

近接工事の調査・設計・施工技術

2. 近接施工の現状と課題

佐々木 俊 平 (ささき しゅんぺい)

東京都土木技術センター 材料施工調査係長

石 井 雄 輔 (いしい ゆうすけ)

㈱大林組技術研究所 室長

2.1 はじめに

都市機能が高度に集積された都市域の地下空間は、道路トンネルや地下鉄などの交通施設や上下水道管や電気、電信電話、ガス管路など供給処理施設が輻輳して埋設され、都市の生活や経済活動の基盤を支えている（表—2.1）。また、集合住宅やオフィスビルなど建築物や高架道路、橋梁、河川護岸などの“地上”の施設についても地中に設置されている基礎構造物に支えられている。

都市部の密集市街地では、都市再生に向けて都市機能の再構築や分散化が図られており、同時にその基盤となる交通・通信機能の整備などが進められている。交通施設の立体化や地域再開発、老朽施設の再構築など都市施設の整備に伴う地下工事では、工事場所に近接して様々な施設が存在する。このため、都市における根切り山留め工事の多くは近接施工を伴うことになる。

一方、我が国における根切り山留め工事をみると、全体の90～95%が深さ10 m以下で、その90%は掘削深さが5 m以下であり、根切り山留め工事の80%以上が掘削深さ5 m以下の小規模工事である²⁾。また、掘削・山留め工事で発生した重大事故は「建設業安全衛生年鑑（1989～1993）」によると、土砂崩壊によるものが全体の約50%を占めており、大規模な山留め工事中に発生した死亡事故はほとんどなく、掘削深さが3 m未満の浅い工事の施工中のものが大半を占めている³⁾。

都市域の近接施工を伴う根切り山留め工事では、掘削深さが10 mを超える大・中規模工事と同時に深さ5 m未満の小規模工事も視野に入れて、事故の防止と既設構造物の防護や周辺環境の保全に努める必要がある。

本章では、小規模山留め工事が近接して施工することの多い道路（平面街路）も近接既設構造物として取り上げ、近接施工の現状と課題について以下の項目について述べる。

2.2では、近接施工が①道路、②橋梁、③鉄道、④地下鉄、⑤埋設管類（下水、水道、電力、電信電話、ガス等）、⑥建築物（杭基礎、直接基礎）、⑦文化財などの既設構造物

に及ぼす影響や近接協議などの手続き、各企業体の近接施工に関わる指針類などの現状について述べる。

2.3では、近接程度の評価や近接施工と判定された場合の地盤調査や施工条件調査、新設構造物の規模や条件、近接構造物の規模や条件など近接施工の検討項目と検討手順を説明するとともに、周辺への影響要因について概説する。

また、2.4では既設構造物の構造や機能から決まる許容値・管理値の設定に関する基本的な考え方を示すとともに、建築構造物、鉄道構造物および近接施工指針を制定している代表的な企業体における許容値・管理値の実態について述べる。

2.5では、近接協議における許容値・管理値の設定、予測解析の信頼性、計測結果のばらつきと誤差、および近接構造物におよぼす施工の影響について、近接施工に関する今後の課題を取りまとめる。

2.2 既設構造物と近接施工

2.2.1 既設構造物の種類と近接施工

図—2.1は主な既設構造物と山留めとの関係を模式図で示したものである。近接施工に関わる各構造物の特徴を以下に示す。

(1)は道路（平面街路）の模式図である。条例や政令（国道）に定める道路に接する沿道区域で根切り山留め工事を行う場合、道路法第44条の沿道区域における土地等の管理者の損害予防義務が必要となり、「道路構造の損害防止や交通の危険防止の措置を講じなければならない」とされている。この場合、道路管理者に「沿道掘削施工協議書」を提出し協議することが通例になっている。また、沿道掘削工事に伴ってグラウンドアンカーを施工する場合に都道では「工事用施設」として道路占用

表—2.1 東京都の地下空間利用の概況¹⁾

施 設	総延長, 面積等	内 訳	備 考
1) 地下鉄等	総延長 266.2 km	営団 198 km, その他 68.2 km	1998年 3月現在
2) 下水道管	総延長 14,986 km	幹線 1,150 km, 小径下水 13,836 km	1998年 3月現在
3) 上水道配水管	総延長 22,329 km	配水本管 2,040 km, 配水小管 20,289 km	1998年 3月現在
4) 都道トンネル等	総延長 24.6 km	トンネル 22 km, 地下歩道等 2.6 km	1997年 9月現在
5) 道路下占用管路	総延長 31,078 km	電話 20,437 km, 電力 8,450 km, ガス 2,191 km	1996年度の集計
6) 共同溝	総延長 28.6 km	東京都共同溝 12.6 km, 臨海共同溝 16 km	1997年 4月現在
7) 地下街・駐車場等	23区計 549,700 m ²	地下駐車場 326,600 m ² , 地下街 223,100 m ²	1997年 4月現在
8) 地下河川・調節池・分水路	総貯留 851,900 m ³ 総延長 11 km	調節池 17箇所+環7合計貯留量 851,900 m ³ 分水路 7箇所 合計延長 11 km	1997年 2月現在
9) 首都高速道路	総延長 255.8 km	高架橋部 209.8 km, 平面土工部 14.4 km, トンネル部 14.3 km, 半地下部 17.3 km	1998年 5月現在

講 座

許可が必要となる。なお、都道を例に沿道区域を示すと次のようである。①路面総幅員20 m以上：道路区域から5 m、②路面総幅員6 m以上20 m未満：道路区域から3 m、③路面総幅員6 m未満：道路区域から路面総幅員の1/2。

(2)に堀割道路の模式図を示す。損害予防義務が生じる沿道区域は、高擁壁の場合(1)の平面街路と異なり、擁壁高の1.5倍、最大20 mとなる。

(3)に示す開削トンネルや(4)のシールドトンネル、(5)の埋設管きょ類は、道路や地下鉄、鉄道、上下水道など施設管理者が定めている近接程度の判定や計測管理方法、管理基準値等を規定した指針類にしたがって山留めの計画、設計施工を行うことになる。既設構造物が浅い場合には山留め壁の変形に伴う背面地盤の変形や地下水位の

低下による圧密沈下などの対策、深い場合には、ヒーピングやボイリング、盤ぶくれなど掘削底の安定検討が重要となる。また、既設構造物が根切り底面下に設置され、掘削延長が長く土被り厚が小さいときや山留め壁の根入れ部分を横断している場合には防護対策が必要となる。

(6)の高速道路や鉄道など杭基礎で支持された高架橋もトンネルや埋設管きょ類と同様に施設管理者の指針類に従って近接程度の判定や計画、設計、施工中の計測管理を行う。(7)の杭に支持された建物は(6)の高架橋と基礎構造は同一であるが、指針類を持たない管理者がほとんどなので、その場合は新設構造物施工者が独自に既設構造物の防護対策や計測管理方法を計画し、管理者と協議を行って工事を進めることになる。

(8)は道路や鉄道などの盛土構造物が近接している例で

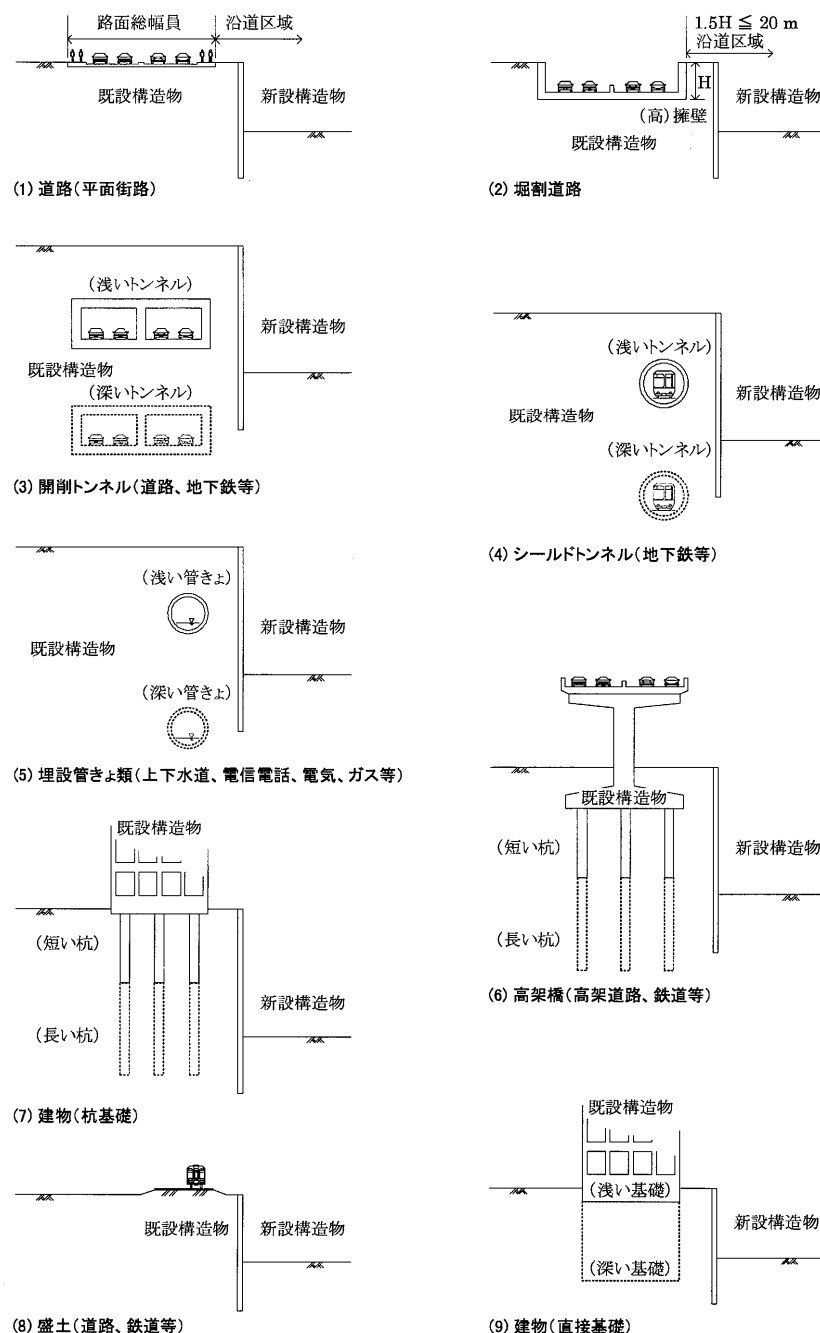


図-2.1 既設構造物と山留めの関係

ある。施設管理者が近接施工の指針類を持っている場合には、その指針類に従い、持たない場合には、施工者が計画や設計、施工、既設構造物の防護対策や計測管理等を実施する必要がある。特に高盛土の場合には、山留め壁に作用する偏土圧の影響や山留め壁の過度な変形などに注意を要する。壁剛性が不足するときには切土補強壁など他工法の採用も検討する。

(9)に示す浅い直接基礎の建物は、掘削や地下水位の低下に伴う不同沈下などの対策の他、偏土圧の影響など構造物荷重による側圧の評価も大切となる。

(9)の深い直接基礎の建物などが近接している場合には、山留め壁に作用する側圧が近接構造物の無い場合に比べて小さくなるという報告もある⁴⁾。近接する建物等の基礎やシールド、ボックスカルバート等地中構造物の種類、設置されている深さによって、山留め壁の変形の大きさや変形の形状が異なるという事例や近接構造物の影響により山留め壁への作用側圧の低減が可能な場合のあることなども報告されている⁴⁾。

なお、根切り山留め工事に近接して重要文化財や史跡名勝天然記念物がある場合には、文化財保護法第43条の「現状変更等の制限」や第125条の「現状変更等の制限及び原状回復の命令」により文化庁長官の許可を受けなければならない。また、都道府県や市区町村が独自に指定している文化財についても指定した自治体の許可が必要となる。

2.2.2 近接施工に関わる指針類

過去の近接施工に関わる指針類を遡ってみると、約40年前の1967年に、当時の日本国有鉄道が「近接橋台橋脚の設計施工指針(案)」を作成している。これは供用中の構造物の保守・防護という視点から「制限範囲」や「要注意範囲」などの領域を定め、近接してくる新設構造物の規制を目的としている。その後、1983年には建設省土木研究所が「近接基礎設計施工要領(案)」を作成している。「影響範囲」や「要注意範囲」などを定めるとともに、対策工法や現場計測などによって既設構造物の機能や安全を評価して近接工事の設計施工を進めるというものである。主な内容は①近接程

度の判定、②変位量の検討、③対策工法、④現場計測などである。

現在は多くの公的機関や企業体が近接施工に関わる指針類を作成しており、対象構造物(企業体等)ごとに次のように大別できる。①鉄道関係(地下鉄を含む)、②道路関係(高速道路を含む)、③インフラ関係(下水道、電力、情報通信等)、④その他、国や協会など。

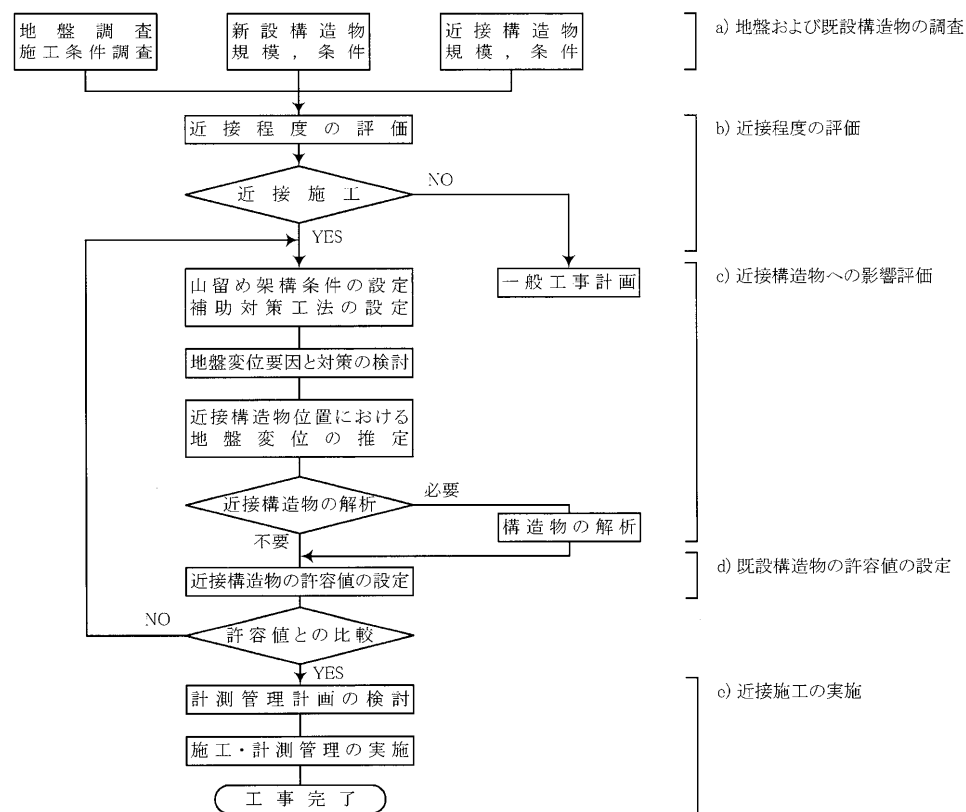
根切り山留め工事を実施する場合の項目内容をみると、おおむね①近接程度の判定、②許容値および管理値の設定、③変位量の推定方法(影響予測手法)、④管理計測方法、⑤対策工法などが示されている。また、それぞれの指針類は、各管理する施設の特徴を反映したものとなっている。鉄道や地下鉄は、営業線列車の安全運行のため、直線部や曲線部、速度などによりきめ細かく許容値が具体的な数値で決められており、高速道路の高架橋は、基礎や構造躯体などの許容値を許容応力度で定めているなどである。また、①管理値以内、②許容値未満、③許容値以上といった計測値の値によって対応策を定めている。各項目の詳細は2.3章以下を参照されたい。

2.3 近接施工計画の実際

2.3.1 近接施工の検討手順⁵⁾

図—2.2に近接施工の検討手順のフロー図を示す。

近接して既設構造物がある場合には、まず地盤や施工条件の調査、新設構造物の規模や条件などの検討の他、近接構造物の規模や種類、基礎構造などの調査を実施する。調査検討結果に基づき、制限(影響)範囲や要注意範囲、無条件(影響外)範囲など近接程度の評価・判定



図—2.2 近接施工の検討手順⁶⁾

講 座

を行う。無条件範囲であれば、一般の工事計画を策定して工事を進めるが、近接施工と判定され要注意範囲であれば、地盤変位要因を推定し近接構造物の計測管理を行いながら工事を進める。状況に応じて近接構造物の変位量等の推定や対策工法の検討を行う。制限範囲と判定された場合には、山留め架構条件や補助対策工法を設定するとともに地盤変位要因と対策を検討し、近接構造物位置における地盤変位を推定する。必要に応じて近接構造物の解析を行い付加応力や変位を検討する。近接構造物の許容値や管理値を設定し、詳細な計測管理計画に基づいて施工・計測管理を実施する。

一般的には以上の手順を踏まえて近接施工を実施するが、近接構造物への影響評価方法や地盤および近接構造物調査の精度の問題など実際の検討に当たって判断が難しい事項やまだ未解明な点も多い。課題の詳細については2.5で述べる。

2.3.2 周辺への影響要因⁵⁾

表—2.2は掘削に伴う周辺地盤・近接構造物への影響要因を検討内容とともに示したものである。

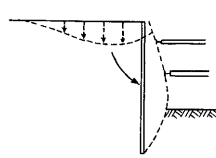
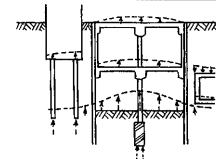
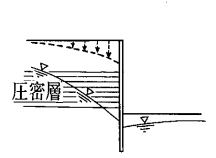
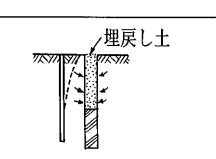
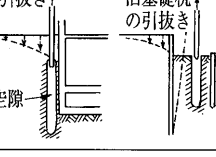
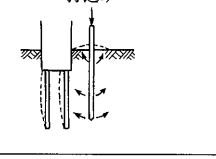
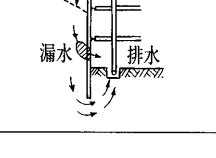
主な周辺への影響要因としては次の項目が挙げられる。

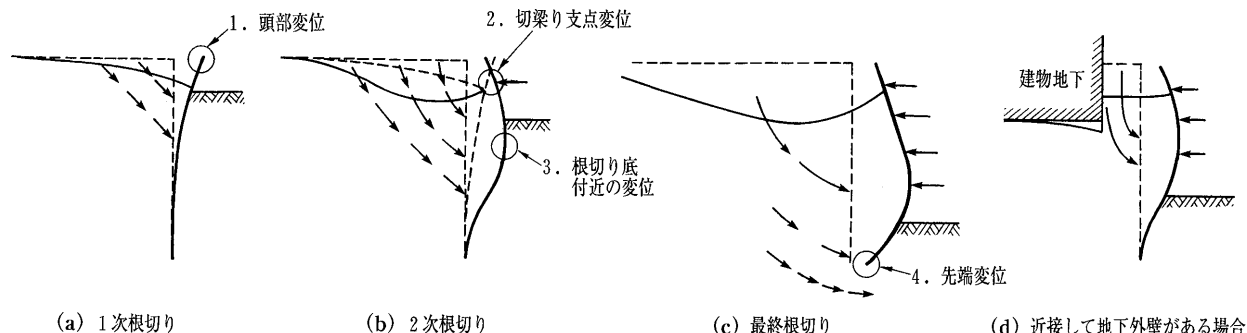
- ① 山留め壁の変位に伴う周辺地盤の変位
- ② 掘削に伴う周辺地盤の浮上り（リバウンド）
- ③ 地下水位低下に伴う周辺地盤の沈下
- ④ 山留め壁や基礎杭の施工に伴う周辺地盤の変位
- ⑤ 山留め壁や基礎杭の引抜きに伴う周辺地盤の変位
- ⑥ 地盤改良等補助工法施工に伴う周辺地盤の変位
- ⑦ 山留め壁からの漏水や排水に伴う土砂の流出

①の影響要因である山留め壁の変位は、図—2.3に示すように1次掘削では山留

め壁頭部が最大となる変位を示し、掘削の進行にしたがって根切り底付近を最大とする変位に移行する。根切り底付近の地盤が軟弱であると山留め壁の変形が大きくなり、影響が広範囲に及び沈下量も大きくなる。山留め壁の変位を小さくする対策や背面地盤の沈下量分布と既設

表—2.2 掘削に伴う周辺地盤・近接構造物への影響⁵⁾

要 因 お よ び 現 象	主 な 検 討 内 容
① 山留め壁の変位に伴う周辺地盤の沈下、水平変位	 1) 山留め壁の最大変位からの最大沈下量の推定 2) 山留め壁の変位分布と背面地盤の変位分布 3) 沈下量分布からの既設構造物への影響検討
② 掘削に伴う周辺地盤の浮上り	 1) 施工段階を考慮した除荷重の設定 2) 地盤の変形係数の設定と浮上りの計算 3) 浮上り分布からの既設構造物への影響検討
③ 地下水位低下に伴う周辺地盤の沈下	 1) 水位低下分布の予測 2) 水位低下に伴う周辺地盤の沈下予測 3) 砂質地盤での変形係数の設定と沈下計算 4) 粘性土地盤での圧密定数の設定と圧密計算
④ 山留め壁や基礎杭施工時に伴う周辺地盤の変位	 1) 場所打ちコンクリート杭、連続壁施工に伴う周辺地盤の沈下評価 2) 埋戻し部分の材料選定
⑤ 既存建物撤去に伴う山留め壁や基礎杭の引抜きに伴う周辺地盤の変位	 1) 撤去建物位置と周辺までの距離 2) 撤去後の埋戻し方法
⑥ 生石灰杭、深層混合処理工法等の補助工法施工時の周辺地盤の変位	 1) 施工時の変位量の評価 2) 外周部分の施工方法の検討
⑦ 山留め壁の施工不良による地下水および土砂の流出	 1) 山留め壁施工時の掘削精度の管理とラップ不良部分の対策 2) 既存地下躯体、埋設物による削溝精度の低下



図—2.3 山留め壁変位と周辺地盤変位⁵⁾

構造物への影響の検討が重要となる。

②のリバウンド量は除荷荷重と根切り面下地盤の変形係数、地下水の揚水量などから決まる。浮上り量の分布から既設構造物への影響を検討するが、地域再開発のように複数工事の施工と大平面掘削を伴う場合には、掘削工程などの施工手順が複雑に影響しあうので計測管理が非常に重要となる。

③の地下水低下に伴う地盤沈下は周辺に軟弱層が分布していると、沈下が長期間かつ遠方にまで及ぶことがあるので事前の地盤、地下水調査が重要である。また、開削トンネルのような延長の長い山留め壁は、地下水の流れを遮断し地下水位の上昇と低下を招くことがあるので事前の対策検討が必要である。

④～⑥の山留め壁の設置や引抜き、あるいは地盤改良等補助工法の施工による周辺地盤への影響は、杭撤去後の空洞や杭設置による地盤の押し込み、孔壁の崩壊など地盤の体積変化に起因するもので、削孔直後の埋戻しやプレボーリングなど施工上の工夫が必要である。

⑦は主に山留め壁の接続部や窓空き部の地盤改良などの施工不良によるものであり、適切な施工管理により品質を確保する必要がある。

その他、ヒービングやボイリング、被圧地下水による盤ぶくれなど掘削底の安定検討は、周辺への影響にとどまらず、大事故にもつながりかねないので、十分な検討を要することは言うまでもない。

2.4 許容値・管理値の考え方

2.4.1 基本的な考え方

近接施工となる場合は、近接する既設構造物の許容値・管理値を定め、施工中の管理を行う必要がある。

近接施工による既設構造物への影響度合いは、近接の程度（位置関係）、地盤条件などによって大きく変わるの当然であるが、新設構造物の施工法、既設構造物の構造形式、基礎形式、用途、重要度、老朽度、あるいは使用状況（道路の場合の交通量・道路規格、鉄道の場合の列車本数、列車運転速度、水路の場合の流量）などによっても異なってくる。したがって、既設構造物の許容値・管理値は、一般に既設構造物の管理者と協議して、構造上の安定性と使用上の機能維持などから決めることになる（表—2.3参照）。

許容値・管理値が上記の要因のいずれにより決定されるかは、構造物の使用目的、構造特性などにより異なる。一般には、変位により大きな応力が発生する不静定構造物では、構造物の安定性で決まることが多く、逆に、鉄

表—2.3 許容値・管理値の設定要因

分 類	検 討 要 因
構造物の安定性	耐力の低下（応力の増加）、耐久性の低下（ひび割れの発生）、支持地盤の強度低下など
構造物の機能維持	居住性の低下、設置機器の作動不良、走行安全性の低下、乗り心地の悪化、水路の勾配の不良など
所要空間の確保	建築限界・桁下空頭の確保、可動部のストロークの確保など

道構造物や精密機器類を設置した建物などでは、構造物の機能維持から決まることが多い。

許容値は、上記の諸要因により既設構造物に支障を及ぼさない限界値を求め、これに限界値の算定方法の不確実さ、構造物の状況（老朽度、重要度など）、補修の難易などを総合的に判断して、適切な余裕（安全率）を考慮して決定するのが一般的である。また、実際の近接施工では、許容値よりもさらに小さな値を管理値として設定し、計測管理を行うことが多い。

構造物の安定性に関しては、構造体の応力が問題となるが、既設構造物の応力計測は難しいため、一般には変位あるいは傾斜による管理が主体となる。この場合、所要空間の確保が問題となる場合を除き、絶対変位よりも不同沈下や相対変位あるいは傾斜が問題となる。

2.4.2 許容値・管理値の実際

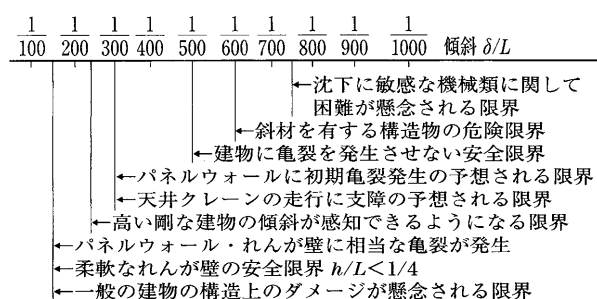
(a) 建築構造物

建築物に発生する変位が有害な変状を発生させるか否かについては、構造物の実態調査に基づいた経験的な限界値が提案されている（図—2.4）。また、日本建築学会基礎構造設計指針⁸⁾では、建築物に構造的な障害が発生する限度となる変形角の目安として表—2.4の値を示している。鉄骨造の限界変形角は、鉄筋コンクリート造の場合に比べて大きくなると考えられる。なお、老朽化した構造物では、ひび割れ等によって部材の許容応力度が低下しているものもあるので、許容値の決定に当たっては注意が必要である。

機能維持上の許容値は、構造物の用途に大きく影響される。居住者の苦情発生の限界傾斜角度は1/200～1/100程度と言われており、低層の家屋では一つの目安となる。「住宅の品質確保の促進等に関する法律」では6/1000が瑕疵担保責任の目安となっている。一方、事業用建築物等では、設置されている機器類から許容変位量が決まることが多い。固定クレーンの走行に対しては1/300程度が限界であり、精密機械などが設置されている場合は1/2000以下の精度を必要とすることもある。

表—2.4 建築物の限界変形角の目安⁸⁾に基づく

構造形式	限界変形角 $\times 10^{-3}$ (rad)	
	圧密沈下	即時沈下
鉄筋コンクリート造	1.0～2.0	0.5～1.0
コンクリートブロック造	0.5～1.0	0.3～1.0



図—2.4 変状発生の限界⁷⁾

講 座

(b) 鉄道構造物

列車の走行安全性や乗り心地の確保のために、各企業体で軌道狂い量などの限界値を定めている。JR 東日本では、下記の 3 項目を許容値設定の基本方針としている。

- ① 軌道狂いの許容限界値から定まる許容変位量
- ② 構造物の応力の増加や機能から定まる許容変位量
- ③ 建築限界から定まる許容変位量

具体的な許容値・管理値を表—2.5に示す。なお、一般にスラブ軌道では軌道整備により対処できる範囲が限られるため、バラスト軌道の場合に比べて厳しい許容値となる。

また、構造物の応力に関しては、設計で想定した応力状態と近接施工の影響による応力を累加したものが、部材応力（許容応力度 $\times 1.2$ 、かつ降伏強度）を越えないよう定めた協議事例がある。この割増し係数は、過去の事例等を参考にして定められたもので、JR 東日本の施工標準等^{10),11)}に記載されている。

東京メトロにおいても、JR 東日本と同様、上記①～③を基本とし、表—2.5に示す許容値・管理値を設定している。

(c) その他の企業体

各企業体で近接施工指針を独自に制定している場合は、その指針類によって近接程度の判定と同時に計測管理項目や許容値を設定する必要がある。首都高、東京電力の例を表—2.5に示す。

2.5 近接施工における課題

(a) 許容値と管理値

鉄道をはじめとする管理者側の各企業体で、近接施工における許容値・管理値を定めているが、本来は管理側・施工側の技術者が協議し、条件に応じて定めるべきものである。許容値・管理値を安全側に画一的に定めることは、厳しすぎる許容値・管理値を強いることにつながる。許容値・管理値を変位で規定する場合、多くは相対変位が問題になるにもかかわらず、絶対変位で管理する事例が大多数であり、これも厳しすぎる許容値・管理値の一因となっている。

また、複数の工事が同時に進行する場合、あるいは地下水位の季節変動など工事以外の自然現象の影響を受ける場合の許容値・管理値の設定法、さらには、指針類を持たない既設構造物の取扱い方法などが、今後の課題として挙げられる。

(b) 予測解析技術

近接施工では、近接構造物へ及ぼす影響を適切に評価する技術が求められている。近年では有限要素法を用いた解析も広く用いられているが、以下のような課題が残されている。特に、対象構造物の許容値・管理値が極めて小さい場合には、解析結果に対する過大な期待は禁物であり、得られた数値をそのまま施工管理に用いることについては十分な配慮が必要である。地盤物性のばらつきの評価に関しては、信頼性理論の導入も一つの解決手

法となろう。

- ① 地盤物性の評価（ばらつき・非線形性など）
- ② 2次元モデルへの簡略化
- ③ 施工方法・手順のモデル化
- ④ 解析手法（逐次解析法・強制変位法、土・水連成解析法）の使い分け

通常の予測解析では強制変位法を用いることが多い。この場合、別途計算により山留め挙動を適切に予測しておく必要があるが、近接構造物がある場合の山留め壁に作用する側圧に関しても、必ずしも明確にされているとはいえない。また、山留め壁の変形を抑えた計画では、リバウンドの影響が卓越することがあるが、近接構造物がある場合のリバウンドの検討方法も明確にされているとはいえない。

地盤変位による既設構造物への影響は、構造特性、老朽度などにより異なる。特に局所的な劣化が認められる場合、その構造物の剛性や耐力を評価することは容易なことではない。今後、評価法を確立していく必要がある。

(c) 計測管理技術

近接施工に伴う計測管理では、周辺構造物の許容値・管理値が厳しいため、通常の計測管理では問題とならない計測値のばらつき・誤差（測定精度、温度変化、ドリフトなど）が問題となる。一般的な変位計測では、1～2 mm 程度が、長期にわたって信頼できる測定精度と考えられ、要求される許容値・管理値との間に精度に対する認識の乖離が認められる。

また、測定値から工事以外の影響を除外するためには、可能な限り早期の事前計測が必要となるが、諸般の事情から初期値の計測は工事直前に設定されることも多い。

既設構造物の安定性を計測結果に基づいて管理するためには、既設構造物の簡便な応力測定技術の確立が望まれる。

(d) 施工管理技術

既設構造物への影響は、施工の方法、手順、巧拙によっても大きく異なる。切梁にゆるみがあれば当然山留め壁の変位は大きくなり、また、特に軟弱地盤では、切梁の架設時期に遅れを生じると、山留め壁は計画時に想定した以上の変位が生じることが知られている。したがって、施工に際しては、当初の計画を遵守するのみならず、山留め壁の変位（周辺への影響）を極力小さくする工夫が必要となる。そのための、施工上のノウハウを蓄積していくことが必要となる。

一方、計画段階で周辺への影響が大きいと予測された場合には、対策工を計画する必要があるが、対策工の施工による周辺への影響に関しては、未だ未解明な部分も多いのが現状である。

2.6 おわりに

近接施工の管理には、事前の予測解析技術と工事中の計測管理技術に加え、施工管理技術がバランスよく組み合わせられた総合的な技術が必要である。実際には、事前予測はコンサルタントや施工計画部門が、計測は計測専

表—2.5 各企業体の許容値・管理値⁹⁾から抜粋

企業体	東日本旅客鉄道株式会社（JR東日本）	東京地下鉄株式会社（東京メトロ）																																																										
準拠図書	・近接施工の設計施工に関する参考資料（標準決定案） 1997年3月	・営業線と交差する他企業工事における設計・施工管理指針(案) 1991年11月 ・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年11月																																																										
許容変位設定に関する基本方針	近接施工に先立って既設構造物の適切な許容変位量を設定し、設計および施工管理に用いるものとする。既設構造物の許容変位量の設定に当たっては「軌道整備心得」等の中で示される軌道狂いの許容限界値から定まる許容変位量、不静定構造物における基礎の不同沈下および水平変位による部材応力の増加や構造物の機能から定まる許容変位量、さらには建築限界から定まる許容変位量を考慮する必要がある。	営業線列車の安全運行のため「軌道及び建造物整備心得」により軌道構造の整備に当たっている。ここに定められている許容値は列車の安全運行と軌道整備状態の誤差を含んだものである。耐力および許容変位量は(1)軌道整備からの許容値（沈下量と傾斜量）(2)構造物からの許容値（構造物の許容値；抵抗モーメントにより検討する、構造物の許容応力度により検討する）。																																																										
許容値	・許容変位量の考えかた 既設構造物の許容変位量は、構造形式、材料、軌道構造、構造物の老朽度により相違があり、またその線区の重要度、列車運転速度等の使用状況によっても異なってくる、従って既設構造物の許容変位量の設定に当たっては「軌道整備心得」等で示される軌道狂いの許容限界値から定まる許容変位量、不静定構造物における基礎の不同沈下および水平変位による部材応力の増加や構造物の機能から定まる許容変位量、さらには建築限界から定まる許容変位量を考慮する必要がある。 ・軌道狂いの許容限界値から定める許容変位量 普通鉄道：「軌道整備心得」（列車走行の乗り心地を考慮してきめられたもの）。近接工事の場合、軌道整備基準値としてもよい。 新幹線：新幹線施設関係異常時取扱い要領に従う。 在来線軌道整備心得 <table><tr><th colspan="5">線区の区分（通過 頻度等で決まる線路等級）</th></tr><tr><th>狂いの種別</th><th>1級線</th><th>2級線</th><th>3級線</th><th>4級線</th></tr><tr><td rowspan="3">軌間</td><td colspan="3">直線および半径600mをこえる区間</td><td>20(14)</td></tr><tr><td colspan="3">半径200m以上600mまで</td><td>25(19)</td></tr><tr><td colspan="3">半径200m未満</td><td>20(14)</td></tr><tr><td>高低 (mm/10m)</td><td>23(15)</td><td>25(17)</td><td>27(19)</td><td>30(22)</td></tr><tr><td>通り (mm/10m)</td><td>23(15)</td><td>25(17)</td><td>27(19)</td><td>30(22)</td></tr><tr><td>平面性 (mm/5m)</td><td colspan="4">23(18)（カントの過減量を含む）</td></tr></table> 数値は高速軌道検測車による動的値。カッコ内は静的値。 新幹線施設関係異常時取扱い要領の運転規制値の判断 <table><tr><th>速度</th><th>245km/h</th><th>210km/h</th><th>160km/h</th><th>110km/h</th><th>70km/h</th><th>記事</th></tr><tr><td>高低</td><td>11mm以上</td><td>13mm以上</td><td>15mm以上</td><td>20mm以上</td><td>24mm以上</td><td rowspan="2">10m弦</td></tr><tr><td>通り</td><td>7mm以上</td><td>8mm以上</td><td>9mm以上</td><td>11mm以上</td><td>13mm以上</td></tr></table>	線区の区分（通過 頻度等で決まる線路等級）					狂いの種別	1級線	2級線	3級線	4級線	軌間	直線および半径600mをこえる区間			20(14)	半径200m以上600mまで			25(19)	半径200m未満			20(14)	高低 (mm/10m)	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)	通り (mm/10m)	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)	平面性 (mm/5m)	23(18)（カントの過減量を含む）				速度	245km/h	210km/h	160km/h	110km/h	70km/h	記事	高低	11mm以上	13mm以上	15mm以上	20mm以上	24mm以上	10m弦	通り	7mm以上	8mm以上	9mm以上	11mm以上	13mm以上	・耐力および許容変位量 (1)軌道整備からの許容値 ①沈下量±5mm（10mにつき） ②傾斜量±5分 (2)構造物からの許容値 ①構造物の許容値は、構造形式、鉄筋量、寸法その他により耐力に違いがあるため、抵抗モーメントにより検討する。 ②構造物の許容応力度により検討する。 解 説 (1)駅部のような構造は一般に曲げ剛性も大きく、僅かな変位でもトンネルに生ずる曲げ応力は大きなものとなる。このような場合には一般に構造物の抵抗モーメント法により耐力の検討を行うこととする。 一方、一般のトンネルやシールドの場合には比較的変位を許容することができる。このような場合構造物の安全確認は許容応力度法又は抵抗モーメント法により検討を行うこととする。 (2)地下鉄構造物が変位を伴わない部分的な集中荷重を受ける場合には許容応力度法により検討を行うこととする。 ※営業線各線における構造物の許容応力度については準拠図書に詳細が示されているので参照のこと。
線区の区分（通過 頻度等で決まる線路等級）																																																												
狂いの種別	1級線	2級線	3級線	4級線																																																								
軌間	直線および半径600mをこえる区間			20(14)																																																								
	半径200m以上600mまで			25(19)																																																								
	半径200m未満			20(14)																																																								
高低 (mm/10m)	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)																																																								
通り (mm/10m)	23(15)	25(17)	27(19)	30(22)																																																								
平面性 (mm/5m)	23(18)（カントの過減量を含む）																																																											
速度	245km/h	210km/h	160km/h	110km/h	70km/h	記事																																																						
高低	11mm以上	13mm以上	15mm以上	20mm以上	24mm以上	10m弦																																																						
通り	7mm以上	8mm以上	9mm以上	11mm以上	13mm以上																																																							
管理値	計測管理に先立ち、列車運転の安全、安全輸送ならびに既設構造物の安全性を考慮して、管理値を定めなければならない。 近接工事を安全に施工するために、軌道および既設構造物の変位・変形に対して、原則として以下に示す警戒値・工事中止値・限界値の3段階の管理値を定め計測管理を行う必要がある。 【警戒値】：当該工事をこの値以下で施工するための目標値であるとともに、警戒すべき値。 【工事中止値】：この値は施工中の工事を一旦中止する値。 【限界値】：この値は施工中の工事を一旦中止するとともに直ちに徐行または列車抑止手配を行う値。	工事中の構造物の安全を図るため構造物の許容変位量を基準とした管理値を設定し入念な施工管理を行うこととした。 地下鉄構造物が、この管理値以内であっても構造式、種別、老朽度等によっては構造工対等が必要となる場合があるので変位の進行状況を良く分析し対応する必要がある。 ①軌道整備上 （イ）沈下量±3.5mm（10mにつき） （ロ）傾斜量±3.5分 安全の確認 工事中の計測値は下記の各段階に分けて安全性の確認を行う。 ①管理値～許容値以内・・・要注意 ②許容値以上・・・要対策 ③異常値・・・緊急対策 「解説」 ・管理値～許容値以内：各計測データの分析と施工状況との対比を行う。解析上、施工上の問題点の有無を確認する。 ・許容値以上：変位に直接影響を及ぼす工事は直ちに中止し原因の究明と対策を講ずる。計測機器（取付を含む）と施工現場の点検を行い、施工方法、施工手順等の精査を行う。更に計画段階で求めた予測値の解析条件（土質定数等）を現場条件と合わせ修正予測計算を行う。再計算の結果修正予測値が管理値を越える場合には補助工法の追加や部分的な施工方法の変更等の対策を含めて再計算を行い管理値内に収まることを確認したうえ工事を再開する。 ・異常値： 計測中に異常な計測データが生じた場合には、その異常値が計測器類の異常によるものか否かを点検する。この場合異常値が工事に危険であると判明した場合には直ちに工事を一時中止し緊急対策を行い事故防止に努める。																																																										

表—2.5 (続き)

企業体	首都高速道路株式会社	東京電力株式会社
準拠図書	・首都高速道路に近接する構造物の施工指導要領書(案) 1982年4月	・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年11月
許容変位設定に関する基本方針	近接施工に伴う既設構造物基礎の変位量はその構造物の強度上および機能上から決まる許容値量を超えてはならない。近接施工に伴う既設構造物の変位は新設構造物の施工に伴う地盤変位の影響から基礎構造物を通じ生ずるものと考え、それによって上部構造に対しては支点沈下、また橋脚では柱下端の変位となってあらわれラーメン橋脚のような不静定構造物では断面力が付加される。これらはいずれも基礎構造物の杭頭変位がわかれば付加応力はすぐ求められる。したがって近接施工による既設構造物への影響を調べるためには、基礎構造物の変位量を知る必要があり、部材の応力、機能を検討することにより既設構造物基礎の許容変位量が確定する。	近接工事に先立って既設構造物の構造上および機能上から決まる許容変位量は、既設構造物管理者と協議のうえ決定し、設計施工の標準とする。なお近接程度の判定は近接程度を知るうえでの目安であり、設計および施工中の管理の点より許容変位量を定める必要がある。
許容値	・許容変位量の検討 近接施工に伴う既設構造物基礎の変位量はその構造物の強度上および機能上から決まる許容値量を超えてはならない。近接程度の範囲区分は、近接程度を知る上での概略目安であり、施工に伴う既設構造物の変位の程度を示しているものとは異なる。 この既設構造物の変位を推定することは ①既設構造物の変位の程度の定量的評価があった方が対策がたて易いこと ②当事者間で協議する際もその変位の程度を共通のベースとすることができること ③計測結果との比較により今後の事前にその技術をフィードバックすることが可能となり技術の進歩に役立つこと など、近接施工の基本となる事項である。 既設構造物の許容変位量は基礎構造に着目することで、以下の理由による。 既設構造物の許容変位量は事前調査の調査結果をもとに新設構造物の設計・施工条件から試算し推定するのが原則である。通常の構造形式や近接程度が要注意範囲に区分されるものおよび既設構造物の諸元が不明確なもの等については許容値推定の煩雑さをなくすために常時の許容値程度を目安にすることが考えられる。	既設構造物の許容変位量は通常、構造物の種別、基礎形式、地盤の支持条件、設計荷重、構造物の老朽度等により相違があり、また管理者によっても異なっている。そこで以下1)～4)に示す理由により一般的な目安とすべき計算上の許容変位量を別途与えることとした。 1)既設構造物の変位の程度について、適当な目安があった方が対策を立てやすいこと 2)当事者間で近接工事の協定を行う際に、その変位の程度を共通のベースとすることができること 3)許容変位量算出の際に用いる諸物性値の評価が難しいこと 4)構造形式や既設構造物の緒元が不明確なもの等については、許容変位量推定の繁雑さをなくすことができること ・許容変位量 既設構造物の構造上および機能上から決定される許容変位量は、各管理者との協議の上決定することを基本とするが、既設構造物の基礎において平変位量10mm程度、鉛直変位量5mm程度が標準と考えられる。これは入念な設計、施工管理を行った過去の近接工事の施工例からみれば、計算結果がこの程度の値であれば、既設構造物に対してほとんど影響がないと考えられる。
管理値	基礎等の構造躯体の許容応力度(許容値)未滿。	計測管理は許容変位量、ならびに変位の推定値に基づき、施工各段階における管理値を定めて行う。

業者が、また施工は建設会社が実施しており、3者の密接な連携が必要である。

また、近接施工に際しては、既設構造物の管理者と新設構造物の施工者が、一体となって取組むことが必要である。許容値や管理値は、お互いの技術者が協議し、純粋に技術的な観点から合理的かつ実用的に設定すべきものである。近接施工技術検討会などの技術者協議の場を設けるとともに、技術的な議論を可能とするためには、管理者側、施工者側双方の技術者の更なるレベルアップが必要となる。

最後に、近接施工における協議内容や施工記録、計測記録を可能な限り公表し、産・官・学の多方面から検討を加えることにより、従来の経験工学的な面を脱却して、理論に裏付けられた総合技術として確立されることを希望したい。

参 考 文 献

- 1) 杉本隆男：都市の地下工事，土と基礎，Vol. 47, No. 7, pp. 1～4, 1999.
- 2) 宮崎祐助：根切り山留めの技術開発，土と基礎，Vol. 45, No. 10, pp. 1～4, 1997.
- 3) 橋本正治：山留め工事の事故と予防，基礎工，Vol. 22, No. 2, pp. 2～9, 1994.
- 4) 日本建築学会山留め設計小委員会：委員会報告Ⅲ（近接施工の影響評価と対策），シンポジウム「山留め設計の諸課題」，pp. 103～111, 2006.
- 5) 日本建築学会：山留め設計施工指針，第5章 周辺への影響検討，pp. 226～234, 2002.
- 6) 日本建築学会：山留め設計施工指針，第3章 根切り山留めの計画，p. 60, 2002.
- 7) 近接施工技術総覧編集委員会：近接施工技術総覧，産業技術サービスセンター，p. 88, 1997.
- 8) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，pp. 152～154, 2001.
- 9) 日本建築学会山留め設計小委員会：委員会報告Ⅲ（近接施工の影響評価と対策），シンポジウム「山留め設計の諸課題」，pp. 121～127, 2006.
- 10) 東日本旅客鉄道：近接工事の設計施工に関する参考資料（標準改定案），p. 96, 1997.
- 11) 東日本旅客鉄道：近接工事設計施工標準，p. 97, 1999.