付け面以深の地盤の動きが大きいことに起因しており⁹⁾、床付け以深の地盤強度と掘削深さに関係し、 $Nb > 3.14$ 以上の関係（Peck¹⁰⁾（ペック）の安定数 $Nb = \gamma H/c$ 、 γ ：土の単位体積重量、 H ：掘削深さ、 c ：土の粘着力）になると変形が急激に増えることによる。

先の示した、各企業体の指針類、土研資料においても、ヒービングによる影響範囲は、近接程度の判定として、別途、判定基準が定められている。

これより、沖積粘性土において、床付け以深のすべり線を設定する場合は、Peckの安定数による床付け以深の地盤の安定性を検討した上で、別途、山留め架構の計算で得られた、床付け以深の変位不同点位置と併せて、 D_2 が安全側の評価となるように、設定することが望ましい。

3.3 近接工事に伴う各種調査

近接工事に伴う各種調査は、近接程度の判定、近接構造物への影響予測等、工事着手前の事前検討と工事によ

る構造物への影響の有無の判定や影響が生じた場合、その程度や工事との因果関係の特定、更には対策工を立案するために実施する。近接工事に伴う各調査の項目は、

- ①関連法規の調査、②立地条件の調査、③地盤調査、④地下水調査、⑤近接構造物調査に分けられる。

関連法規・立地条件の調査では、工事に関連する各法規の調査と建設敷地内・外での工作物・埋設物等の現況を調査する。地盤調査では当該位置やその周囲の地盤特性（土の物理・強度・変形特性、地下水位、帯水層定数等）や地形・地質、地盤沈下の現況を調査する。地下水調査は、地盤調査の地下水に関する調査より、更に広域的な地下水循環に関する調査を行う。また、近接構造物調査は、対象となる構造物・工作物の構造形式、現況等を調査することとなる。以下、各調査についての詳細を示す。

3.3.1 関連法規・立地条件の調査

関連法規の調査、立地条件の調査の項目について表—3.8に示す。関連法規は各法的規制により、工事の制約を受けたり、計画の変更や工事の遅延等が懸念される場合があるため、事前に調査する。また、環境関連法規（地盤沈下、地下水汚染、騒音・振動、産業廃棄物等に関する法規）については内容を理解し、工事の計画においては法規制に抵触することなく十分な検討が必要である。これらの関連法規ならびに各地方自治体による指導・要領等については文献^{11),12)}にも取りまとめているので参照していただきたい。立地条件の調査では、建設敷地内外の地中・地上構造物や工作物、道路等の機能、状況、建設敷地との位置関係について調べる。また、近隣での過去の工事実績（各計測データ・近隣トラブル等）や環境問題として工事に伴う騒音・振動についても調査対象となる。

3.3.2 地盤調査

地盤調査は新設構造物の設計、施工法の検討ならびに既設構造物への影響を検討する際に必要な調査で、地形・地質、土質定数（土の強度、変形特性）等の地盤特性の把握と経年的な地盤沈下等、建設敷地内・外での情報を得ることを目的とする。調査項目¹³⁾としては

- ①既存資料の調査、②地形・地質に関する調査、③土質特性に関する調査（物理・強度・変形特性）、④地下水に関する調査

に分けられる。地下水に関する調査は帯水層の深さ、厚さ、分布、透水係数等、建設敷地での局所的な地下水調査を示す。また、地形・地質は堆積年代による土の強度・変形特性や地下水循環との関連が深く、地形、地質は既存資料を調査することで識別が可能で、地域別「地盤図」¹⁴⁾、「地形図」¹⁵⁾等、更に経年的変化も「古地図」¹⁶⁾を参考として調査することができる。近接工事では各検討を行う上で、地形・地質の状況を把握することは特に重要である。これより、表—3.9に地盤調査項目を示す。

3.3.3 地下水調査

地下工事と地下水は密接な関係にあり、工事による揚

表—3.8 関連法規・立地条件の調査

調査項目		調査内容
関連法規 の調査	災害防止関連法規	○建築基準法・同施行令，都市計画法，労働安全衛生法，労働安全衛生規則及び関連法規，消防法，市街地土木工事公衆災害防止対策要領等
	環境保全，公害防止関連法規	○環境基本法，文化財保護法，都市公園法，水質汚濁防止法，下水道法等，都道府県公害防止要領，騒音規制法，振動規制法，廃棄物の処理及び清掃に関する法律等
	道路，河川，港湾等法規	○道路法，道路交通法，海岸法，河川法等
立地条件 の調査	敷地内調査	○敷地境界線，敷地の高低 ○地中障害物，埋設物（工事の支障となる既存地下室，基礎，杭，旧護岸，擁壁，古井戸等） ○地上工作物（工事の支障となる工作物，樹木等） ○地域種別（市街地，海岸地帯，工業地帯，農地，公園等），将来計画（都市・道路計画）
	敷地周辺調査	○近接建造物の所有者・管理者 ○河川・雨水樹・側溝，河川・堤防・湖沼の水位・流向・流量と位置関係 ○近隣工事状況（揚水，排水工事の有無，揚水期間，揚水量，地下水低下） ○地中埋設物（上下水道管，ガス，電力・通信ケーブル，共同溝の有無，各埋設物との相互位置関係）
	道路・交通状況調査	○道路の種別・重要度（工事位置交通経路，道路幅員，高さ制限規制等） ○路面状況と交通量，路面の掘返し規制等 ○道路上工作物（消火栓，交通標識，信号機，街灯，電柱，電気架空設備，地下鉄換気孔，樹木等）
	近隣住民の近隣状況調査	○近隣工事の住民とのトラブル状況（井戸枯れ，沈下，騒音・振動等過去の事例等） ○生活環境（噴水，井戸，宮水の使用状況） ○住民活動（生活，市民活動，サークル等），住民運動（住民の社会的意識，町内会の状況等）
	騒音・振動調査	○工事現場周辺での工事以外の騒音，振動（暗騒音，暗振動） ○工事騒音，振動の影響が及ぶと予測される家屋，施設，建造物の調査（規模，密集度，敷地境界からの離隔距離，施設等の利用時間帯）
	その他	○建設位置の所在，利用する交通機関 ○被災，災害時の緊急連絡先（医療機関，警察，ガス・水道・電気会社等） ○気象条件，潮位の変化 ○近隣工事実績（根切り状況，山留め・近接建造物等の挙動計測データ，トラブル等）

表—3.9 地盤調査項目と調査内容

調査項目	調査内容
既存資料調査	○地形，地質資料，広域的地盤沈下資料，既設構造物位置の地質調査資料
地形・地質に関する調査	○洪積・沖積・埋立地・山岳地の地盤種別 ○平地・台地・傾斜地，低地の分布状況，背後の山地等の地形状況，旧河川・旧湖沼 ○施工箇所・周辺の地質，地層構成と分布状況
土質特性に関する調査	○物理特性（土粒子密度，粒土分布，土の湿潤密度等，間隙比等） ○せん断強度（内部摩擦角，粘着力） ○圧密特性（圧密降伏応力，圧縮指数，膨潤指数等） ○変形特性（変形係数，せん断弾性係数，ボアソン比等） ○土圧（受働土圧，静止土圧，主働土圧） ○間隙水圧（対象となる層の間隙水圧，水圧分布）
地下水に関する調査	○地下水調査（地下水位，流向・流速） ○帯水層調査（帯水層深さ，厚さ，分布，透水係数，貯留係数）
その他	○土壌汚染の調査

表—3.10 地下水調査項目と調査内容

調査項目	調査内容
既存資料調査	○地下水位資料，河川・池等の水位資料，潮位観測資料，土地利用状況資料，気象資料
現地調査	○資料調査の補遺確認調査（既存資料との対比と現況，排水施設等の有無の確認）
地下水利用調査	○工場揚水，井戸の使用，宮水の使用，噴水等の施設使用状況
地下水位調査	○観測井設置（地下水位観測，季節変動等による地下水位長期観測），河川・池・既設井戸等の水位観測，潮位観測，現場揚水試験（帯水層定数，影響半径の確認）
表流水調査	○河川流量調査，水路流量調査
流量・流速調査	○観測井設置（孔内流向・流速）
水質調査	○地下水，河川・池・井戸等の水質調査，地下水汚染の調査

水，山留め壁や新設建造物による地下水低下，地下水脈遮断等で地下水の分布，流れ，水質に影響を与える。地下水位低下では，地下水の枯渇，地盤沈下，地表水の漏えい（貯水池，河川の水位低下），植物の立ち枯れや地下の酸欠等がある。地下水上昇では土地の湿潤化，構造物基礎の支持力低下等の弊害が生じる。また，海岸地域では地下水流動の変化による塩水化がある。さらには，山留め壁や新設建造物の地下躯体による地下水遮断により，上流側ではダムアップ，下流側は地下水低下により，先の地下水位の変動による障害が生じることもある。

地下水調査ではこれら障害を未然に防止することを目的とし，広域地下水（地下水のかん養，流動，流出）の問題として捉え，調査項目を設定する必要がある。このため，地下水調査は新設建造物を建設するための調査と，新設建造物による地下水障害が及ぼす影響を検討するために行う。広域的な調査では，調査範囲が異なるが，おおむね以下に着目して調査すれば良いと考えられる。

- 地下水循環と建設敷地に流入する水量，流動状況
 - 帯水層の分布（不圧・被圧帯水層分布）
 - 経年的な地下水位の変動，流向・流速，表流水
 - 近隣での井戸・宮水の利用，地下水汚染
- これら地下水調査では，地形・地質との関連を明確に

し，先の地盤調査と併せて検討する必要がある。地下水調査を表—3.10に示すが，調査項目は以下に分けられる。

- ①既存資料の調査，②現地調査，③地下水利用調査，④地下水位調査，⑤表流水調査，⑥流量・流速調査，⑦水質調査

3.3.4 近接建造物調査

建築建造物は建築基準法・建築基準法施工令，土木構造物は各企業体等が定めた指針類に準拠した構造計算や構造規定により，作用荷重・外力等に対して安全であること，また建造物の基礎は，これら想定外力や地盤沈下・変形に対して，機能障害が生じないよう，十分な耐力を有するように設計で担保されている。近接工事による地盤の変位，緩み，地下水位の変動は，近接建造物下部の地盤から基礎を通じて変位・変形となり影響を及ぼすことになるが，建造物にどの程度の変位を与えるか，どの程度の変位を許容出来るか（建造物の変位・変形・傾斜角・部材応力等）についての検討が重要である。

建造物の許容できる変位等（許容値）は用途・利用状況，立地条件，構造特性・基礎形式等で異なり，表—3.1の基準・指針類や過去の実績，理論的な検討に基づき提案^{17)～19)}されている。また，実工事において建造物への影響が生じた場合で，工事との因果関係を明確にす

講 座

るには、工事着手前の地盤調査、地下水調査と併せ、先の立地条件での調査において、更に近接構造物の調査を詳細に行う必要がある。本調査は以下の調査に分けられる。

① 既存資料調査

建設時における設計図書類・竣工図書、施工時の記録ならびに供用開始からの補修・使用状況、機能・形状、付帯施設・関連施設等の調査

② 現地調査

現地調査は既存資料がすべて入手できない場合の補足、ならびに既存資料と現況の確認をするために行う調査

表—3.11には近接構造物の調査項目を示す。本調査では構造物の管理者や利用形態・使用状況等により制約を受け、現地調査のすべての項目について実施できないことがある。このような場合、既存資料の調査結果にて担保するが、建設年代が古い構造物では既存資料も無いことがあるので、管理者との協議の上で出来る限り現地調査にて確認することが望ましい。事前検討では、近接構造物の用途・規模と使用状況、上部・下部の構造種別と基礎の形式・寸法、近接構造物と新設構造物の相対位置が必要となる。また、工事との因果関係とその程度を推定するには、構造物の健全度と耐久性（ひび割れによる耐久性低下、この時劣化・老朽度の評価に反映）、老朽

度、変形・変状の現況、更に周辺状況の調査が必要である。近接構造物の許容変位量は、構造物の機能から設定されることが多く、構造物の用途・規模、機能確保による制約条件（鉄道では整備基準値等、建物では居住性、機器類・設備等の安全性）、所要空間の確保（建築限界、桁下空間の確保）、精密機器類（電算機・精密機器、試験装置等）やクレーンの設置等の調査が必要となる。これら構造物の現況観察による調査ができるのは、形状・寸法、材質と老朽化や変状の有無程度で、設計図書や保全記録等の既存資料との照合確認を要する。また、コンクリート構造物では、はく落、鉄筋の露出、ひび割れの発生箇所やその大きさを調査する。その他、構造物に付帯するガス・水道管等の埋設物は沈下による損傷で、重大な事故につながる恐れがあるため、接続位置、用途、構造、材質等も調査する必要がある。

3.4 おわりに

構造物の管理者によって、近接程度の判定方法が異なることを示した。また、本章で触れていない既設構造物が地中構造物の場合の判定方法も、指針類内で示されているので参照していただきたい。また、環境に配慮した工事計画が望まれている現在、構造物構築後の周辺環境へ与える影響について、事前調査を十分に実施し、影響

表—3.11 近接構造物の調査

	調査項目	調査内容	主な着目点
既存資料の調査	設計図書類の調査	設計図書、設計計算書	○建物規模（形状：平面形、高さ、地下深さ） ○上下部構造種別・形式 壁式構造、ラーメン構造、静定構造物、不静定構造物等 木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造、コンクリートブロック造、レンガ造等 ○基礎構造種別・形式 独立基礎、布基礎、べた基礎、杭基礎（支持杭・摩擦杭）、ケーソン基礎等
		準拠した指針・基準類	○計算手法、許容応力度、安全率等
		施工記録（基礎工・下部工・上部工）	○基礎工法、特殊な工法等
	保全、使用状況の調査	建設年次	○建設年月日
		変状や震災・火災・水害等の被災履歴	○被災項目、時期
		補強、修繕、補修、増改築の経歴	○保全記録 ○補強・補修、増改築の時期と部位、構造形式、規模、重量、形状、剛性等
		作用荷重の現況	○車輛荷重、列車荷重等
		機器類、管路等の設置、敷設の状況	○精密機器類（電算機、試験装置）、クレーン等 ○設置位置（地下、地上）
		社会的重要度	○公共施設、民間施設、天然記念物、遺跡、重要文化財
		管理基準値等	○鉄道：建築限界、軌道整備心得、軌道整備基準値等 ○橋梁：建築限界、桁下空間等 ○水路：勾配限界等
現地調査	既設構造物の機能、形状等実態調査	新設構造物と既設構造物の位置関係	○平面位置、断面位置
		用途・利用状況	○建物（住宅、事務所、店舗、工場、物販店、精密機械工場）、道路、鉄道 ○地下埋設物（共同溝・シールド等のインフラ） ○放水路、トンネル、港湾構造物、河川構造物、鉄塔等 ○付帯施設、関連施設の有無、種類等
		使用上の機能確保の制約条件	○線路：線路本数、軌道構造、分岐器の有無、レール種別、平面、軌道狂い、軌道整備状況等 ○盛土・切土：形状・寸法、施工基面幅、施工基面の状況、沈下、法面、地下水位、排水等 ○橋桁：ひび割れ、桁下空頭、省の状況（可動省の移動余裕、破損、三点支持）等 ○橋台・橋脚：変位（沈下、移動、傾斜）、隣接構造物間の目違い、折れ角、ひび割れ、洗掘、沓状況（可動沓の移動余裕、破損、三点支持）等 ○高架橋：変位（沈下、移動、傾斜）、隣接構造物間の目違い、折れ角、ひび割れ、沓状況（可動沓の移動余裕、破損、三点支持）等 ○ボックスカルバート：不同沈下、折れ角、目違い、継手部の目開き、内空断面、ひび割れ、変形、漏水等 ○トンネル：建築限界に対する余裕、ひび割れ、変形、漏水、空洞等 ○建物：家屋調査、各種精密機器類（計測機器、試験装置）、クレーン等
		構造形式、寸法、形状、材質	○土構造物：盛土材料・形状・寸法、法面工の種類 ○コンクリート構造物：ひび割れ（発生箇所、大きさ）、はく落、鉄筋の露出、破り厚さ、鉄筋の腐食、コンクリート強度、排水、漏水状況等 ○鋼構造物：腐食、部材接合部（リベット、ボルト、溶接）、支承部等 ○石積・レンガ：目地割れ、ひび割れ、はく落、強度等
		老朽度	○家屋調査等による、構造物の変位・変状、破損部位（ひび割れ等）の現況

を及ぼすことなく工事計画を綿密に立案することが望まれる。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会, シンポジウム:「山留め設計の諸課題」, p. 121, 2006.
- 2) 東日本旅客鉄道㈱: 近接工事設計施工標準, pp. 28~50, 1999.
- 3) 首都高速道路公団: 首都高速道路に近接する構造物の施工指導要領書(案), pp. 1~13, 1982.
- 4) 東京電力㈱: 地中送電線土木工事における構造物近接部設計・施工指針, pp. 16~23, 1985.
- 5) 建設省土木研究所構造橋梁部基礎研究室: 土木研究所資料 近接基礎設計施工要領(案), pp. 8~25, 1983.
- 6) 帝都高速度交通営団: 営業線と交差する他企業における設計・施工管理要領(案), p. 6, 1991.
- 7) 日本建築学会: 山留め設計施工指針, pp. 226~234, 2002.
- 8) 青木雅路: 実測山留め壁変位にもとづく背面沈下の検討方法の比較 (その 1, その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 537~540, 2000.
- 9) 杉本隆男: 超軟弱地盤山留めのヒービング現象とその対策, 総合土木研究所, 基礎工, Vol. 20, No. 229, pp. 23~29, 1992.
- 10) R.B. Peck: State of The-Art Reporte, Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground, 7th ICSMFE, Mexico, pp. 270~271, 1969.
- 11) 日本建築学会: 山留め設計施工指針, pp. 3~5, 2002.
- 12) 産業技術サービスセンター: 近接施工技術総覧, p. 37, 1997.
- 13) 土質工学会: 近接施工, pp. 31~41, 1989.
- 14) 東京地盤調査研究所: 東京地盤図, 技報堂出版, 1959.
- 15) 日本地図センター: デジタル標高地形図, 2006.
- 16) 日本地図センター: 江戸の足跡東京衛生像地図, 2003.
- 17) 地盤工学会: 基礎の沈下予測と実際, pp. 20~43, 2000.
- 18) 地盤工学会: 根切り山留めの設計・施工に関するシンポジウム, pp. 94~96, 1998.
- 19) 日本建築学会: 基礎構造設計基準・同解説, pp. 151~154, 2001.