

やってはいけない 地盤補強の設計例

2016 年 9 月

はじめに

一般社団法人地盤優良事業者連合会（地優連）は、2015 年 1 月 16 日に設立し、2016 年 1 月に『地優連地盤判定基準書』を発行した。

この『地優連地盤判定基準書』は、地盤調査・解析・判定を行うために必要な調査員および判定員の資格や、地盤調査内容、住宅地盤における危険因子の抽出（地質・土質・造成地盤）、地盤解析手法（沈下・変形）、総合判定（沈下量・傾斜角・支持力度）等について詳細に記載したものである。

本書は、『地優連地盤判定基準書』をうけ、次のステップとして地盤補強の設計に関して記述している。『やってはいけない地盤補強の設計例』という題名の通り、不同沈下抑止のために行う地盤補強設計について注意すべき点について記載している。本書にない基本的な内容については、NP0 住宅地盤品質協会発行の『住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書』を参照されたい。

本書の構成としては、4 つの地盤補強手法に分類し、各々について【やってはいけない設計】、【適切な設計】を記載している。この 4 つの地盤補強手法および適用工法は以下の通りであり、適用工法に記載のない工法は基本的に地優連地盤品質保証制度（以下、地優連保証制度）の対象外である。

I. 面的地盤補強

適用工法：表層地盤改良

II. 杭状地盤補強（既製系）

適用工法：小口径鋼管、小口径既製コンクリートパイル、木杭

III. 杭状地盤補強（現場造成系）

適用工法：湿式柱状地盤改良（芯材入含む）、小口径場所打ち無筋コンクリート（モルタル・セメントミルク）杭

IV. 複合地盤補強

適用工法：細径鋼管、芯材入湿式柱状改良、木杭、ケーシングを有する砕石パイル、小口径場所打ち無筋コンクリート（モルタル・セメントミルク）杭

※いずれの工法も無条件に適用可能というものではなく、地盤条件等に合わせて、適切な設計計画がなされていることが条件となる。

地優連保証制度は、常時における地盤調査・地盤補強に起因する不同沈下事故に対するものであり、地震時（液状化含む）は対象外となっているが、小規模建築物の地震時（中地震時）の安全性は本年の熊本地震以降さらに重要視されてきている。本書に設計例は記されていないが、保証対象の有無に関係なく、地震時の地盤検討は必要となってきた。

また、地震時に起こる現象である液状化については、東日本大震災以降、小規模建築物を対象に各方面で研究されてきたが、本年 8 月に一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会より『住宅を対象とした液状化調査・対策の手引書』が発行され、中地震時の液状化対策としての地盤補強の実務的設計方法が初めて示された。

本書では、地優連保証制度の範囲外であるものの、少しでも液状化対策に有効な設計ができるようになればと思い、上記資料の一部を巻末に紹介しているので、参考にして頂きたい。

地優連は「地盤品質確保の全国ネットワーク」というキャッチフレーズを持つ。まず最初に地盤調査の品質確保手段として「地優連統一地盤判定基準」を作成した。本書は地盤補強工事の品質確保のための第一弾である。こうした地優連の技術的活動が不同沈下リスクの軽減に役立つことを切に願っている。

2016 年 9 月

地盤優良事業者連合会技術委員会

目次

はじめに

I. 面的地盤補強

- I-1 新規盛土地盤における設計
- I-2 有機質土地盤における設計
- I-3 部分的な表層改良の設計
- I-4 近接施工が想定される場合の設計

II. 杭状地盤補強（既製系）

- II-1 新規盛土地盤における設計
- II-2 新規埋土地盤における設計
- II-3 中間層が存在する場合の設計
- II-4 先行掘削が必要な地盤における設計
- II-5 施工機能力を超えた設計仕様

III. 杭状地盤補強（現場造成系）

- III-1 新規盛土地盤における設計
- III-2 新規埋土地盤における設計
- III-3 有機質土地盤における設計
- III-4 中間層が存在する場合の設計
- III-5 傾斜地における設計
- III-6 先行掘削が必要な地盤における設計

IV. 複合地盤補強

- IV-1 新規盛土地盤における設計
- IV-2 新規埋土地盤における設計
- IV-3 有機質土が存在する地盤における設計
- IV-4 先行掘削が必要な地盤における設計

〈参考資料〉

- 参考-1 液状化地盤における杭状地盤補強の設計
- 参考-2 液状化地盤における複合地盤補強の考え方

I. 面的地盤補強

I-1 新規盛土地盤における設計

✖ やってはいけない設計

『新規盛土地盤の沈下を考慮していない設計』

〈解説〉

図 I-1-1 は約 2m の新規盛土に表層地盤改良厚を 1.0m で設計した例である。盛土の下部地盤はローム層で圧密沈下の恐れがないため、支持力確保を目的とした設計である。

しかし、新規盛土地盤では盛土自体が沈下する圧縮沈下についても考慮しなければならない。改良地盤下部に不適切な盛土材を使用した場合や、締まり具合が不均質な新規盛土が存在する場合には、不同沈下が生じる危険性が高い。

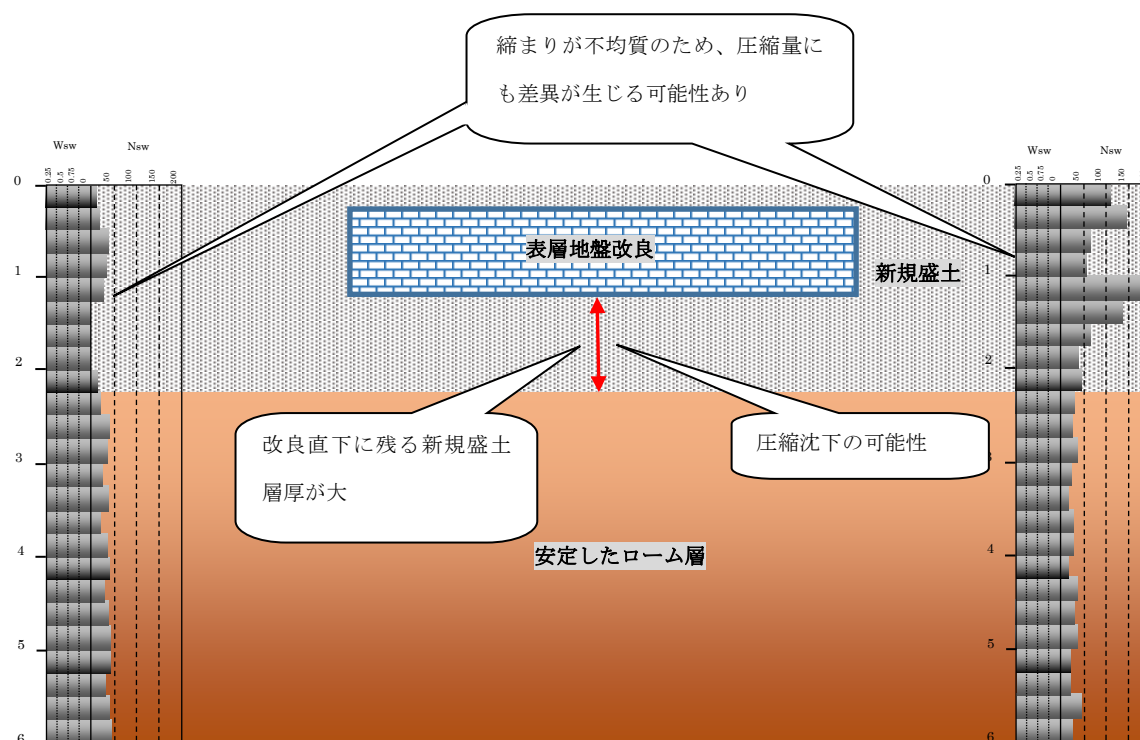


図 I-1-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『圧縮沈下および圧密沈下が懸念される層を全て改良する設計』

〈解説〉

不均質な新規盛土全体を表層地盤改良することにより、圧縮沈下による建物の変形を防ぐことができる（図 I-1-2）。

また、新規盛土下部に圧密沈下が懸念される層がある場合は、その層も含めて改良する（図 I-1-3）。

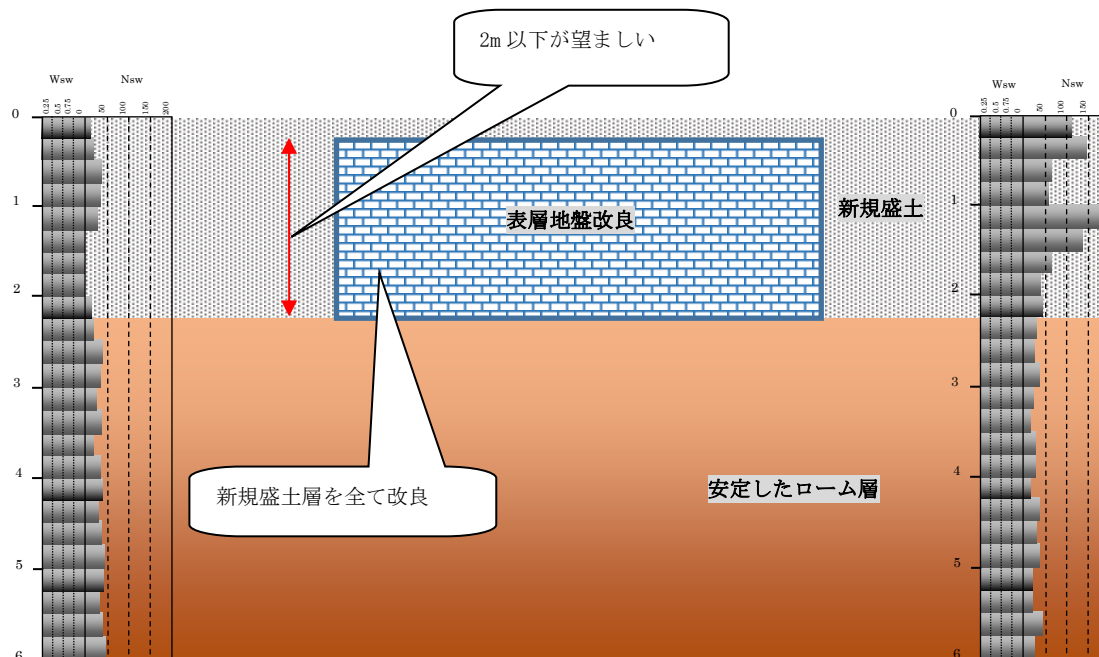


図 I-1-2 適切な設計例①

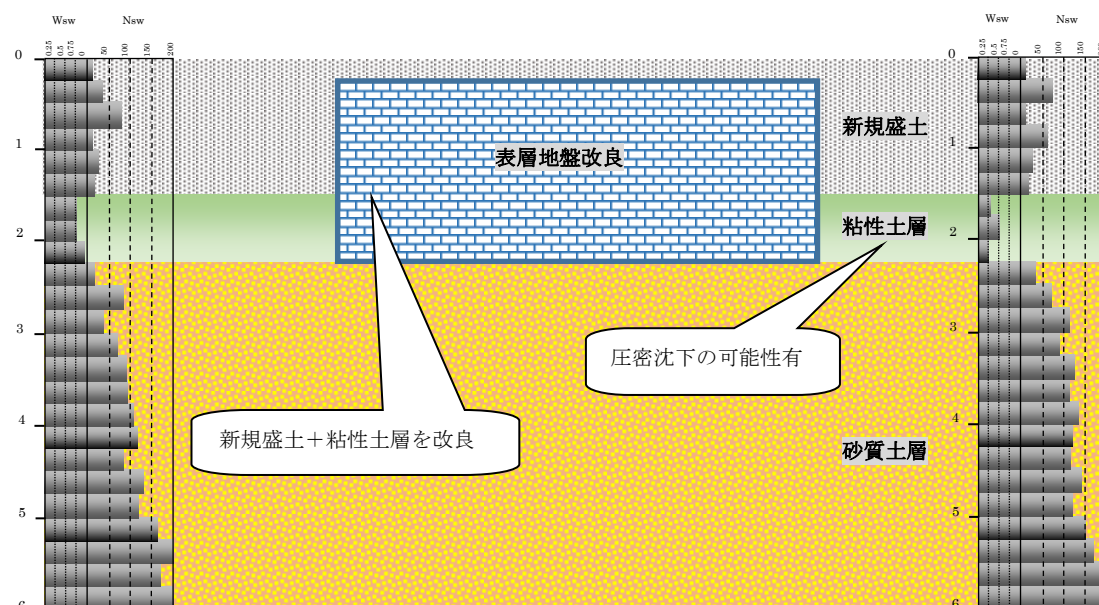


図 I-1-3 適切な設計例②

I-2 有機質土地盤における設計

✖やってはいけない設計

『下部地盤に有機質土が存在する地盤での設計』

〈解説〉

図 I-2-1 は下部に有機質土層が存在する地盤に表層地盤改良厚を 1.0m で設計した例である。サンプリングにより下部に有機質土が確認されたが、建替物件であるため圧密沈下は収束していると判断し、解体時の乱れによる支持力不足を補うため表層地盤改良にて設計している。

しかし、有機質土は長期にわたって圧密沈下が生じるため、土質試験にて圧密沈下の収束を確認していなければ、圧密沈下が生じる可能性が高いと考えられる。有機質土は圧密沈下量が大きいため、住宅建設後の不同沈下が生じた場合の被害も大きく、非常に危険な設計となる。

表層地盤改良工法の設計において、改良強度への影響が大きい改良対象内の有機質土の存在に注視しがちであるが、改良下部地盤に存在する有機質土層の存在も建物にとって非常に大きな問題である。

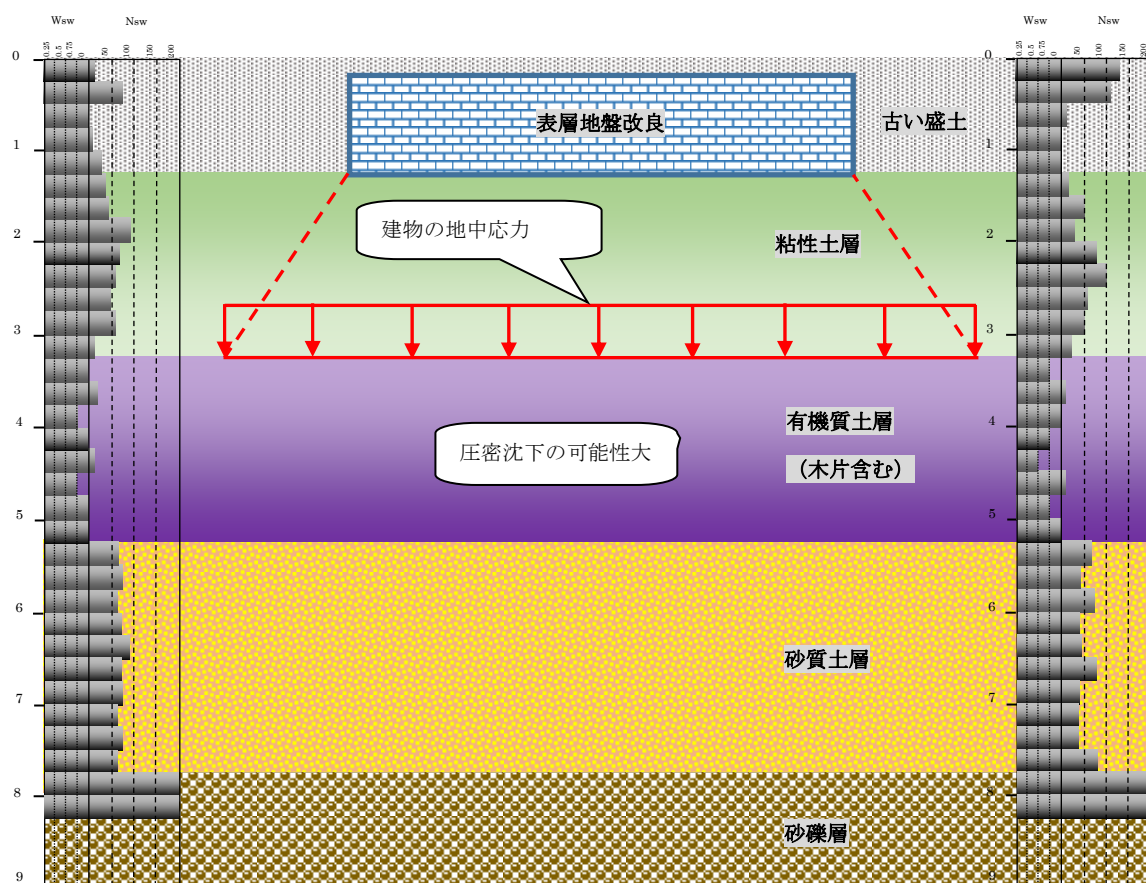


図 I-2-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『杭状地盤補強工法（既製系）とする設計』

〈解説〉

下部砂礫層まで固化不良の懸念がない小口径鋼管、小口径既製コンクリートパイル等の既製材を用いた杭状地盤補強工法とすることが望ましい（図 I-2-2）。ただし、有機質土での配合試験を実施し、所定の強度を確保できることが確認された場合は湿式柱状地盤改良による設計も可能である。

なお、支持力の考え方は、杭状地盤補強（現場造成系）Ⅲ-3 項に詳細を示す。

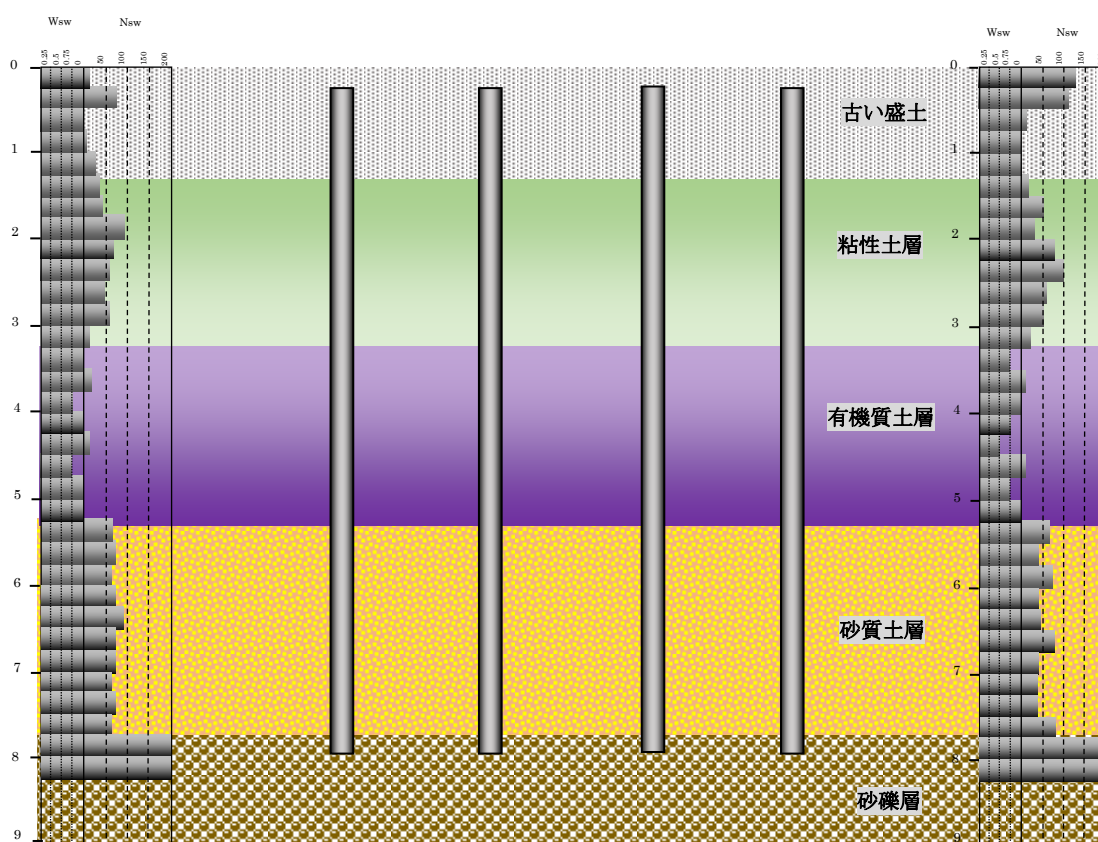


図 I-2-2 適切な設計例

I-3 部分的な表層改良の設計

✖ やってはいけない設計

『軟弱地盤範囲が明確でない部分改良の設計』

〈解説〉

解体後に擁壁を新設した古い宅地で地盤調査した結果、全 5 測点の中、擁壁に近い 1 測点で支持力不足となるデータが確認された。当初は、その測点周辺を部分的に表層地盤改良する設計計画とした（図 I-3-1）。

しかし、補足調査を追加した結果、支持力不足と判断される範囲は当初よりも広範囲であることが確認された。新規擁壁築造時および旧建物解体時に地盤が乱されたためである（図 I-3-2）。

このため、軟弱な範囲を十分に把握せず部分改良とすることは、危険な設計となる。

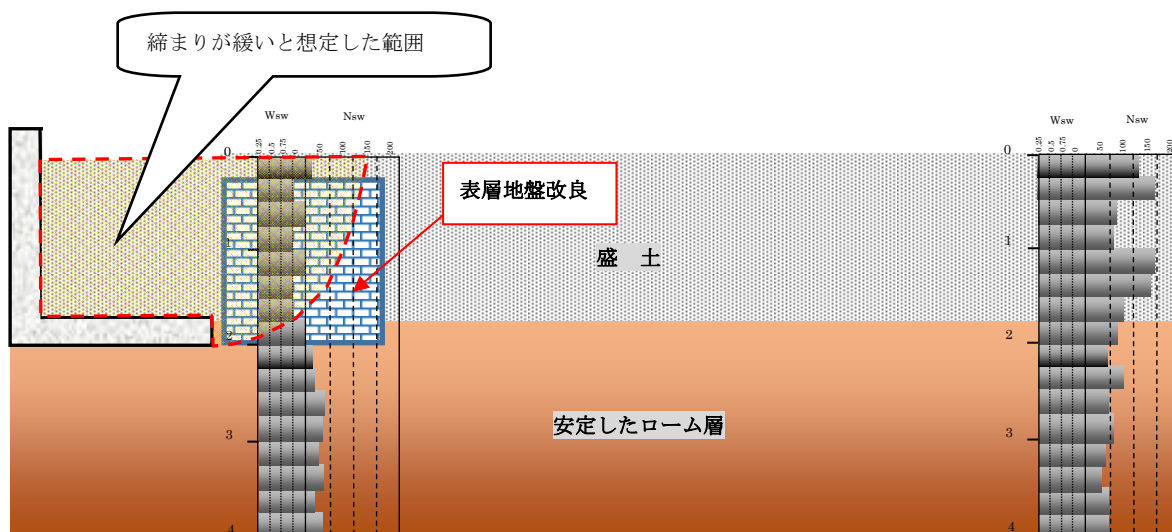


図 I-3-1 やってはいけない設計例①

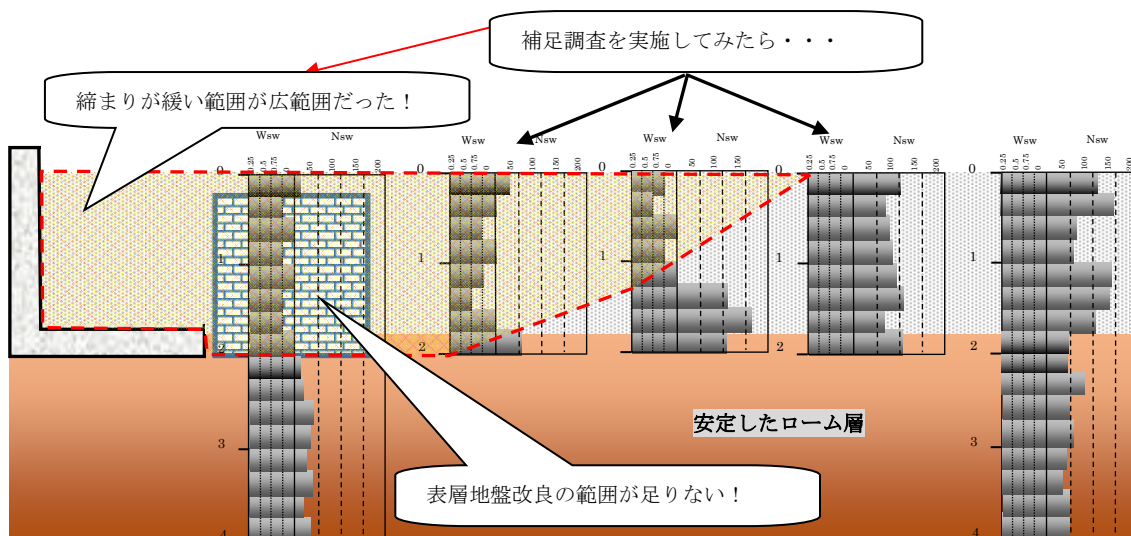


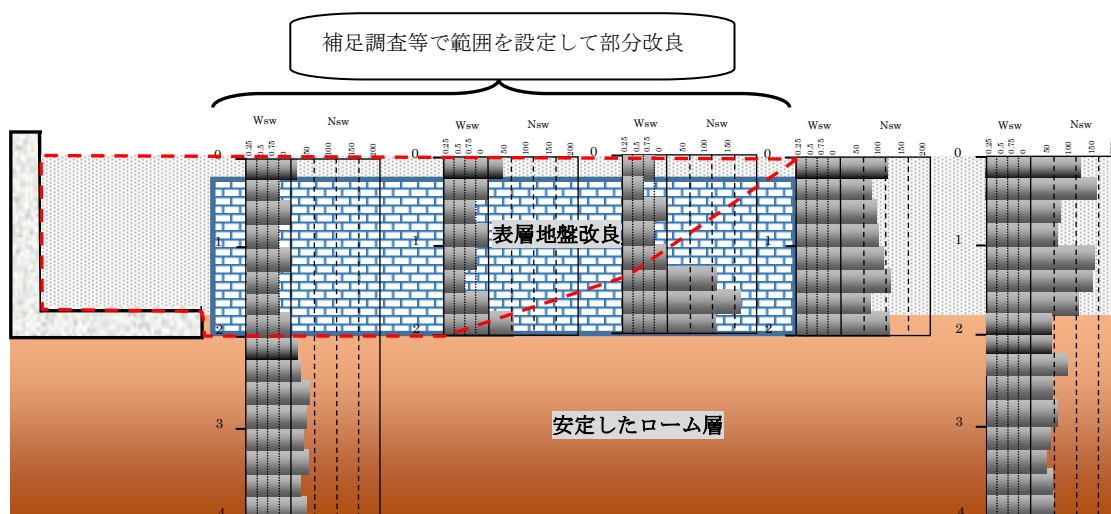
図 I-3-2 やってはいけない設計例②

◎適切な設計

『軟弱地盤の範囲を把握した上で改良範囲を設定する』

〈解説〉

敷地の一部などの局所的に軟弱な調査結果において設定する表層地盤改良の改良範囲は、軟弱地盤の範囲を特定できない場合には、安全側に、軟弱部から良好な調査結果を示す測点周辺までとしたり、あるいは建物全面としておく。また、補足調査や周辺状況等により軟弱な範囲を把握できる場合には改良範囲をさらに限定することが可能となる（図 I -3-3）。



I-4 近接施工が想定される場合の設計

✖ やってはいけない設計

『実際の施工範囲と異なる応力分散幅での設計』

〈解説〉

表層地盤改良は建物荷重を分散して原地盤に伝える工法であり、設計した応力分散幅まで改良する必要がある。

しかし、建物基礎が敷地境界に近接している場合、実施工範囲ではこの応力分散幅を確保できないことがある（図 I-4-1）。このような設計では、下部地盤に伝わる分散荷重を過小評価してしまうため危険である。

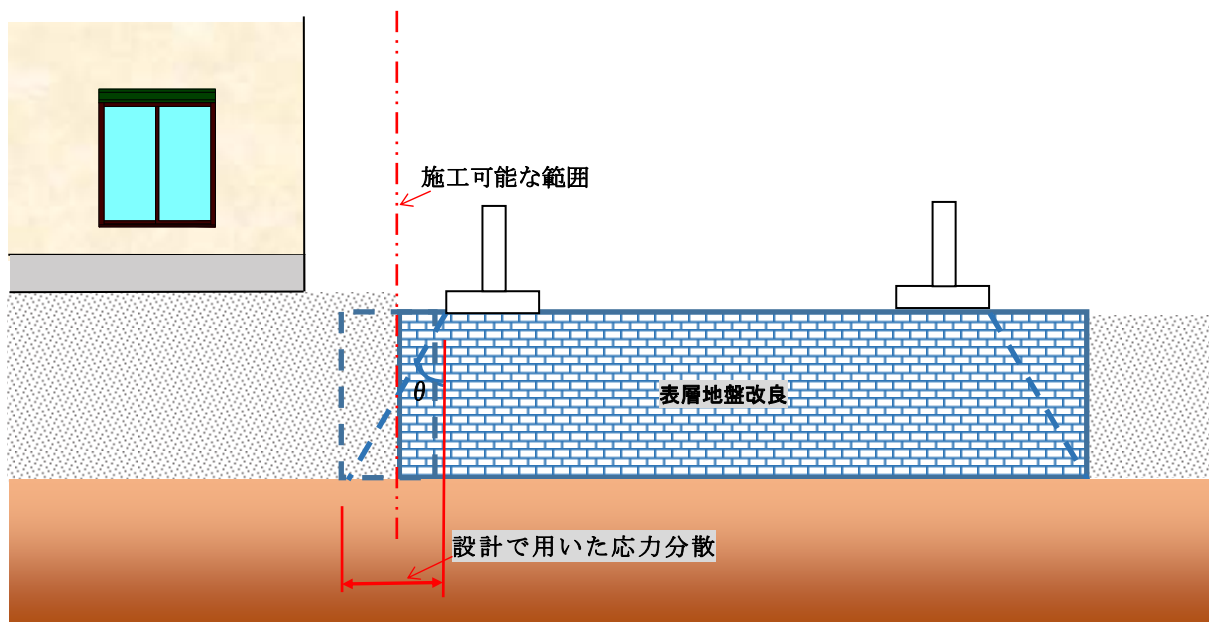


図 I-4-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『実施可能な施工範囲で応力分散幅を設定する』

〈解説〉

構造物が近接した場所における設計では、応力分散幅が確保できるかを確認し、一般的な応力分散幅が確保できない場合は、実際に施工できる範囲での応力分散幅を用いて設計を行う（図 I-4-2）。この場合、改良厚さは一般的な応力分散幅を用いた設計よりも大きくなる場合があるため、近接構造物に対する施工時の安全性について再検討する必要がある。

これらの設計において支持力が確保できない場合や、施工時の安全性が確保できない場合は、杭状地盤補強や複合地盤補強にて設計する（図 I-4-3）。

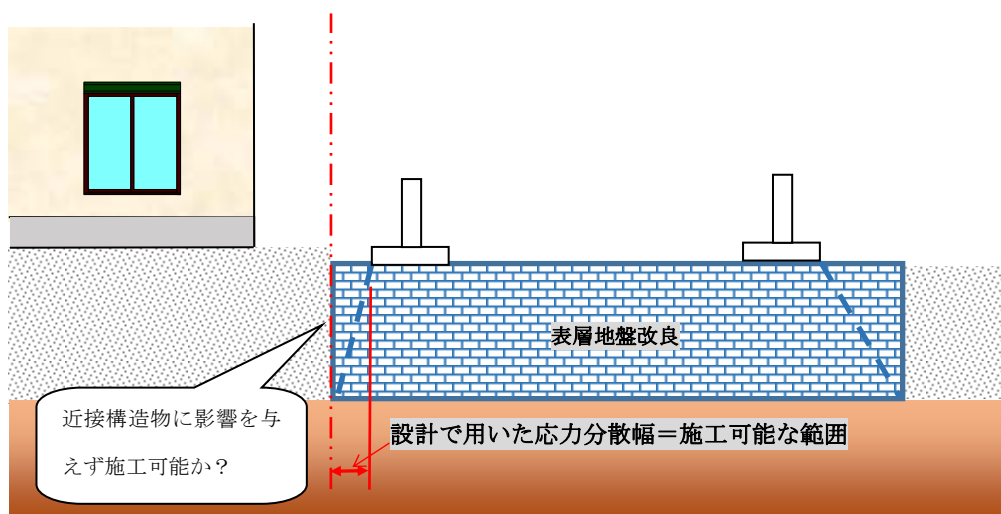


図 I-4-2 適切な設計例①

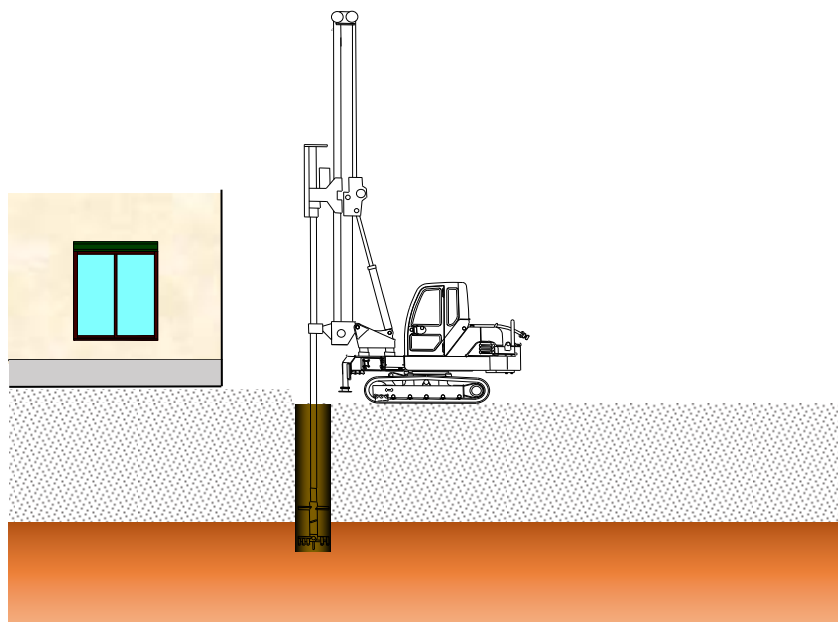


図 I-4-3 適切な設計例②

Ⅱ．杭状地盤補強（既製系）

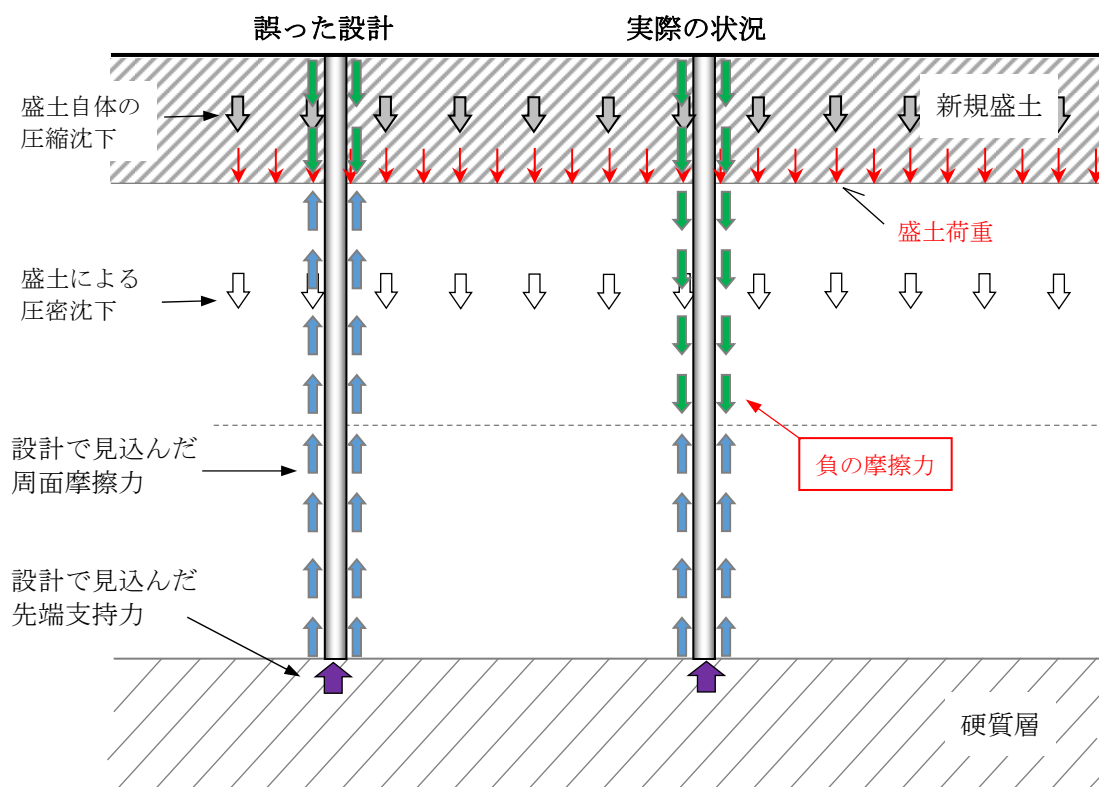
Ⅱ-1 新規盛土地盤における設計

✖やってはいけない設計

『新規盛土により圧密沈下が生じる部分の周面摩擦力を正の摩擦力として見込む設計』

〈解説〉

新規盛土は、摩擦力が見込めるような地盤ではなく、盛土自体の圧縮沈下により補強体に負の摩擦力が作用する。また、盛土により盛土下部地盤に圧密沈下が生じる場合にも、負の摩擦力が作用する。よって、新規盛土により圧密沈下が生じる部分を正の摩擦力として見込んだ設計をすると、本来、摩擦力を期待できない部分を正の摩擦力として設計するため、非常に危険な設計となる（図Ⅱ-1-1）。



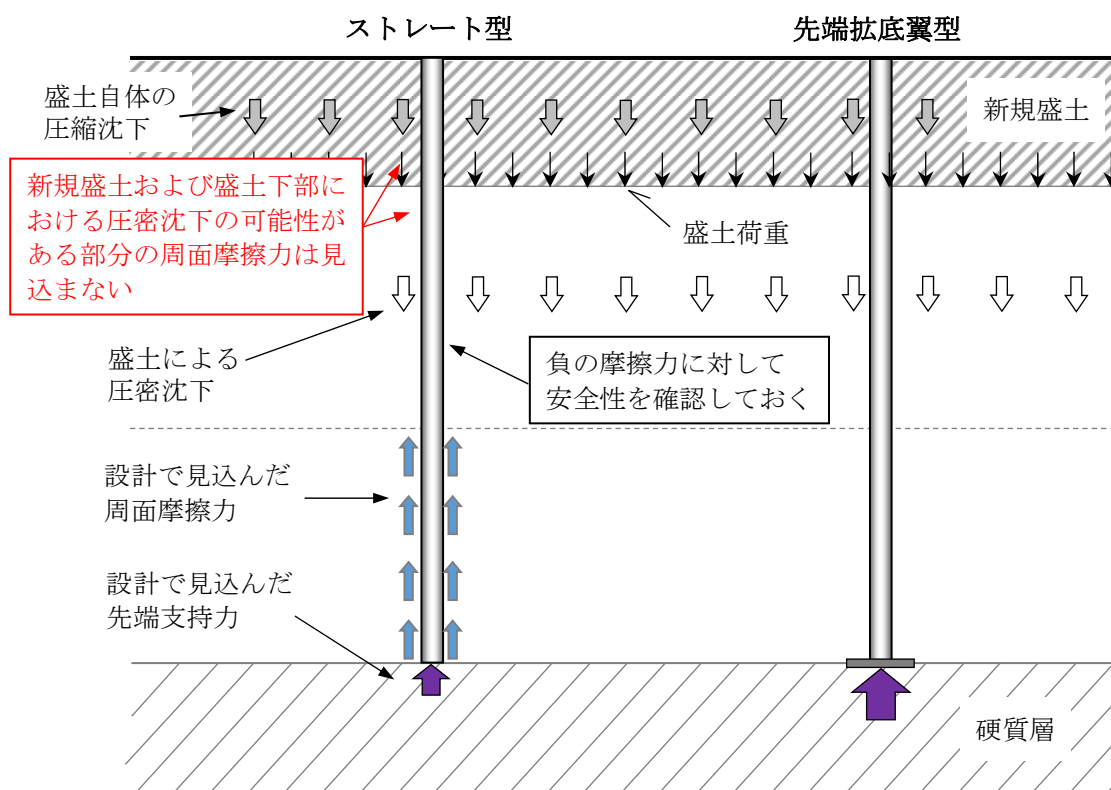
図Ⅱ-1-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『新規盛土下部における圧密沈下の可能性がある部分の摩擦力は見込まない設計』

〈解説〉

新規盛土および盛土下部における圧密沈下の可能性がある部分の摩擦力は見込まない設計とする。しかし、スウェーデン式サウンディング試験では盛土下部の圧密沈下の可能性がある部分を断定することは難しい。したがって、設計では安全側に周面摩擦力を考慮する部分をより少なく見込んだ設計とする（図Ⅱ-1-2）。また、周面摩擦力を一切考慮せず、先端支持力のみを考慮する場合には、より安全な設計といえる（図Ⅱ-1-2）。



図Ⅱ-1-2 適切な設計例

✖やってはいけない設計

〈解説〉

The diagram compares two scenarios for a pile foundation:

- 誤った設計 (Wrong Design):** Shows a pile with blue arrows indicating positive friction along its entire length, including the new fill. It assumes that the new fill provides friction and that the pile tip is on a hard layer.
- 実際の状況 (Actual Conditions):** Shows the same pile with green arrows indicating negative friction (downward drag) in the new fill. The pile tip is also on a hard layer.

Key labels and annotations:

- 新規埋土 (New Fill):** The upper layer of the ground.
- 硬質層 (Hard Layer):** The lower layer of the ground.
- 新規埋土は周面摩擦を見込めない (Cannot rely on perimeter friction of new fill):** A red box highlighting the design error.
- 圧縮沈下による負の摩擦力 (Negative friction due to compression settlement):** A red box explaining the cause of the negative friction in the actual condition.
- 見込んだ摩擦力 (Assumed friction):** Points to the blue arrows in the design.
- 見込んだ持力 (Assumed bearing capacity):** Points to the purple arrow at the pile tip in the design.

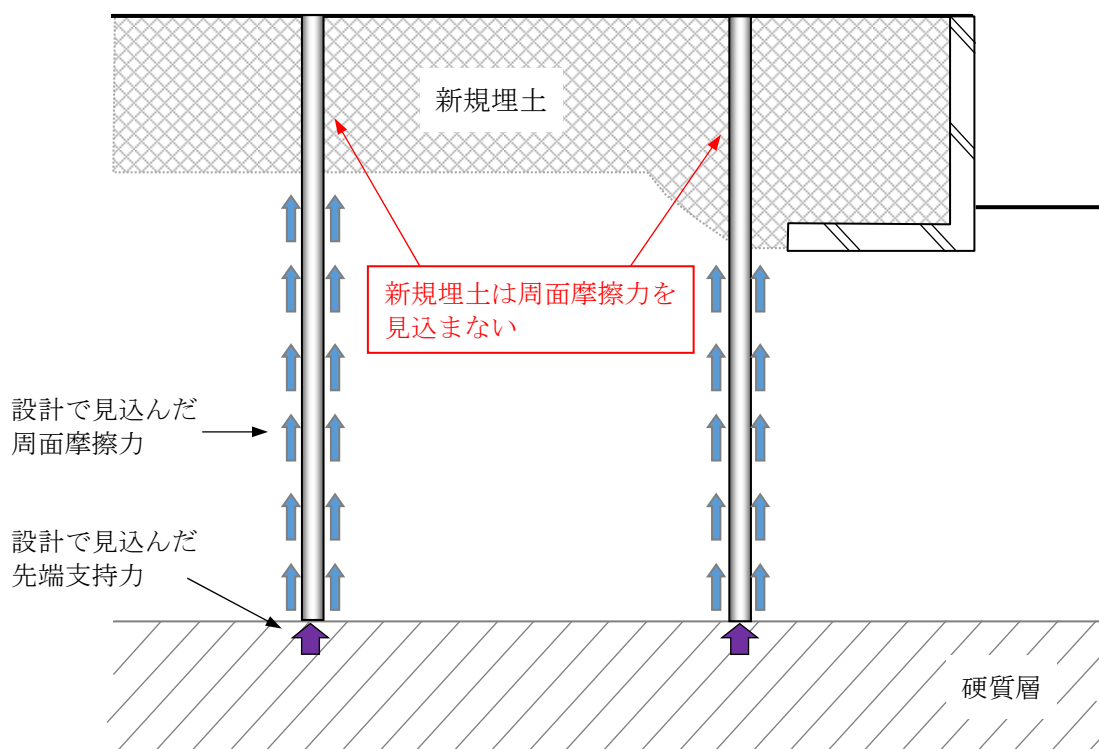
- 11 -

◎適切な設計

『新規埋土の摩擦力を見込まず、埋土地盤以深にて支持力を検討』

〈解説〉

新規埋土の摩擦力を見込まず、埋土地盤以深の支持力で建物荷重を支えられる計画とする（図Ⅱ-2-2）。また、埋土地盤の経過年数が不明瞭な場合は、摩擦力を考慮しないことが望ましい。



図Ⅱ-2-2 適切な設計例

Ⅱ-3 中間層が存在する場合の設計

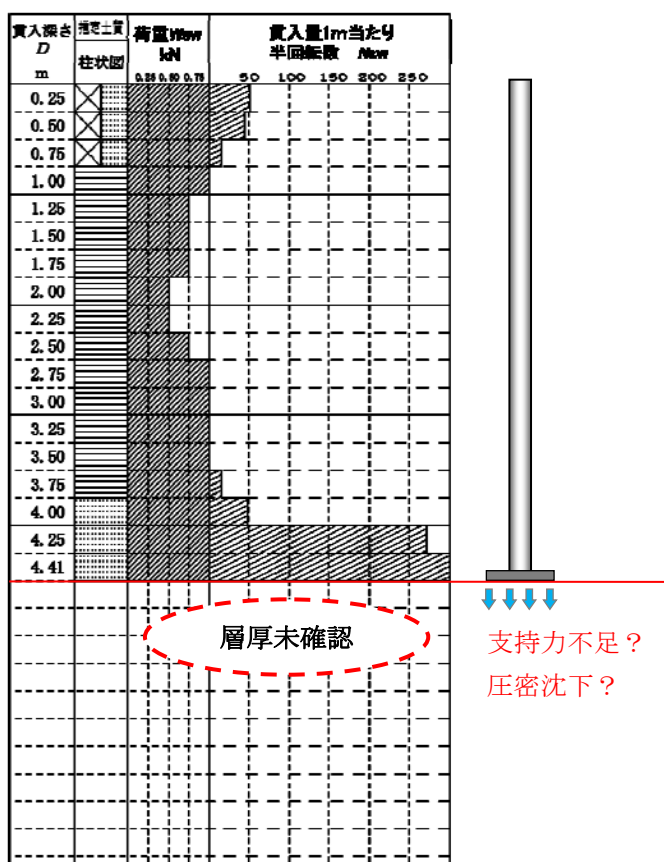
✖やってはいけない設計①

『層厚の確認ができてない地層に補強体を支持させる設計』

〈解説〉

層厚が薄い場合、先端地盤より下部の地盤が補強体より伝達される応力に対して支持力不足または圧密沈下を生じ、計画建物に不同沈下が生じる危険性が高い（図Ⅱ-3-1）。また、施工時に想定した先端地盤で打止め基準値に達せずに抜けてしまうことがある。

SWS 試験結果のみによる誤った設計



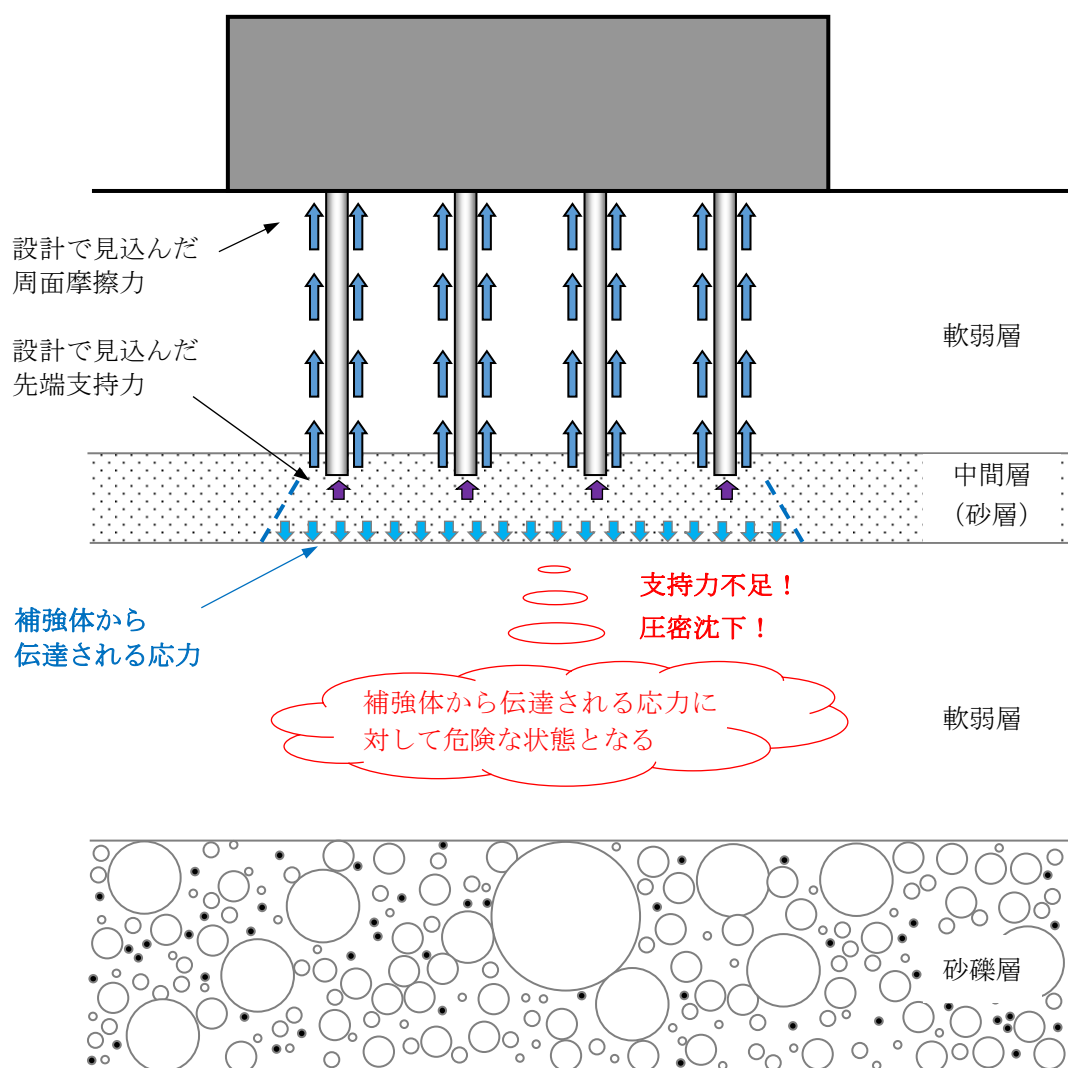
図Ⅱ-3-1 やってはいけない設計例

✖ やってはいけない設計②

『下部に安全性（支持力・圧密沈下）の確認できない軟弱層が存在する十分な層厚のない中間層で補強体を支持させる設計』

〈解説〉

補強体先端の中間層より下部の地盤が、補強体より伝達される応力に対して支持力不足または圧密沈下を生じ、計画建物に不同沈下が生じる危険性が高い（図Ⅱ-3-2）。特に、中間層の下部に有機質土層が存在する場合には危険性が非常に高い。



図Ⅱ-3-2 やってはいけない設計例

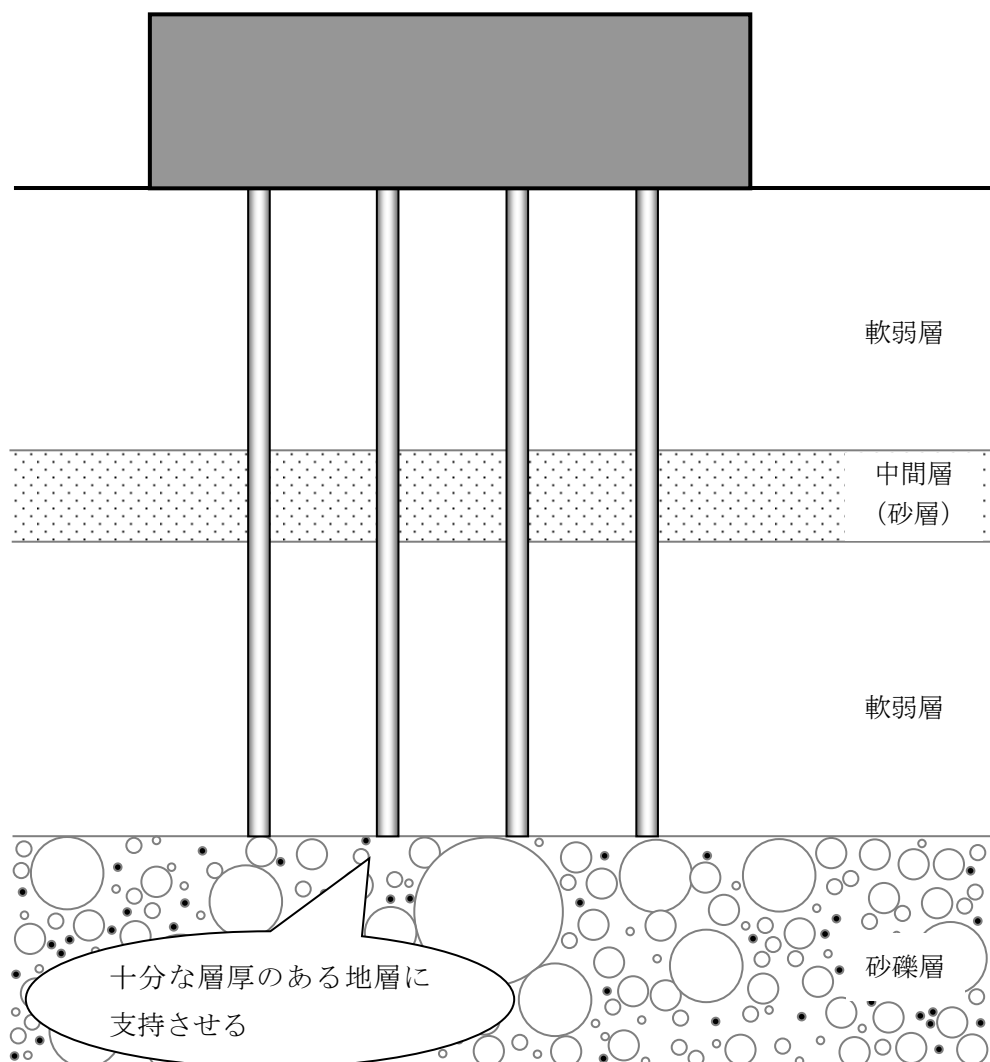
◎適切な設計

『補強体の先端は、十分な層厚のある地層に支持させる設計』

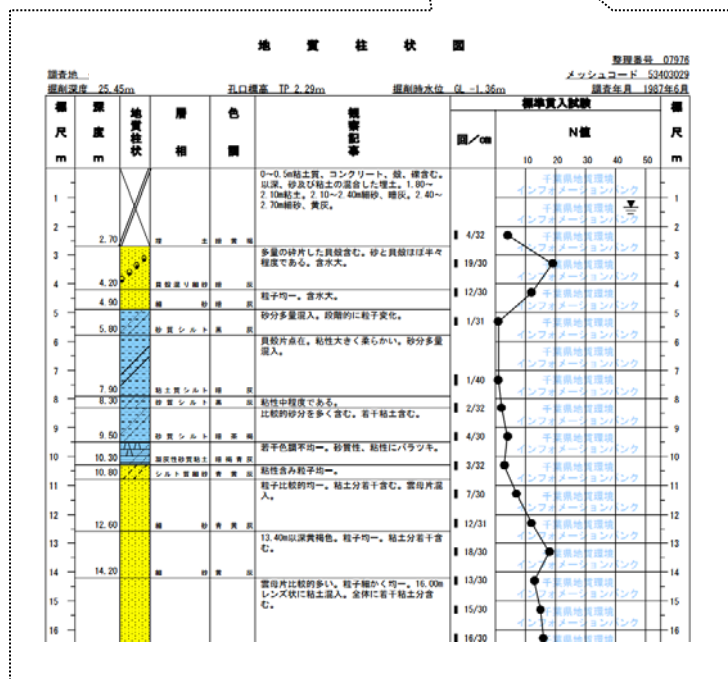
〈解説〉

補強体は、層厚が十分であることを確認した上で支持させる（図Ⅱ-3-3）。一般的な支持地盤の層厚の目安は、2m以上となっている（住宅地盤品質協会「住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書」より）。スウェーデン式サウンディング試験による支持地盤の層厚の確認ができない場合は、近隣のボーリングデータによる確認や、現地においてボーリング調査やラムサウンディングを実施して確認する（図Ⅱ-3-4）。

その他、中間層で支持させる場合、補強体から伝わる応力に対して中間層下部地盤の支持力および圧密沈下について安全性を確認する必要がある。



図Ⅱ-3-3 適切な設計例



図Ⅱ-3-4 公開されている近隣ボーリングデータの例（千葉県）

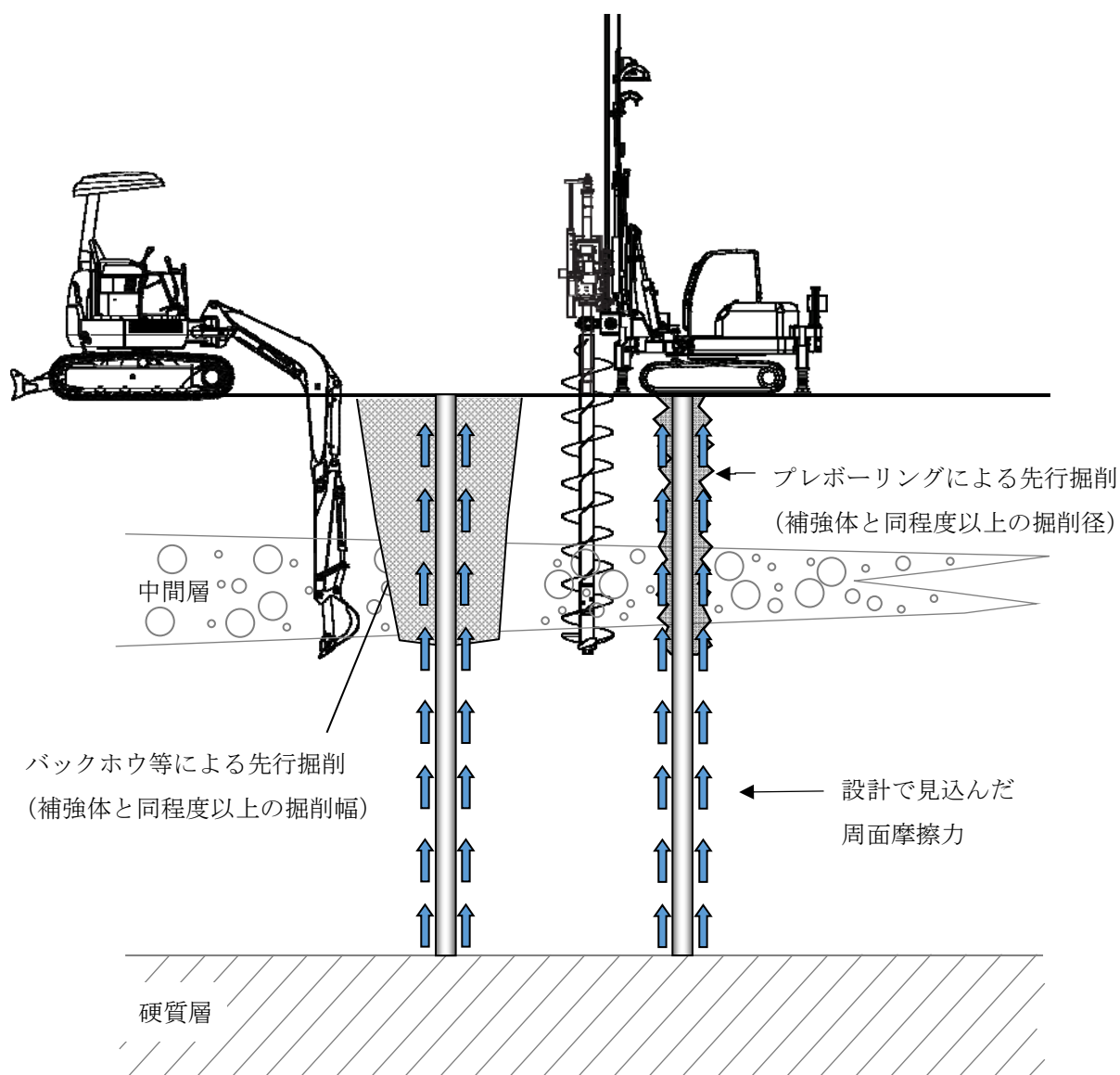
Ⅱ-4 先行掘削が必要な地盤における設計

✖やってはいけない設計

『先行掘削を行う予定区間の周面摩擦力を見込んだ設計』

〈解説〉

補強体と同程度以上の径（幅）で先行掘削（プレボーリング、バックホウ等）を行った地盤は乱されるため、先行掘削を行った区間は周面摩擦力を期待できない。したがって、先行掘削予定区間の周面摩擦力を見込む場合には、非常に危険な設計となる（図Ⅱ-4-1）。



図Ⅱ-4-1 やってはいけない設計例

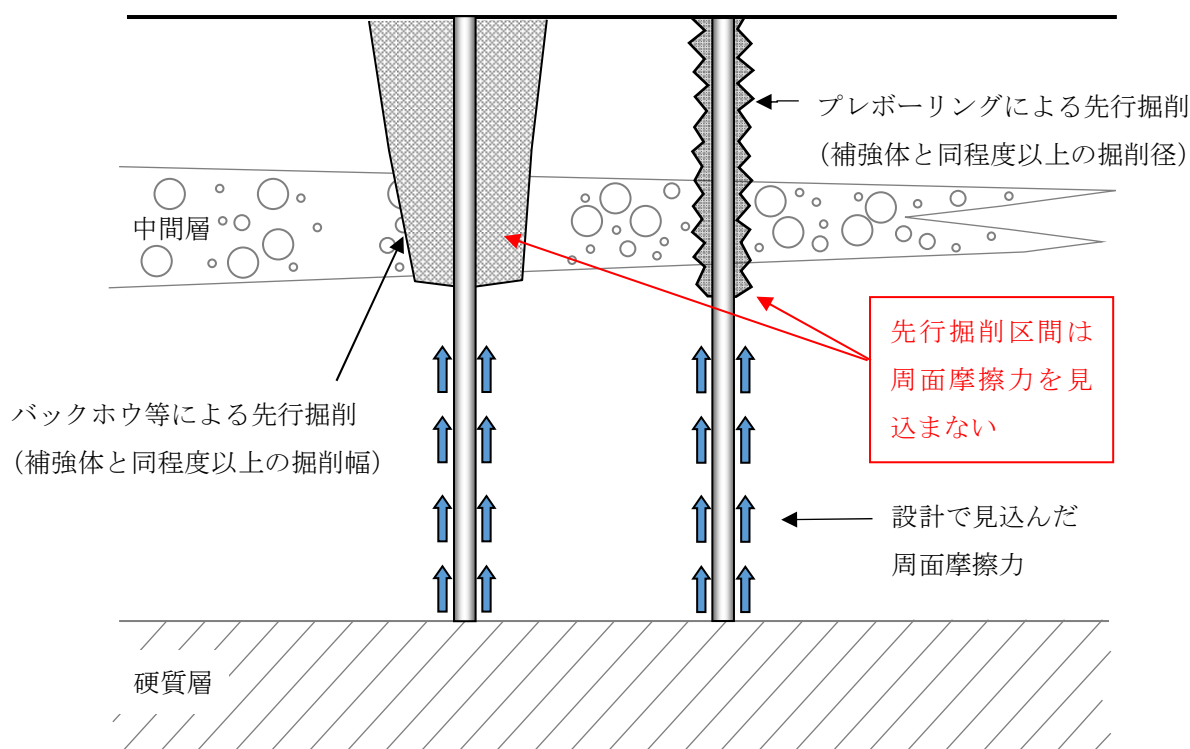
◎適切な設計

『先行掘削を行う可能性のある区間は周面摩擦力を見込まない設計』

〈解説〉

先行掘削を行う可能性のある区間は、あらかじめ周面摩擦力を見込まずに設計を行う（図Ⅱ-4-2）。また、設計者が判断した先行掘削範囲以上に施工者が先行掘削を行ってしまう場合もあるため、あらかじめ設計者と施工者との間で先行掘削範囲を確認しておくのが望ましい。

仮に、設計では周面摩擦力を見込んでいたが、やむをえず先行掘削を行った場合には、先行掘削を行った区間の周面摩擦力を見込まない計算として再設計を行い、補強体の本数が満足しているか確認する。支持力不足であれば、所定の支持力を確保するために増し打ちなどの対応を行う必要がある。



図Ⅱ-4-2 適切な設計例

Ⅱ-5 施工機能力を超えた設計仕様

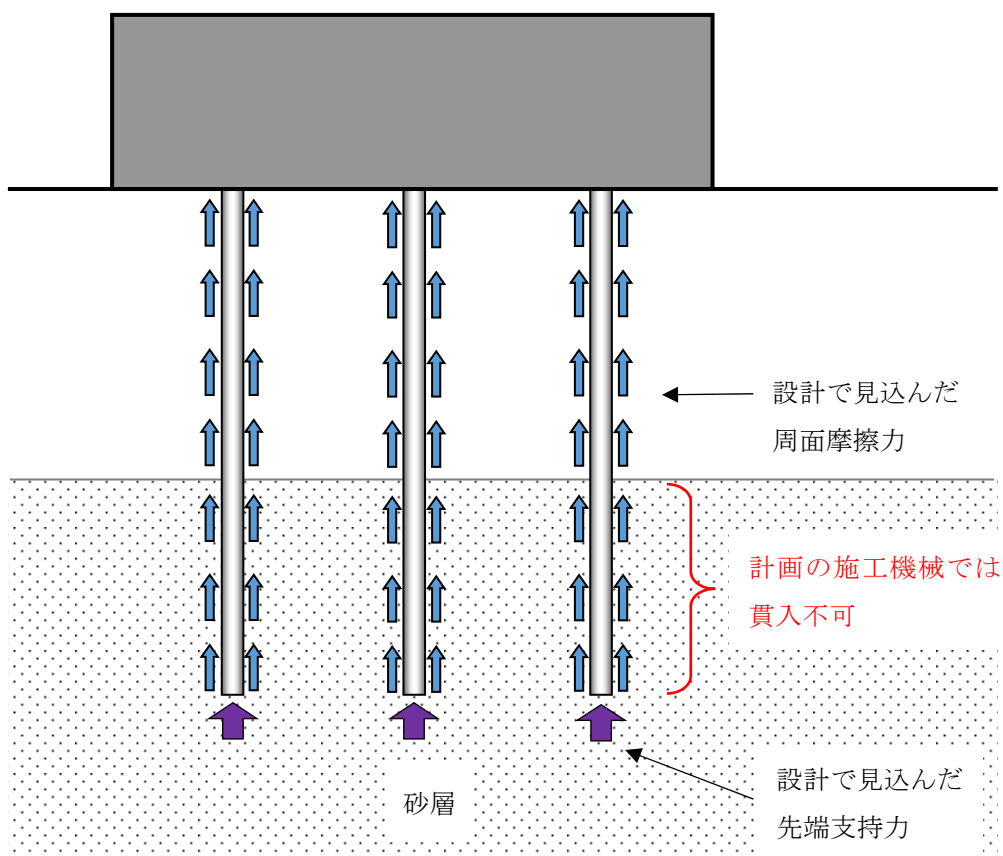
✖やってはいけない設計

『到達不可能な深度まで貫入させる設計』

〈解説〉

周面摩擦力を大きく期待する設計では、実際の施工で設計深度に到達できない場合、貫入不能区間の周面摩擦力を確保できないため、ストレート型では非常に危険な状態となる（図Ⅱ-5-1）。

また、先端支持力を大きく期待する設計では、設計深度（施工管理上の打ち止め深度）に到達できない場合、想定した先端支持力を確保することができないため、特に先端拡底翼型では非常に危険な状態となる（図Ⅱ-5-2）。



図Ⅱ-5-1 やってはいけない設計例①（ストレート型）

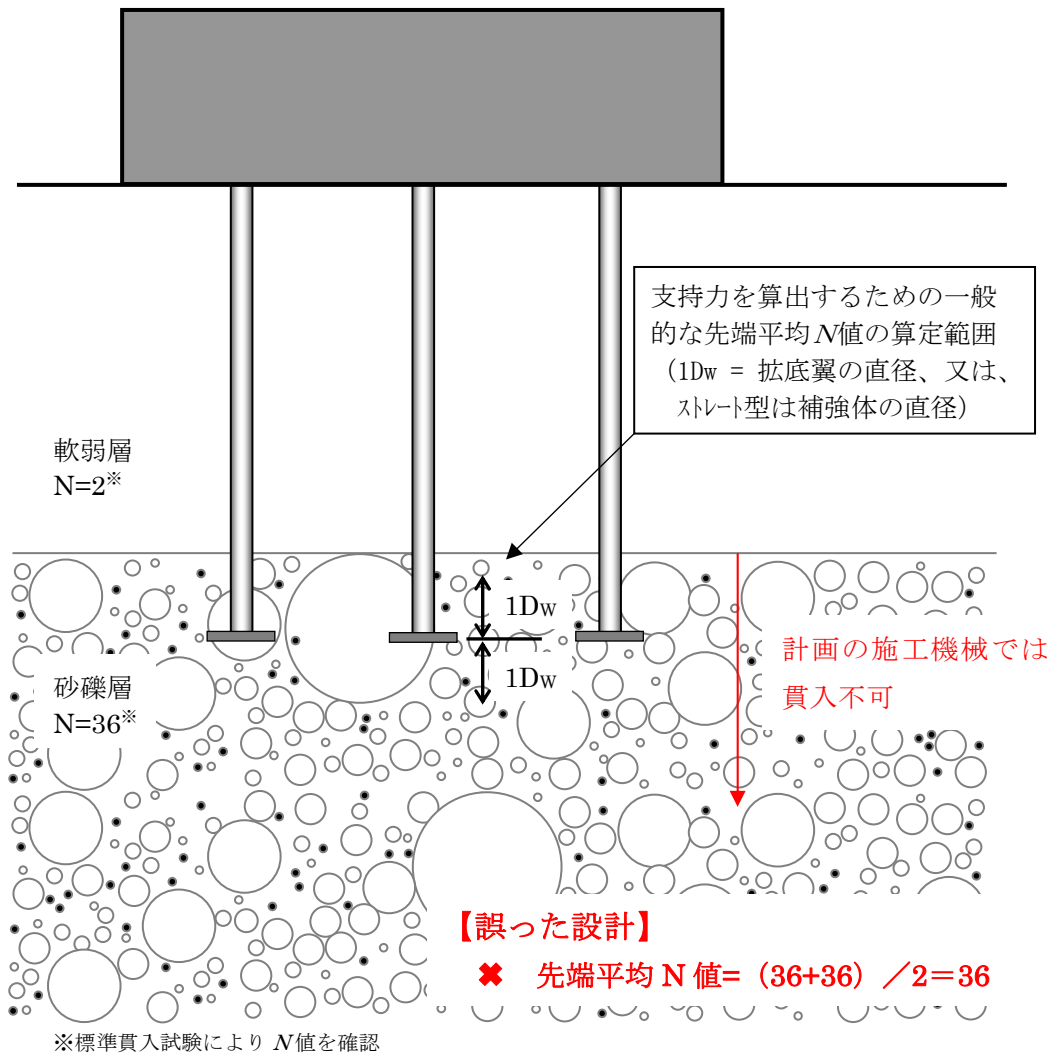


図 II-5-2 やってはいけない設計例②（先端拡底翼型）

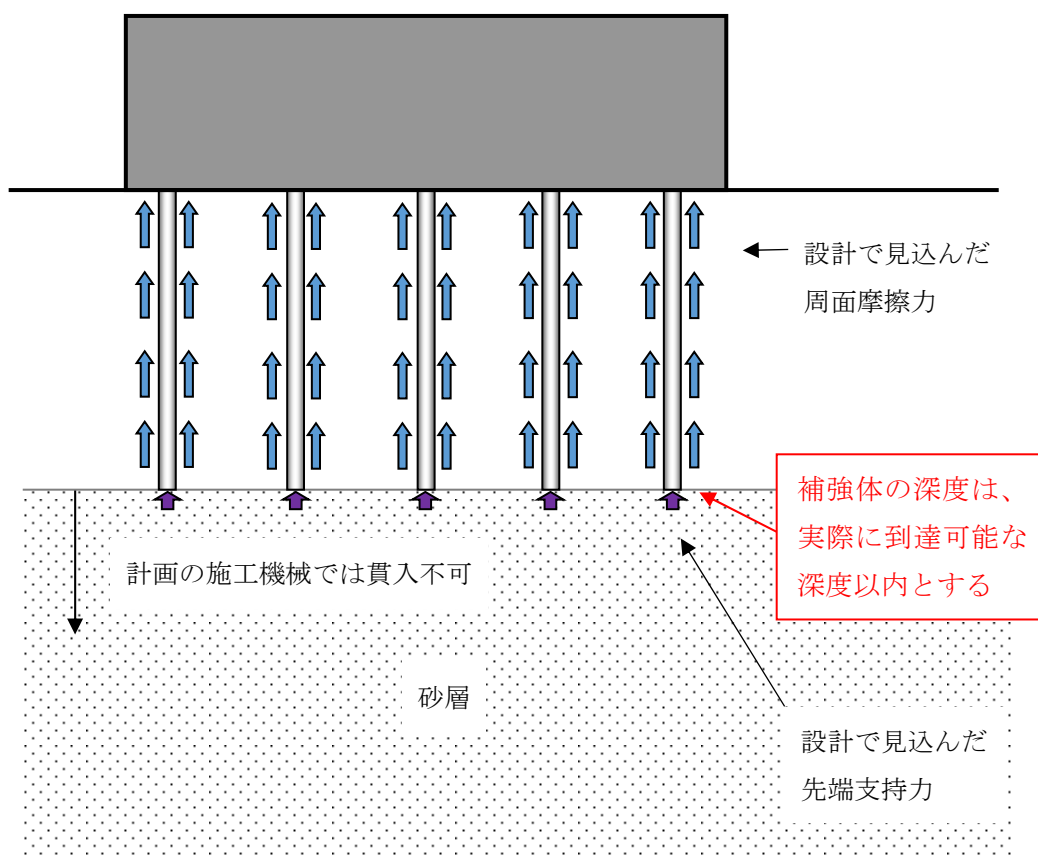
◎適切な設計

『施工機械の能力、地盤状況等を考慮し、到達可能な深度内にて設計』

〈解説〉

補強体の仕様は、施工機械の貫入能力、補強体の強度、地盤状況等を考慮し、実際に到達可能な深度以内として計画する（図Ⅱ-5-3、図Ⅱ-5-4）。

また、支持地盤の上端深度が多少上下すると予想される場合には、補強体長が短い状態でも所定の支持力を確保できることを確認しておく。



図Ⅱ-5-3 適切な設計例①（ストレート型）

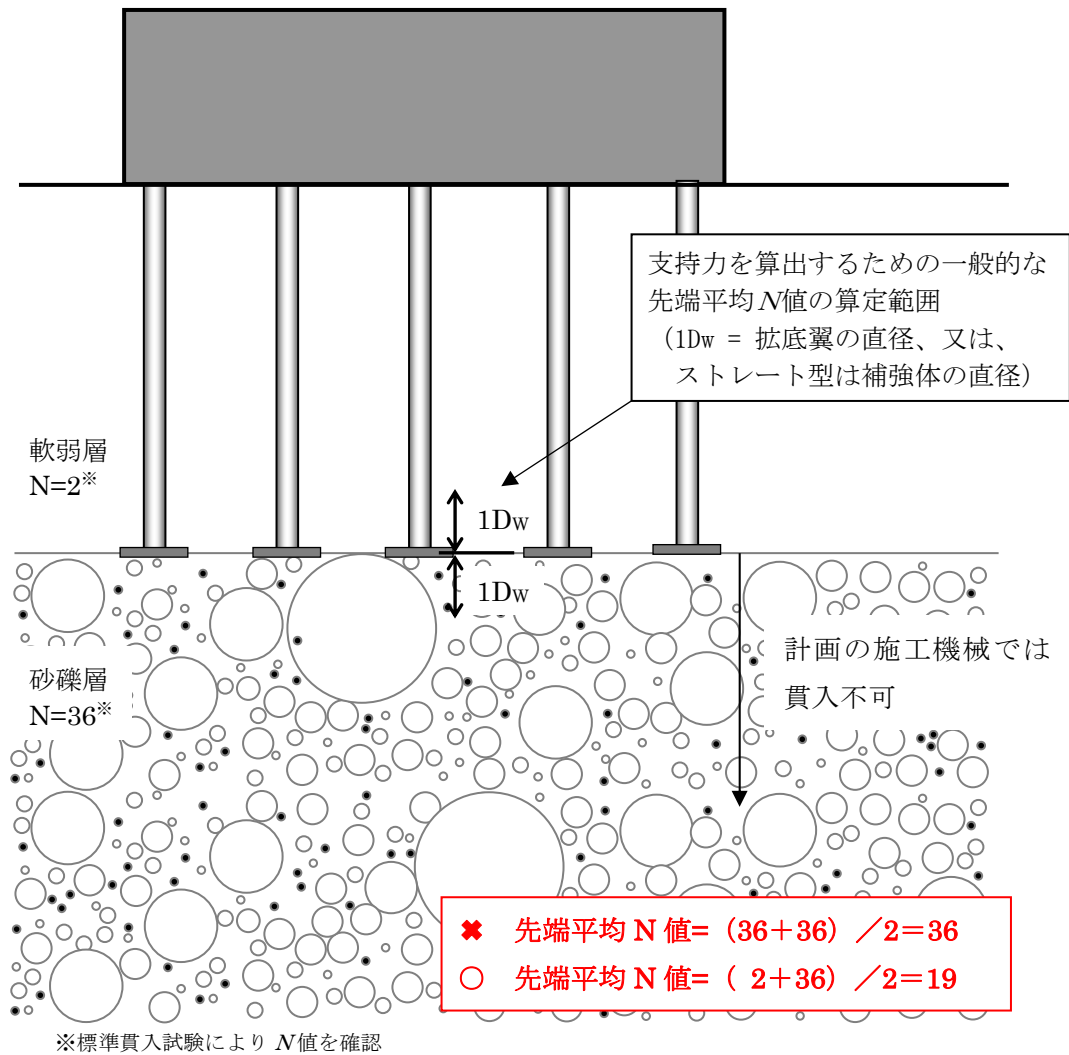
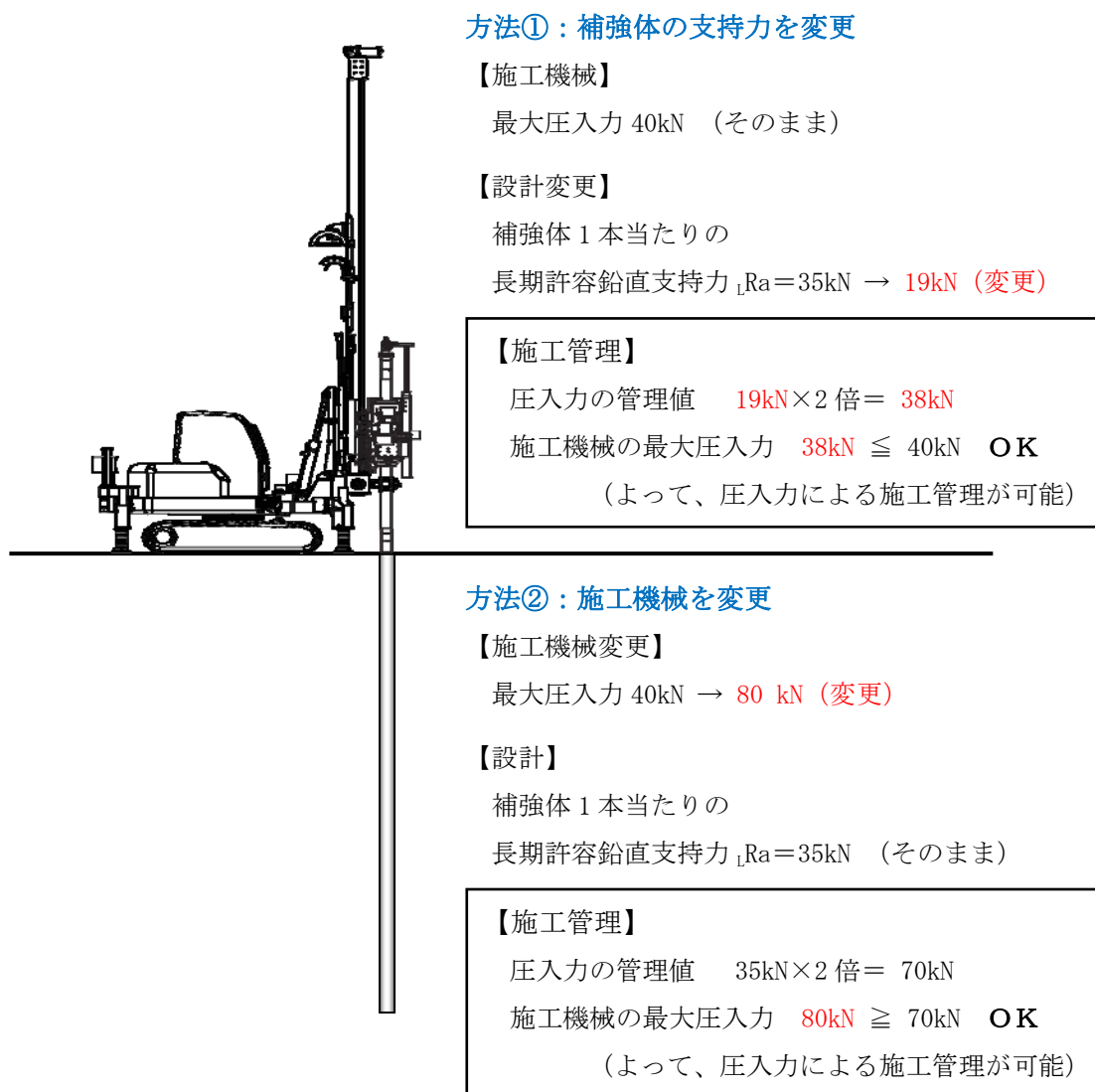


図 II-5-4 適切な設計例②（先端拡底翼型）

※設計上の注意点

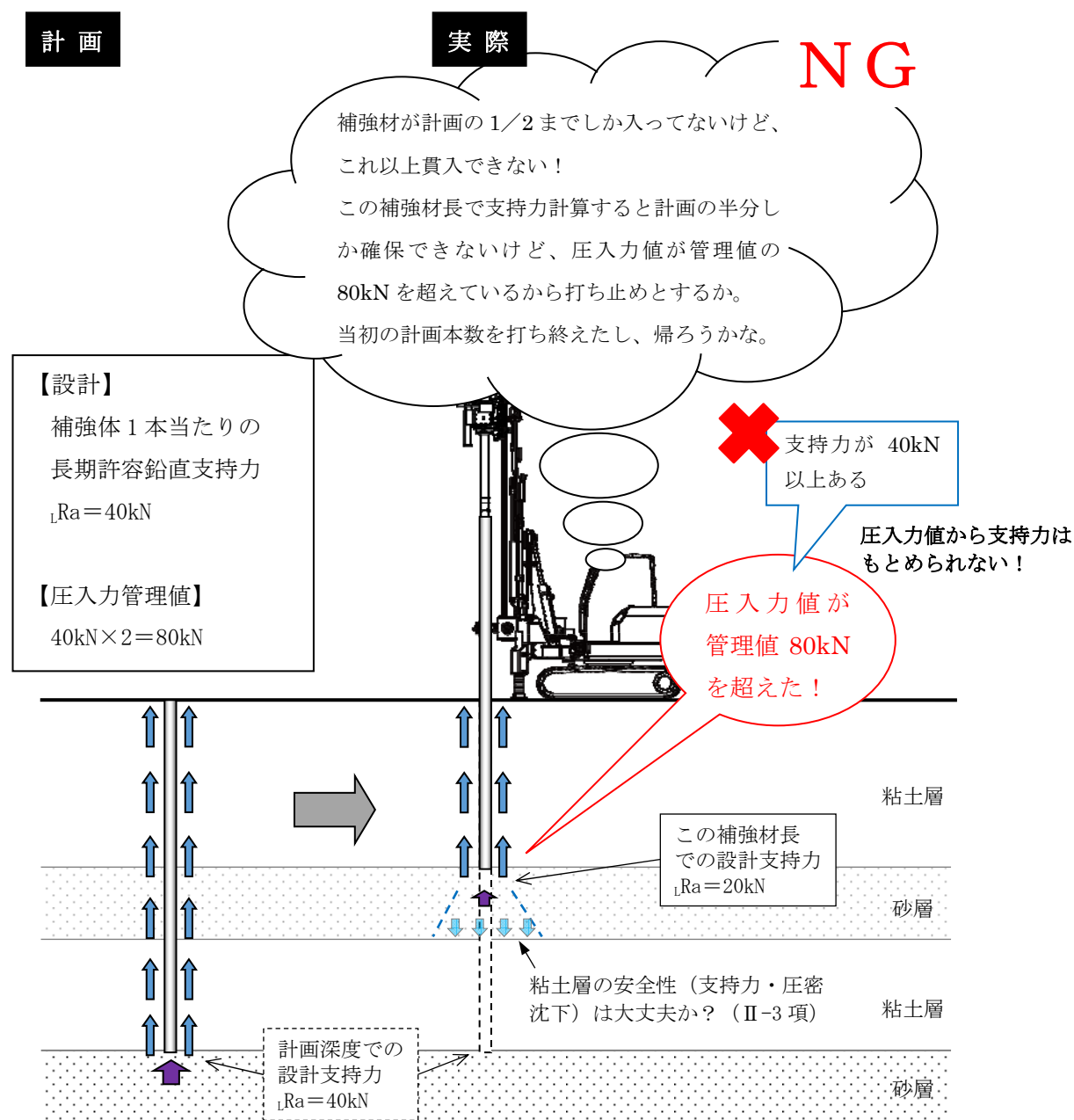
施工時に圧入力管理を行う小口径既製コンクリートパイル、木杭等では、搬入可能な施工機械の圧入力 $1/2$ を補強体 1 本あたりの許容鉛直支持力 R_a の上限として、地盤および補強体の強度をふまえて設計する（図Ⅱ-5-5：方法①）。特に、狭小地などの施工機械の搬入に制約のある場合等で、所定の圧入力のある機械を搬入できないことが予想される場合には注意が必要である。また、支持力は変更せず、長期許容鉛直支持力の 2 倍以上の圧入力のある施工機械に変更する方法もあげられる（図Ⅱ-5-5：方法②）。



図Ⅱ-5-5 適切な設計例

※施工管理上の注意点

設計深度に到達するまでに圧入力値が管理値を超えた場合でも、その深度で施工を終えてはならない。圧入力管理値は、あくまで設計深度まで圧入した際の最終圧入力値である。また、施工時の圧入力値はあくまで施工管理時の数値であり、圧入力値から長期許容鉛直支持力をもとめられないことをあらかじめ認識しておく必要がある。



図Ⅱ-5-6 施工上の注意点

Ⅲ. 杭状地盤補強（現場造成系）

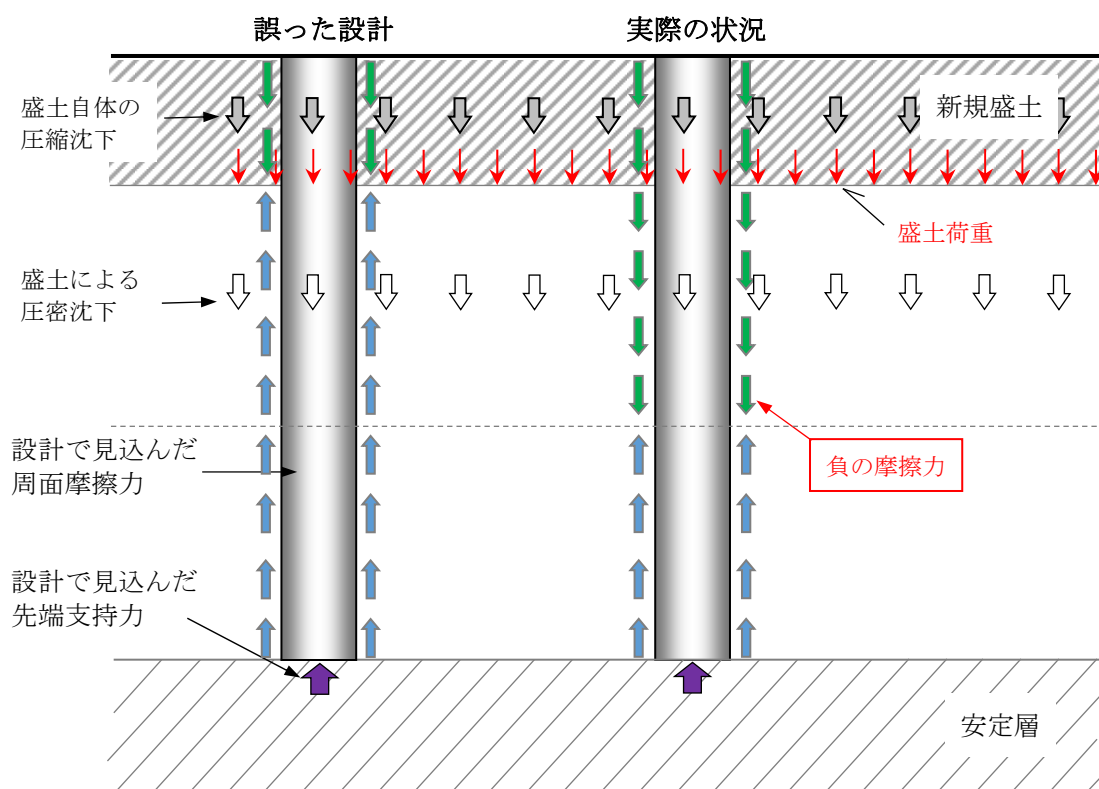
Ⅲ-1 新規盛土地盤における設計

✖やってはいけない設計

『新規盛土により圧密沈下が生じる部分の周面摩擦力を正の摩擦力として見込む設計』

〈解説〉

新規盛土は、摩擦力が見込めるような地盤ではなく、盛土自体の圧縮沈下により補強体に負の摩擦力が作用する。また、盛土により盛土下部地盤に圧密沈下が生じる場合にも、負の摩擦力が作用する。よって、新規盛土により圧密沈下が生じる部分を正の摩擦力として見込んだ設計をすると、本来、摩擦力を期待できない部分を正の摩擦力として設計するため、非常に危険な設計となる（図Ⅲ-1-1）。



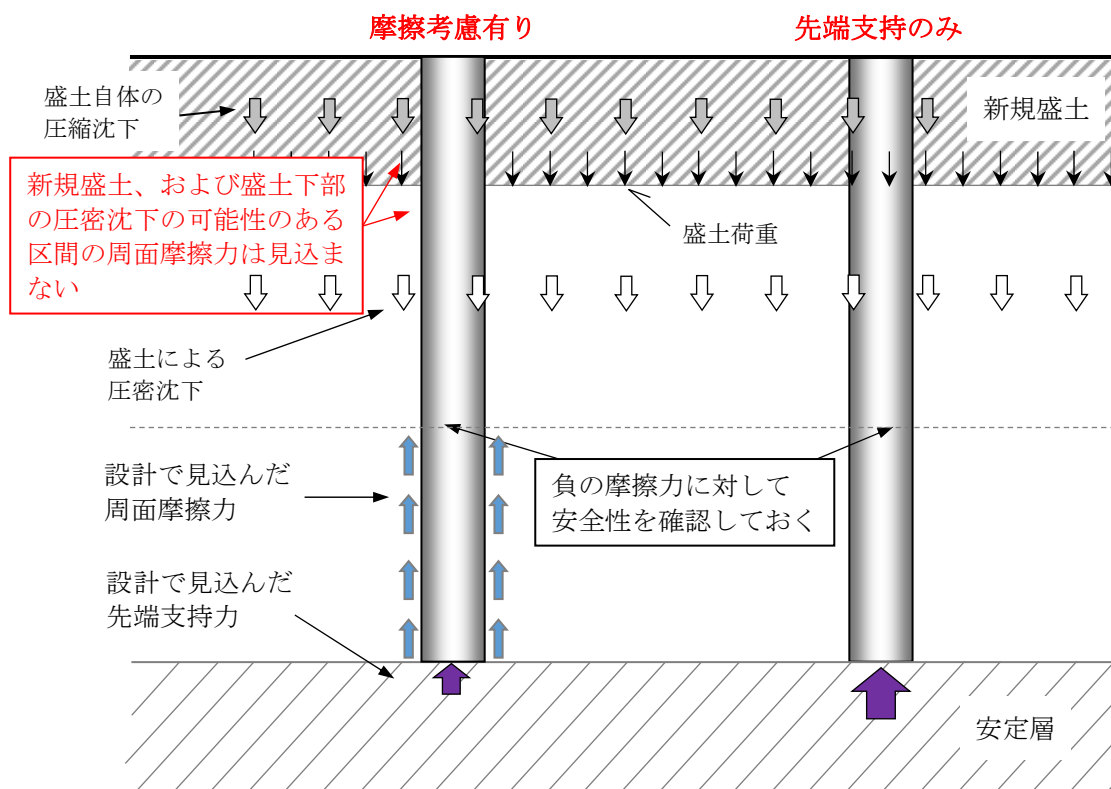
図Ⅲ-1-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『新規盛土下部における圧密沈下の可能性のある部分の摩擦力は見込まない設計』

〈解説〉

新規盛土および盛土下部における圧密沈下の可能性のある部分の摩擦力は見込まない設計とする。しかし、スウェーデン式サウンディング試験では盛土下部の圧密沈下の可能性のある部分を断定することは難しい。したがって、設計では安全側に周面摩擦力を考慮する部分をより少なく見込んだ設計とする（図Ⅲ-1-2）。また、周面摩擦力を一切考慮せず、先端支持力のみを考慮する場合には、より安全な設計といえる（図Ⅲ-1-2）。この他、地盤と補強体の沈下量が同一となる中立点では、補強体に過大な軸力がかかる可能性があるため、圧縮力に対する補強体の安全性を確認しておく。



図Ⅲ-1-2 適切な設計例

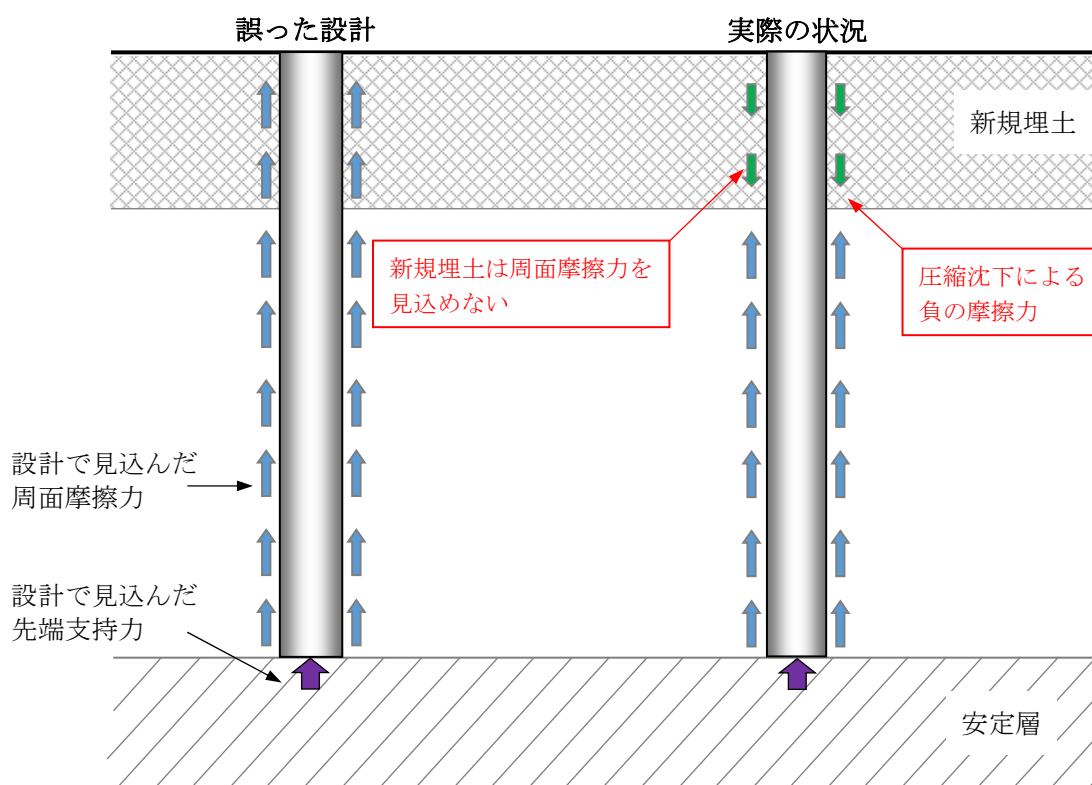
Ⅲ-2 新規埋土地盤における設計

✖やってはいけない設計

『新規埋土の摩擦力を正の摩擦力として見込む設計』

〈解説〉

新規埋土地盤は、もともと摩擦力が見込める地盤ではなく、それ自体の圧縮沈下により補強体は負の摩擦力を受ける。また、コンクリート片等の異物による影響等により、 N_{sw} の数值が比較的大きな値を示す場合もしばしばある。よって、新規埋土を正の摩擦力として見込んだ設計とすると、本来、圧縮沈下による負の摩擦力として考慮すべき部分を大きな正の摩擦力として設計するため、非常に危険な設計となる（図Ⅲ-2-1）。



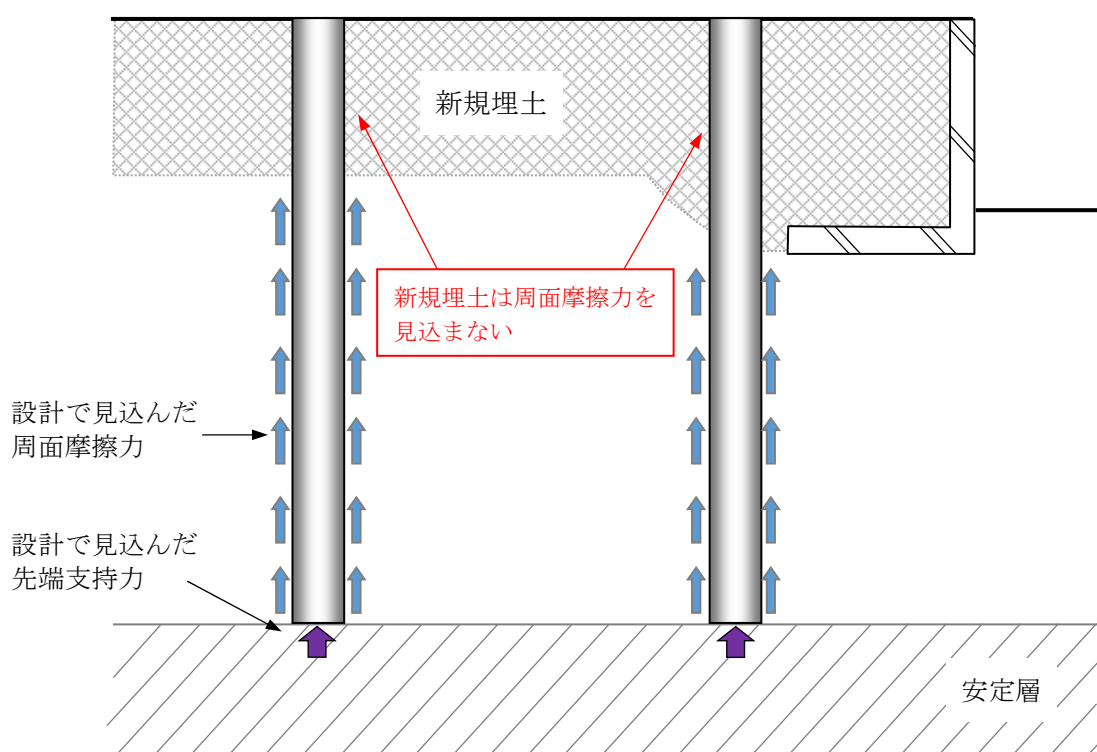
図Ⅲ-2-1 やってはいけない設計例

◎適切な設計

『新規埋土の摩擦力を見込まず、埋土地盤以深にて支持力を検討』

〈解説〉

新規埋土の摩擦力を見込まず、埋土地盤以深の支持力で建物荷重を支えられる計画とする（図Ⅲ-2-2）。また、埋土地盤の経過年数が不明瞭な場合は、摩擦力を考慮しないことが望ましい。



図Ⅲ-2-2 適切な設計例

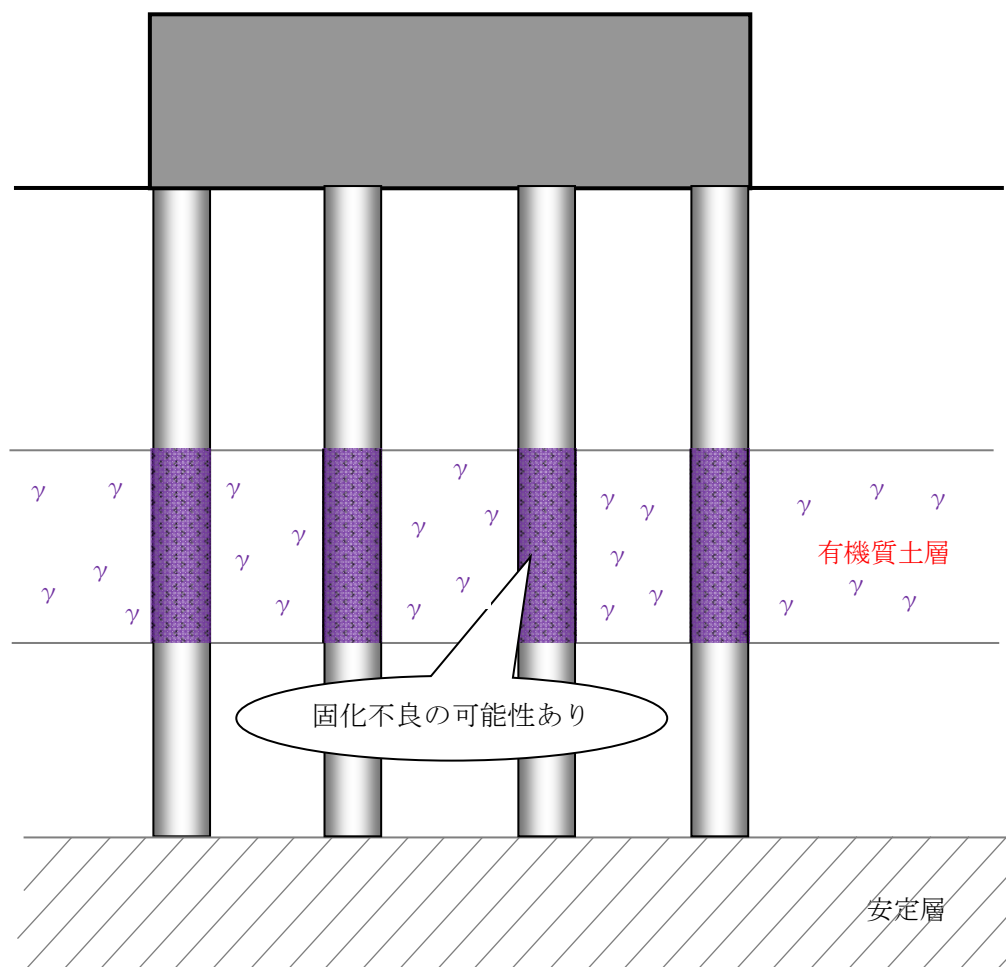
Ⅲ-3 有機質土地盤における設計

✖やってはいけない設計

『補強体の強度発現を事前に確認しない設計』

〈解説〉

有機質土地盤においてセメント系固化材を使用した柱状地盤改良を行う場合、固化不良による強度不足の可能性があるにもかかわらず、室内配合試験等により強度確認を行わずに計画することは、設計で必要な強度が得られない可能性がある（図Ⅲ-3-1）。



図Ⅲ-3-1 やってはいけない設計例

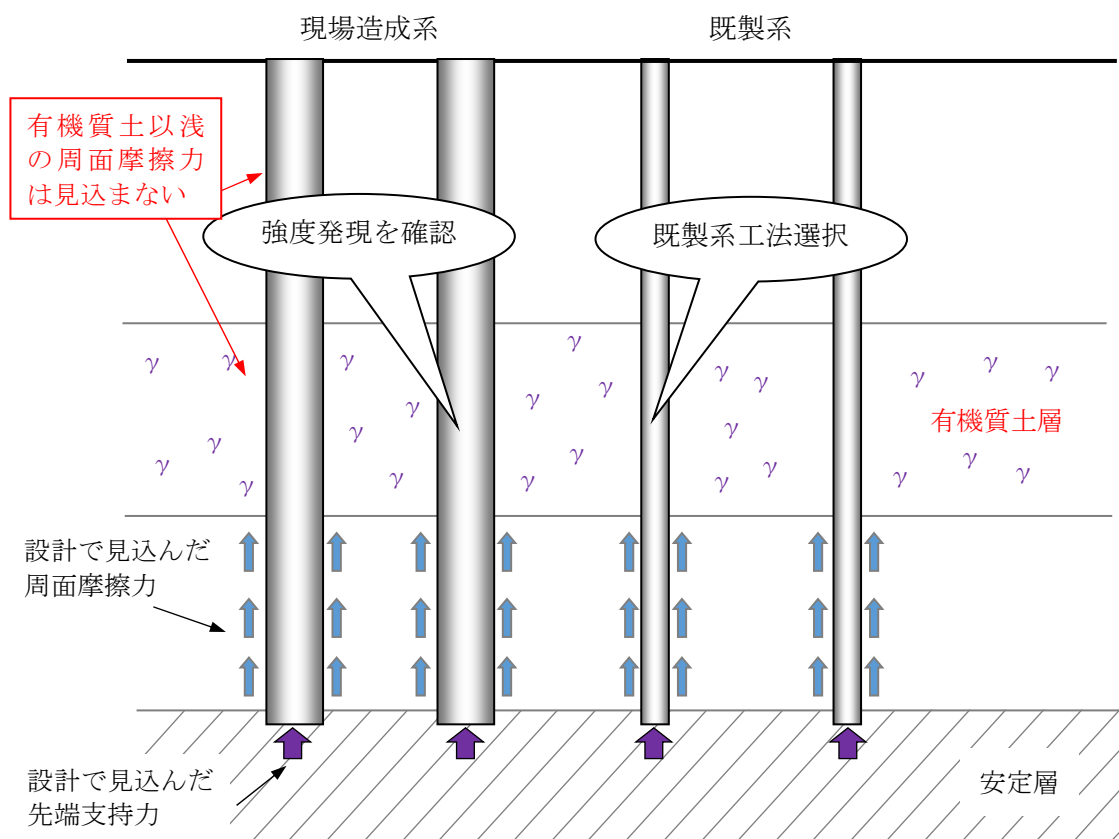
◎適切な設計

『補強体の強度発現を事前に確認した上で設計』

〈解説〉

有機質土地盤においてセメント系固化材を使用した柱状地盤改良を行う場合、事前に有機質土にて配合試験を実施し、強度発現を確認する。強度発現が確認できない場合には、既製系等の固化不良の懸念がない工法を選択する（図Ⅲ-3-2）。

また、支持力を検討する際には、有機質土層以浅の周面摩擦力は見込まない。



図Ⅲ-3-2 適切な設計例

Ⅲ-4 中間層が存在する場合の設計

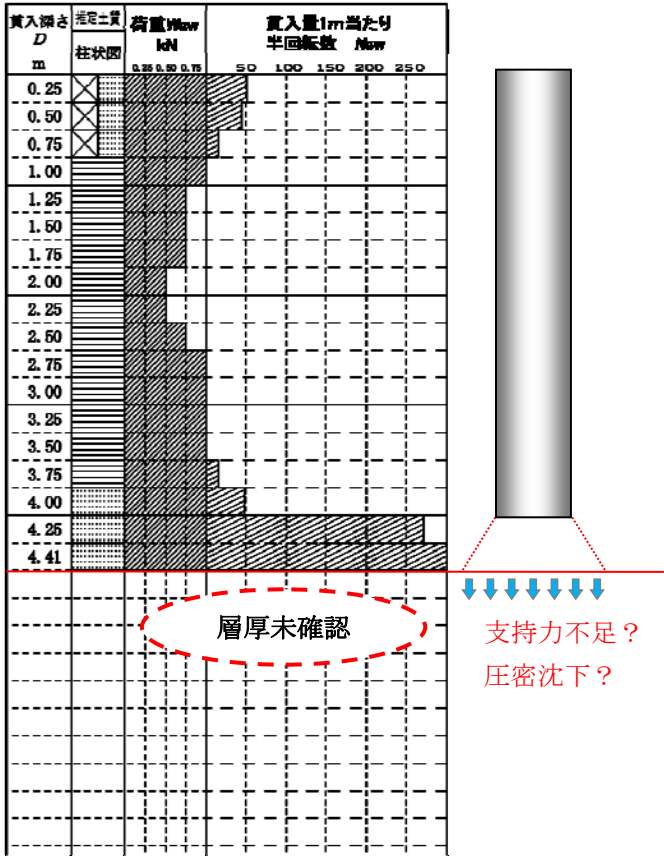
✖やってはいけない設計①

『層厚の確認ができてない地層に補強体を支持させる設計』

〈解説〉

層厚が薄い場合、先端地盤より下部の地盤が補強体より伝達される応力に対して支持力不足または圧密沈下を生じ、計画建物に不同沈下が生じる危険性が高い（図Ⅲ-4-1）。

Sws 試験結果のみによる誤った設計



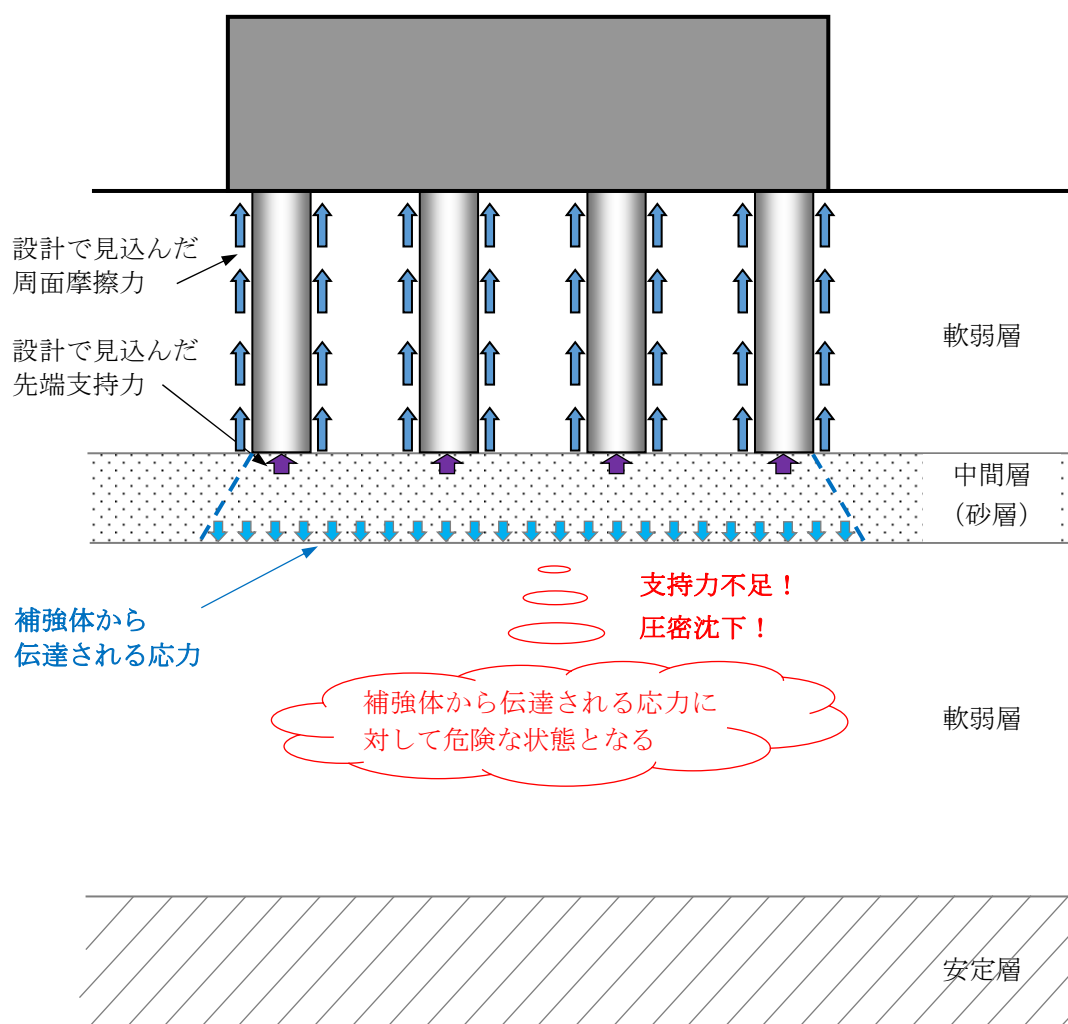
図Ⅲ-4-1 やってはいけない設計例

✖やってはいけない設計②

『下部に安全性（支持力・圧密沈下）の確認できない軟弱層が存在する十分な層厚のない中間層で補強体を支持させる設計』

〈解説〉

補強体先端の中間層より下部の地盤が、補強体より伝達される応力に対して支持力不足または圧密沈下を生じ、計画建物に不同沈下が生じる危険性が高い（図Ⅲ-4-2）。特に、中間層の下部に有機質土層が存在する場合には危険性が非常に高い。



図Ⅲ-4-2 やってはいけない設計例

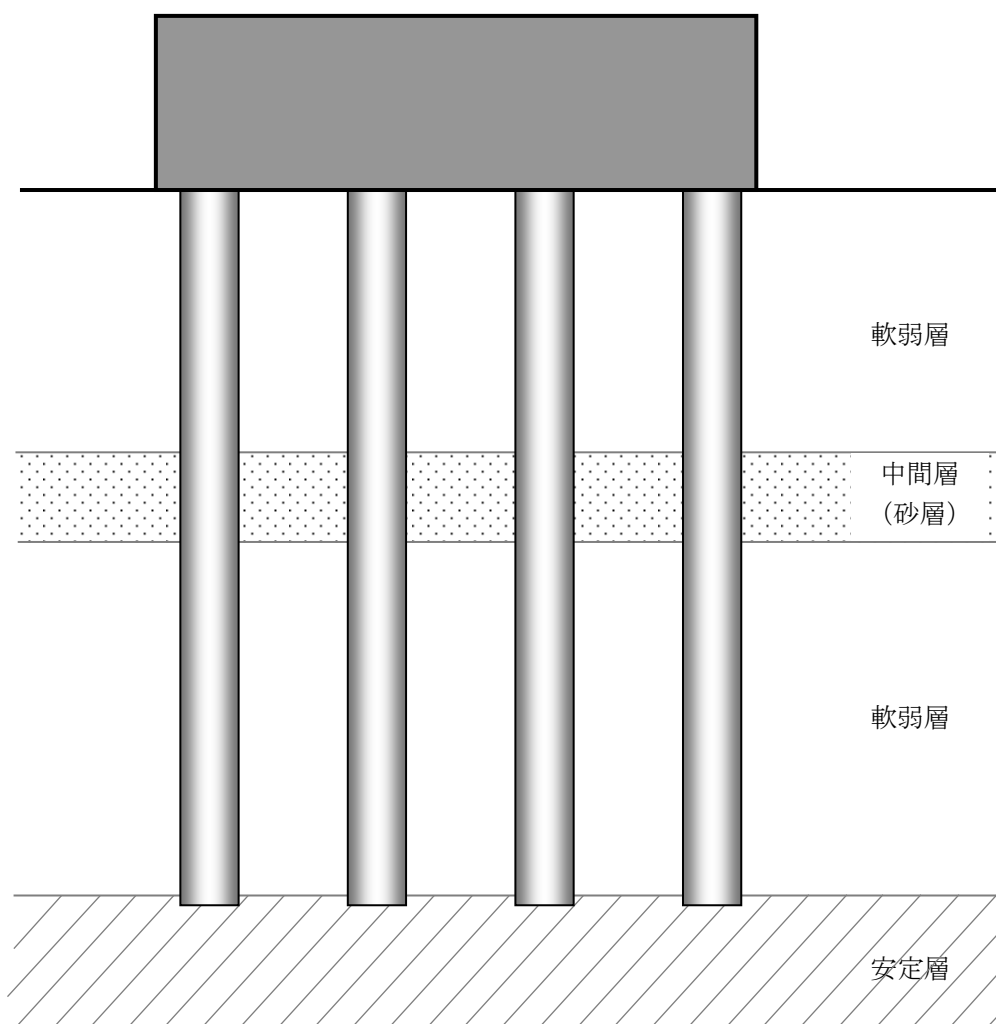
◎適切な設計

『補強体の先端は、十分な層厚のある地層に支持させる。』

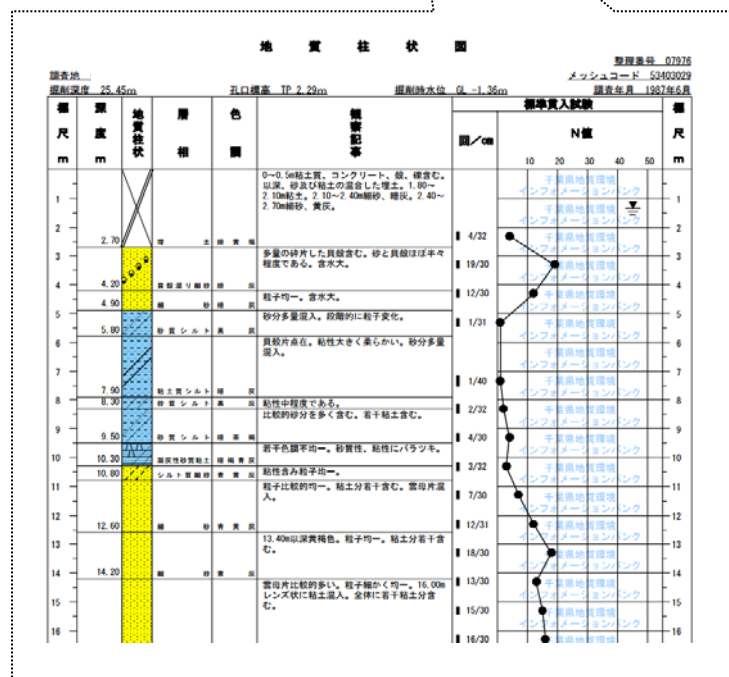
〈解説〉

補強体は、層厚が十分であることを確認した上で支持させる（図Ⅲ-4-3）。一般的な支持地盤の層厚の目安は、2m以上となっている（住宅地盤品質協会「住宅地盤の調査・施工に関わる技術基準書」より）。スウェーデン式サウンディング試験による支持地盤の層厚の確認ができない場合は、近隣のボーリングデータによる確認や、現地においてボーリング調査やラムサウンディングを実施して確認する（図Ⅲ-4-4）。

その他、中間層で支持させる場合、補強体から伝わる応力に対して中間層下部地盤の支持力および圧密沈下について安全性を確認する必要がある。



図Ⅲ-4-3 適切な設計例



図Ⅲ-4-4 公開されている近隣ボーリングデータの例（千葉県）

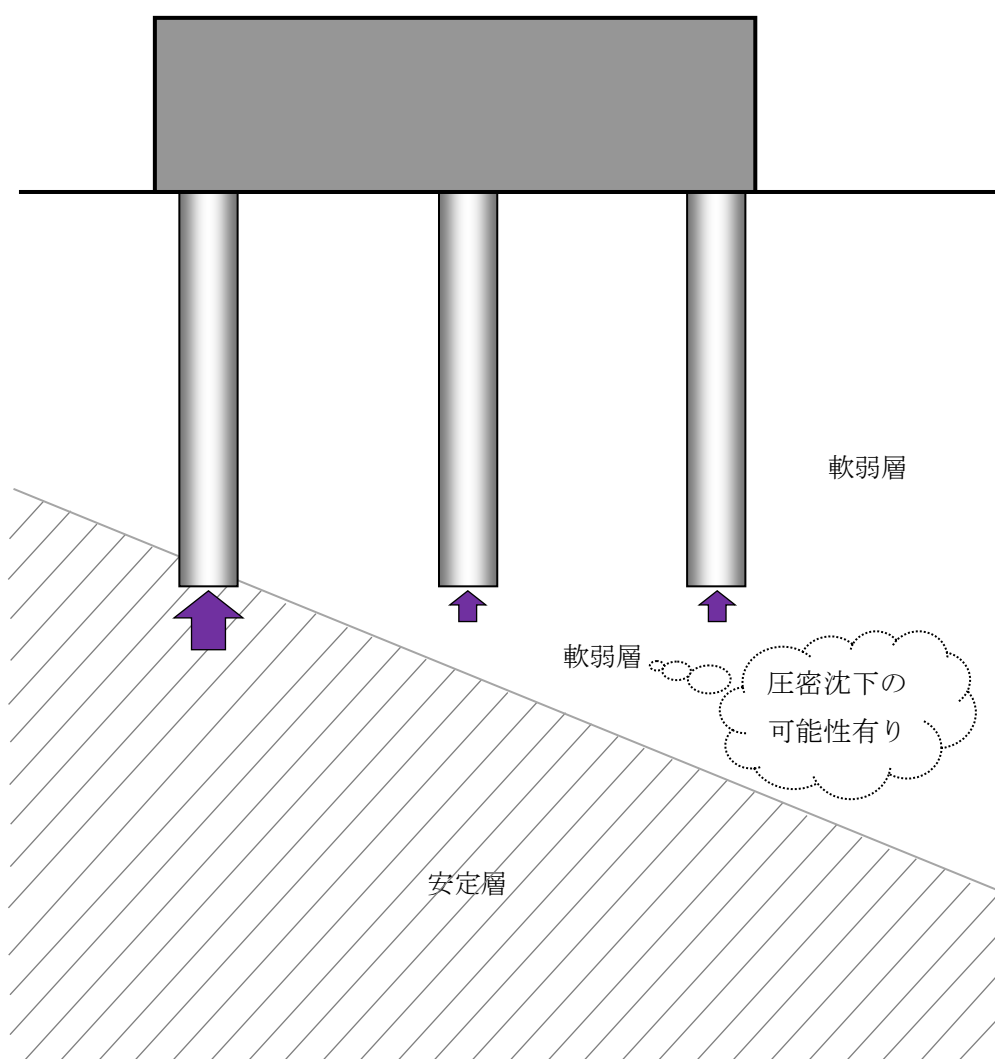
Ⅲ-5 傾斜地における設計

✖ やってはいけない設計

『支持力機構の異なる設計』

〈解説〉

傾斜地等では、地中の安定した地層も傾斜している可能性が高い。そのため、補強長を均一とした場合、安定層に到達する補強体と未到達の補強体が存在する（図Ⅲ-5-1）。このような支持力機構の異なる設計では、不同沈下が発生する可能性が高いため、注意が必要である。



図Ⅲ-5-1 やってはいけない設計例

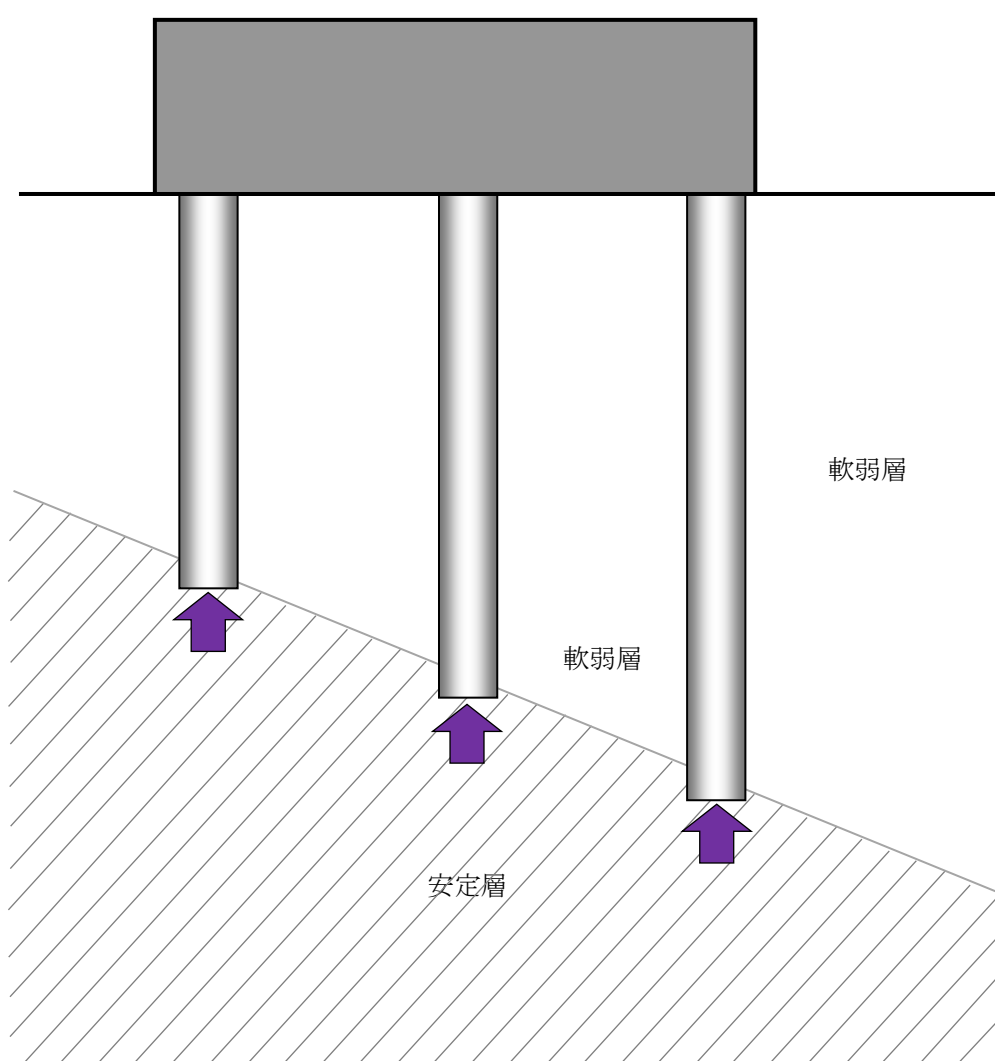
◎適切な設計

『支持力機構を統一した設計』

〈解説〉

安定した地層が傾斜している場合、補強長を均一とせず、安定層まで到達する長さで計画する（図Ⅲ-5-2）。支持力機構が統一されるため、不同沈下対策として有効となる。

また、設計する際には各々の長さの補強体で支持力（先端支持力・周面摩擦力）をそれぞれ確保できることを確認しておく。



図Ⅲ-5-2 適切な設計例

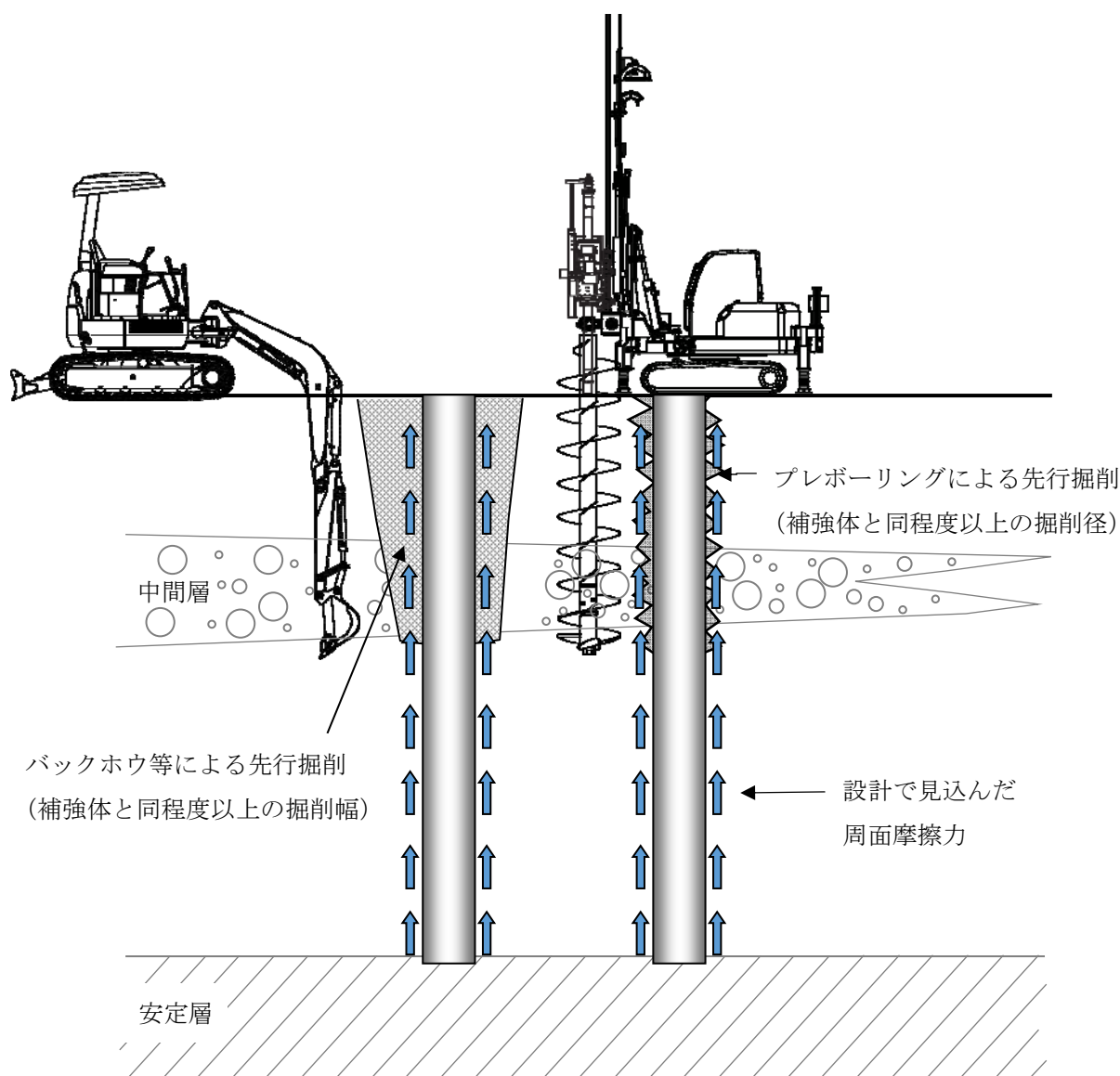
Ⅲ-6 先行掘削を行う必要のある地盤における設計

✖やってはいけない設計

『先行掘削を行う予定区間の周面摩擦力を見込んだ設計』

〈解説〉

補強体と同程度以上の径（幅）で先行掘削（プレボーリング、バックホウ等）を行った地盤は乱されるため、先行掘削を行った区間は周面摩擦力を期待できない。したがって、先行掘削予定区間の周面摩擦力を見込む場合には、非常に危険な設計となる（図Ⅲ-6-1）。



図Ⅲ-6-1 やってはいけない設計例

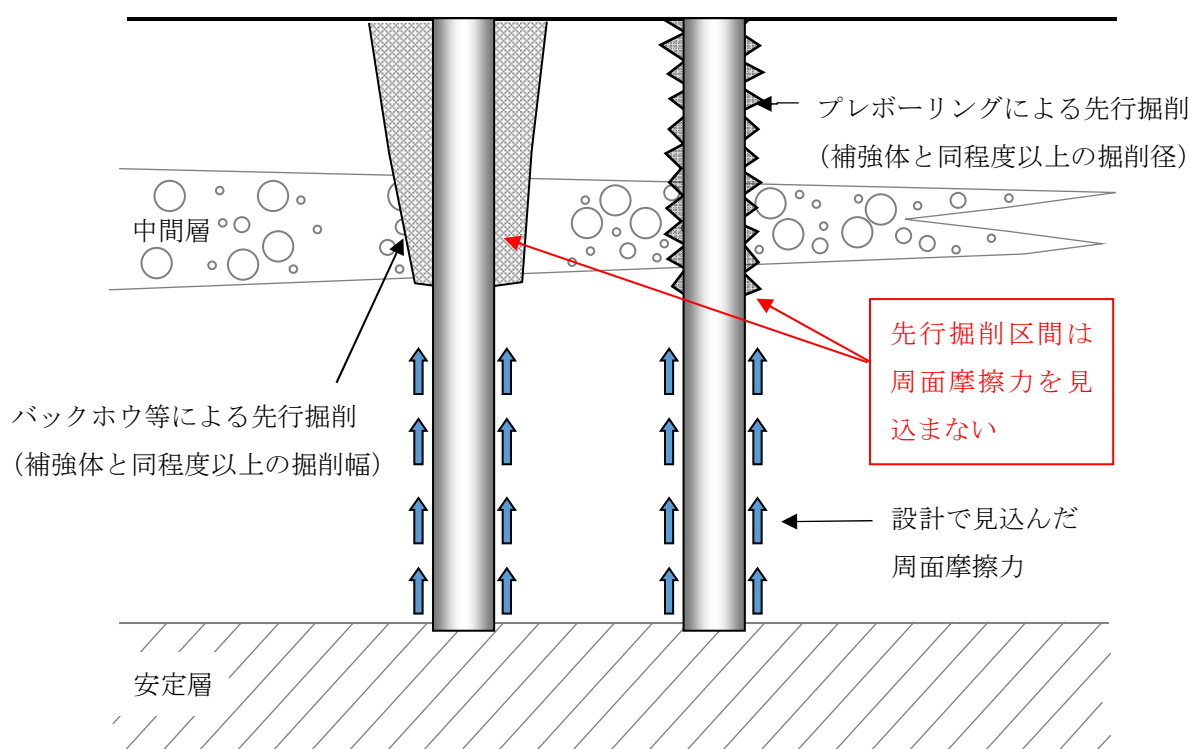
◎適切な設計

『先行掘削を行う可能性のある区間は周面摩擦力を見込まない設計』

〈解説〉

先行掘削を行う可能性のある区間は、あらかじめ周面摩擦力を見込まずに設計を行う（図Ⅲ-6-2）。また、設計者が判断した先行掘削範囲以上に施工者が先行掘削を行ってしまう場合もあるため、あらかじめ設計者と施工者との間で先行掘削範囲を確認しておくのが望ましい。

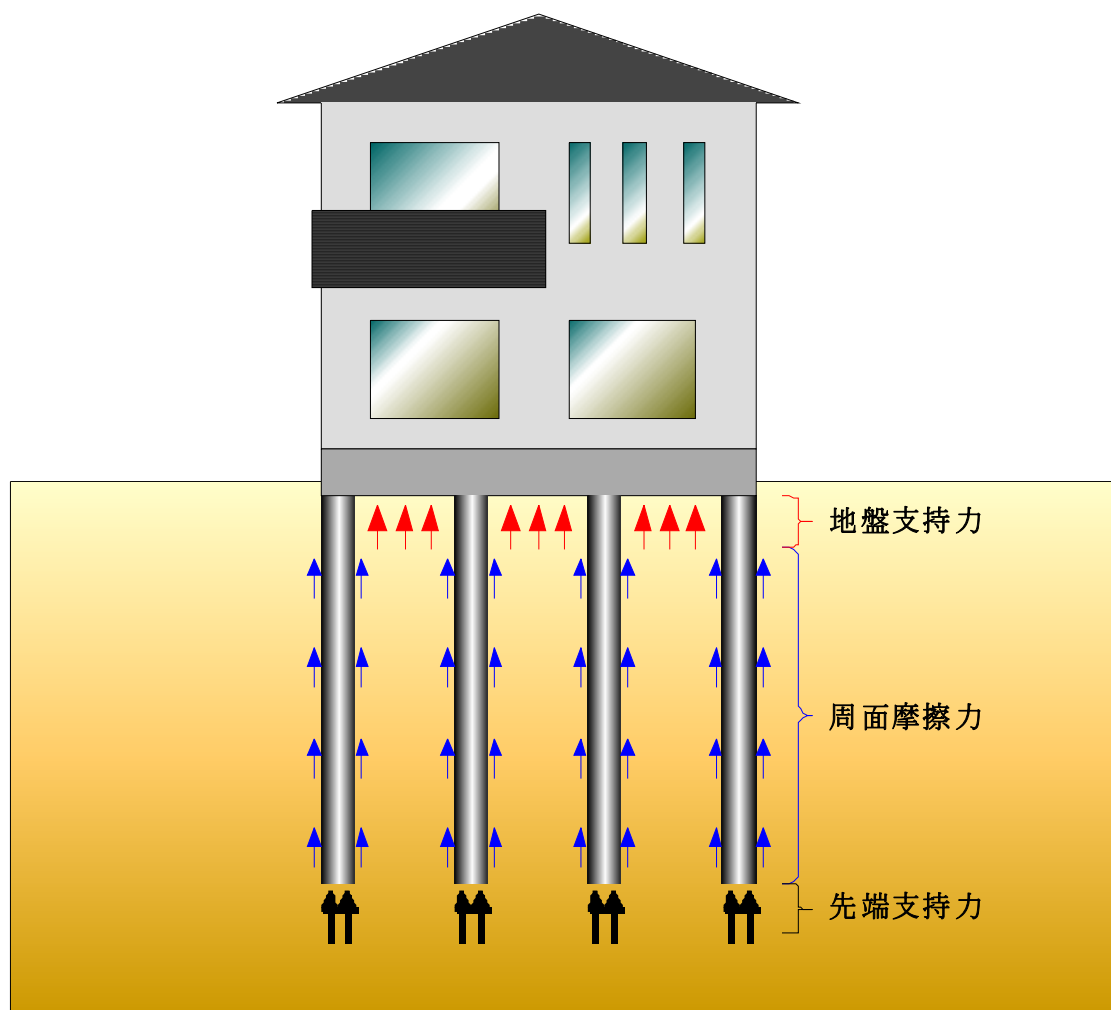
仮に、設計では周面摩擦力を見込んでいたが、やむをえず先行掘削を行った場合には、先行掘削を行った区間の周面摩擦力を見込まない計算として再設計を行い、補強体の本数が満足しているか確認する。支持力不足であれば、所定の支持力を確保するために増し打ちなどの対応を行う必要がある。



図Ⅲ-6-2 適切な設計例

IV. 複合地盤補強

小規模建築物にて利用される複合地盤補強工法は、杭状地盤補強工法による支持力に加えて基礎スラブ下の地盤反力（補強体間地盤の支持力）を有効に利用した工法である（図Ⅳ-1）。従って、杭状地盤補強工法と基礎スラブが同時かつ有効に作用する地盤および設計内容でなければならない。



図Ⅳ-1 複合地盤補強工法模式図

IV-1 新規盛土地盤における設計

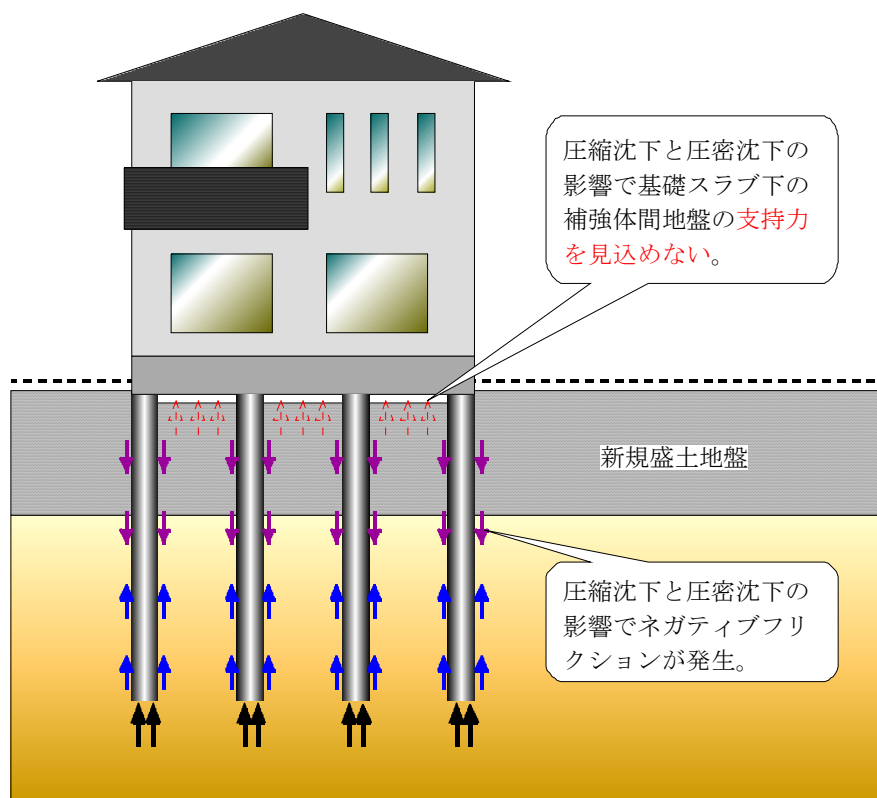
✖やってはいけない設計

『新規盛土地盤において、補強体間地盤の地盤支持力を見込んだ設計』

〈解説〉

新規盛土地盤では、盛土地盤自体の圧縮沈下や、盛土下部地盤の圧密沈下が生じることから、基礎スラブと地盤との間には荷重の伝達は行われず、建物が抜け上がり、空隙が生じる場合もある。従って、このような地盤の場合、補強体間地盤の支持力を見込む場合には非常に危険な設計となる（図IV-1-1）。

また、杭状地盤補強工法と同様に、補強体周辺の摩擦力をすべて正の摩擦力として設計してはならない（Ⅱ-1 項、Ⅲ-1 項参照）。



図IV-1-1 新規盛土地盤における設計模式図

◎適切な設計

『補強体間地盤の支持力を考慮せず、杭状地盤補強工法として設計』

〈解説〉

杭状地盤補強工法（既製系・現場造成系）に示すように、新規盛土地盤における留意事項を考慮し、複合地盤補強としてではなく杭状地盤補強工法として適切な支持力評価を行う。

IV-2 新規埋土地盤における設計

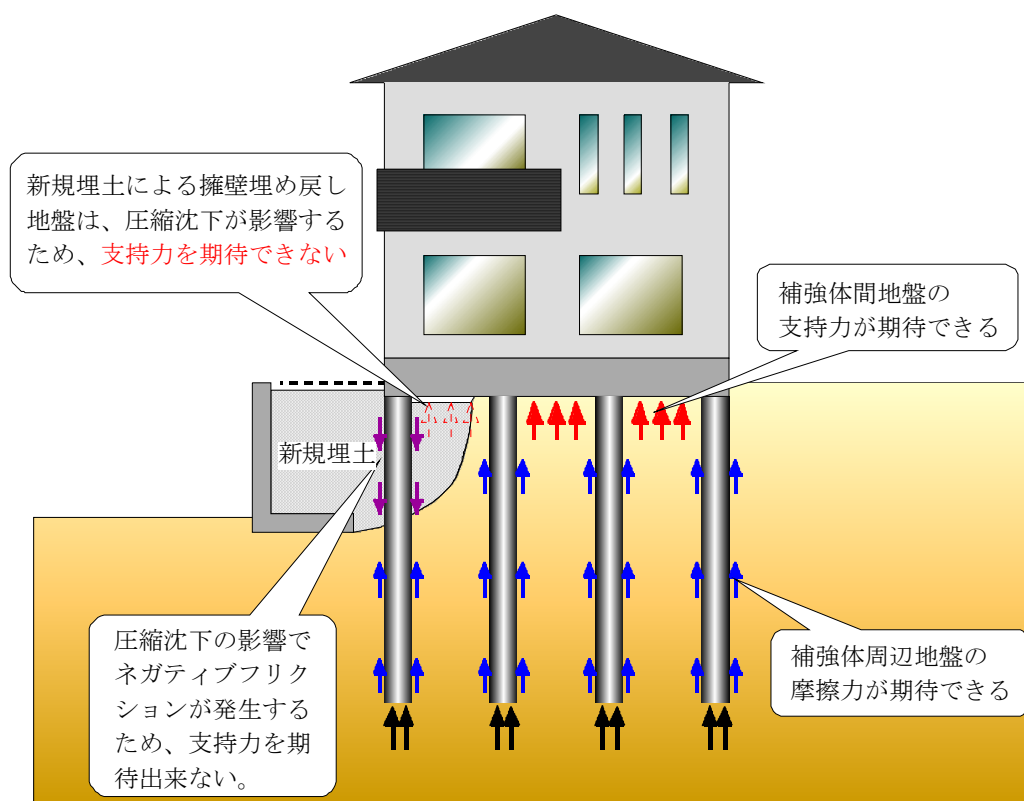
✖やってはいけない設計

『新規埋土地盤において、補強体間地盤の地盤支持力を見込んだ設計』

〈解説〉

新規埋土地盤では、埋土地盤自体の圧縮が生じることから、基礎スラブと地盤との間には荷重の伝達が行われず、建物が抜け上がり、空隙が生じる場合もある。従って、このような地盤の場合、補強体間地盤の支持力を見込む場合には非常に危険な設計となる（図IV-2-1）。

また、杭状地盤補強工法と同様に、補強体周辺の摩擦力をすべて正の摩擦力として設計してはならない（Ⅱ-2 項、Ⅲ-2 項参照）。



図IV-2-1 新規埋土地盤における設計模式図

◎適切な設計

『補強体間地盤の支持力を考慮せず、杭状地盤補強工法として設計』

〈解説〉

杭状地盤補強工法（既製系・現場造成系）に示すように、新規埋土地盤における留意事項を考慮し、複合地盤補強としてではなく杭状地盤補強工法として適切な支持力評価を行う。

IV-3 有機質土が存在する地盤における設計

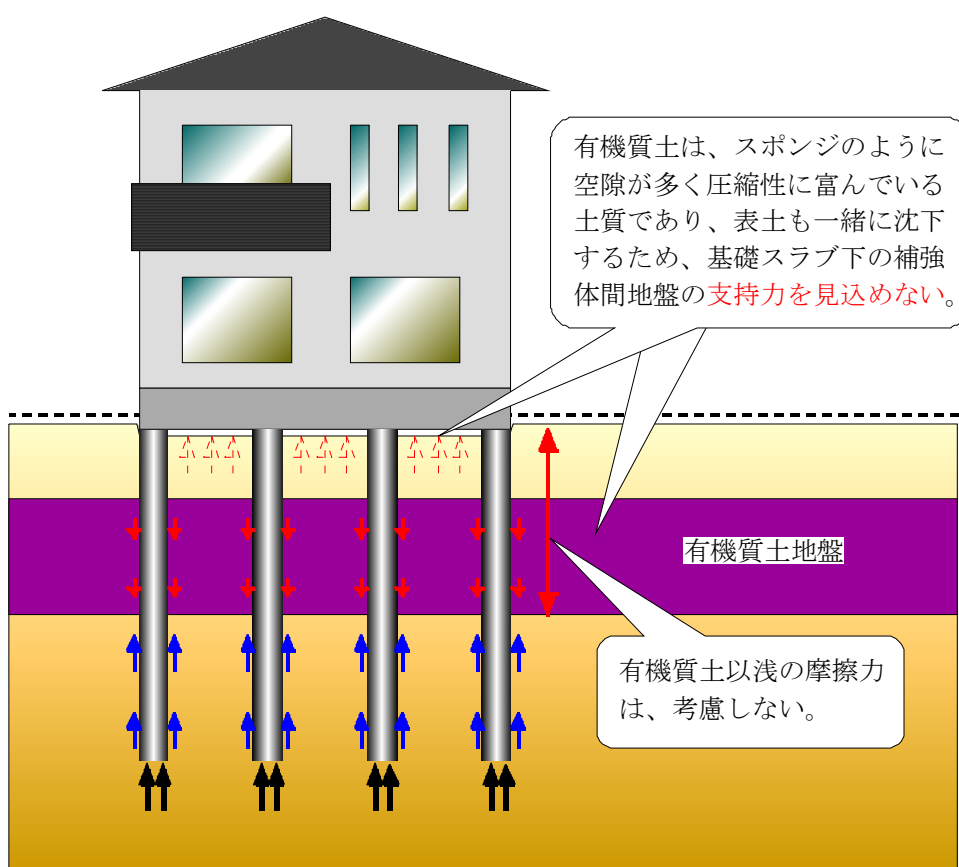
✖やってはいけない設計

『補強体間地盤の支持力および周面摩擦力を考慮した設計』

〈解説〉

有機質土地盤が建物の影響範囲に存在する場合、有機質土の圧密沈下に伴って基礎スラブ下の補強体間地盤も沈下することから、通常の土質と同様に補強体間地盤の支持力を評価することは出来ない。

また、有機質土およびそれ以浅の地盤部分に発生する周面摩擦力は、負の摩擦力として作用する場合があるため、正の摩擦力として見込む場合には危険な設計となる。有機質土地盤における設計模式図を図IV-3-1に示す。



図IV-3-1 有機質土地盤における設計模式図

◎適切な設計

『有機質土以浅の周面摩擦力および補強体間地盤の支持力を考慮せず、複合地盤補強工法としてではなく、杭状地盤補強工法として設計』

〈解説〉

杭状地盤補強工法（現場造成）Ⅲ-3 項に示す、有機質土地盤における留意事項を考慮し、杭状地盤補強工法として適切な支持力評価および補強体の選定を行う。

IV-4 先行掘削を行う必要のある地盤における設計

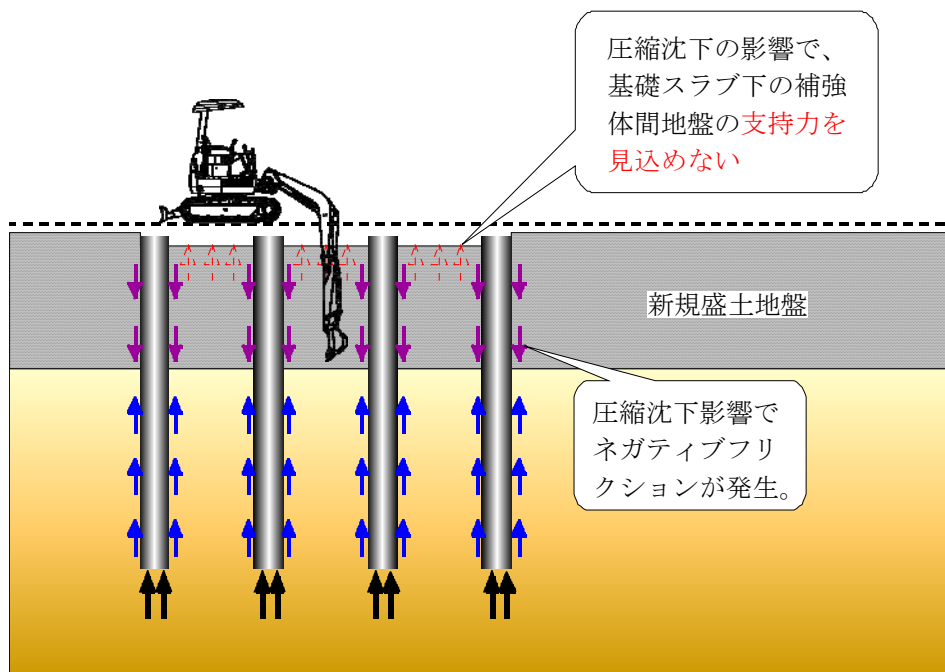
✖やってはいけない設計

『先行掘削が必要な地盤において補強体間地盤の支持力や周面摩擦力を見込んだ設計』

〈解説〉

先行掘削（バックホウ）を行った地盤は乱されるため、新規埋土地盤へと変化してしまう。先行掘削地盤では、掘削範囲（埋土地盤）自体の圧縮が生じることから、基礎スラブと地盤との間には荷重の伝達が行われず、建物が抜け上がり、空隙が生じる場合もある。従って、このような地盤の場合、補強体間地盤の支持力を見込む場合には非常に危険な設計となる（図IV-4-1）。

また、杭状地盤補強工法と同様に、補強体周辺の摩擦力をすべて正の摩擦力として設計してはならない（Ⅱ-4 項、Ⅲ-6 項参照）。



図IV-4-1 先行掘削地盤における設計模式図

◎適切な設計

『補強体間地盤の支持力を考慮せず、杭状地盤補強工法として設計』

〈解説〉

杭状地盤補強工法（既製系・現場造成系）に示すように、先行掘削地盤における留意事項を考慮し、複合地盤補強としてではなく杭状地盤補強工法として適切な支持力評価を行う。

また、予期せぬ地中障害物等により先行掘削を実施し、補強体間地盤の支持力を見込む場合には、先行掘削範囲の圧縮沈下が生じないように表層地盤改良を併用する等して、期待していた補強体間地盤の支持力を確保する必要がある。

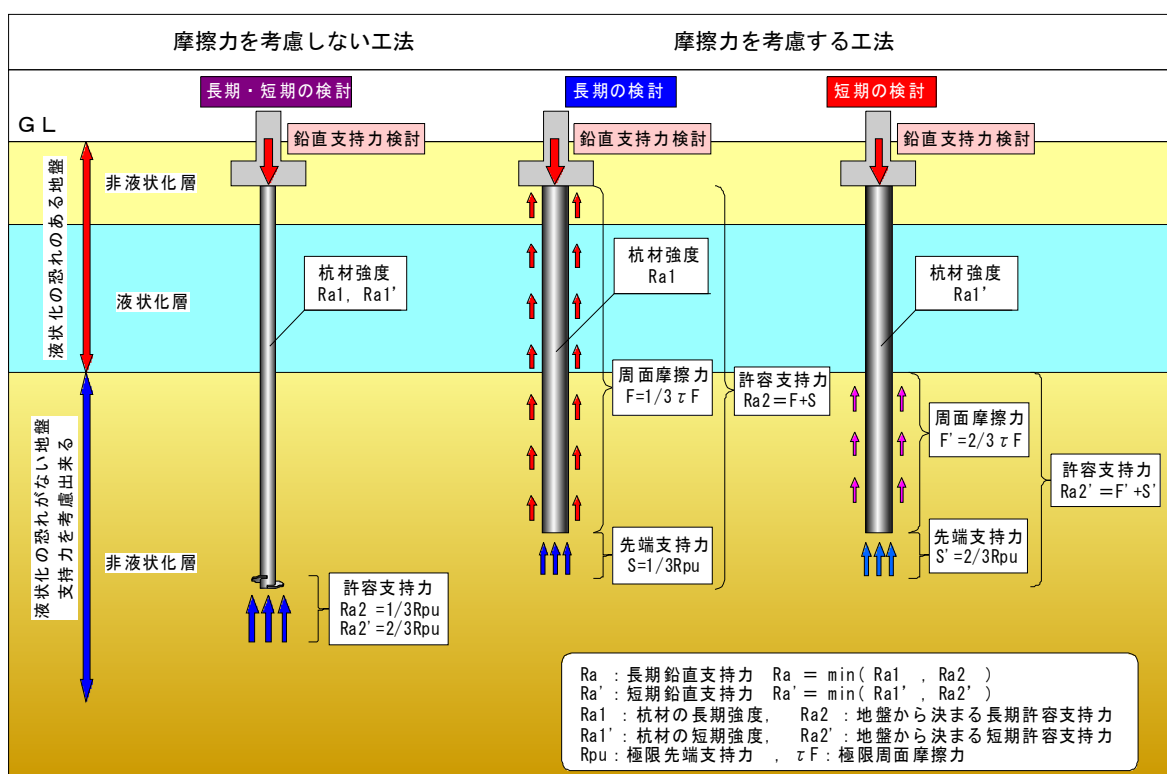
〈参考資料〉

参考-1 液状化地盤における杭状地盤補強の設計

液状化の検討は、顧客のニーズおよび要求性能（地震の規模、沈下の許容、コスト等）によって、設計内容や地盤調査内容が大きく異なるため、十分な打ち合わせを行い、設計方針を明確にしてから設計する必要がある。

地震時（短期）では、液状化の発生により地盤の剪断強度が失われ、液状化層において支持力を考慮することが出来ないことから、液状化層を非液状化層に改善するか、非液状化層部分のみで安全性を確保する必要がある。液状化地盤において最も利用される杭状地盤補強工法における設計概要を図参考-1 に示す。

詳細については、住宅地盤を対象とした液状化調査・対策の手引き書（（一社）レジリエンスジャパン推進協議会）、基礎構造設計指針（建築学会）等を参照する。



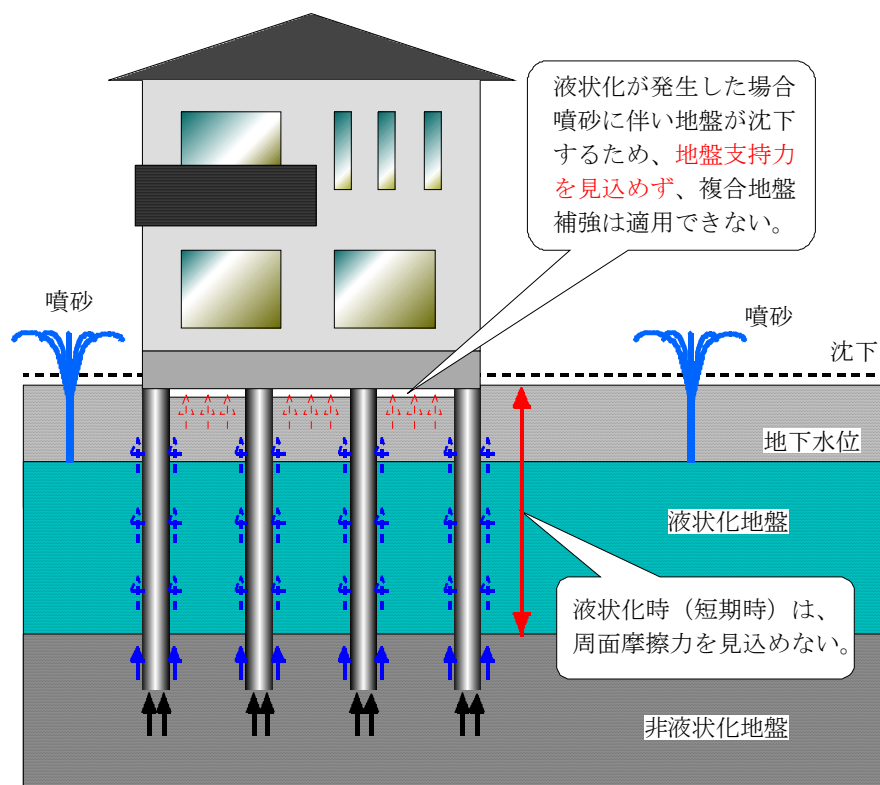
図参考-1 液状化地盤における設計概要

〈参考文献〉：（一社）レジリエンスジャパン推進協議会、住宅地盤を対象とした液状化調査・対策の手引き書

参考-2 液状化地盤における複合地盤補強の考え方

液状化が発生した場合、液状化層以浅の地盤は支持力を失うため、短期時の設計の際は、液状化層以浅の周面摩擦力および補強体間地盤の地盤支持力を考慮できないため、複合地盤補強工法は適用できない（図参考-2）。

液状化地盤における留意事項を考慮し、杭状地盤補強工法として適切な支持力評価および補強体の選定を行う（図参考-1）。



図参考-2 液状化地盤における考え方

やってはいけない地盤補強の設計例

発 行 日	2016 年 9 月 第 1 刷
発 行 所	一般社団法人 地盤優良事業者連合会