

若年技術者のための基礎知識

軟弱地盤編—その2

坂田建設株式会社 土木本部 土木統括部長
鈴木 正司

今号では、前号の「軟弱地盤編—その1」に引き続き、軟弱地盤の対策工法を解説します。

6 盛土を横断するカルバート

軟弱地盤上のカルバートは、ある程度の沈下を許容する直接基礎とすることが一般的です。その施工手順は、カルバート箇所に載荷重工法（プレロード工法）によって、目標残留沈下量以下になるように地盤を圧密させます。次に、載荷重盛土を取り除き、カルバートを構築します。ここで、残留沈下量の分だけ上げ越しをしておきます。こうすれば、沈下が終了した時に、カルバートが計画した高さに落ち着いてくれるはずですが、

設計段階の残留沈下量と施工段階の残留沈下量に違いが発生するので、施工中は動態観測による実測値を時間沈下曲線に落とし込みます。そして、動態観測データから、沈下の推定方法である双曲

線法によって、将来の沈下予測を行います。時間沈下曲線には一定の規則性があることから、残留沈下量を推定しています。双曲線法は施工途中の短期間の推定に、logt法は供用後の長期沈下を推定するときに用いられています。

軟弱地盤では、載荷重盛土（プレロード）を取り除くと、リバウンド現象が顕著に起こります。リバウンド現象とは、荷重を取り除くことになりすので、圧密されていた地盤が膨れ上がることをいいます。リバウンド量を把握するためには、載荷重盛土（プレロード）の取り除きが完了するまで、地表面型沈下計を破損せずに動態観測を行う必要があります。地表面型沈下計を破損させてしまい、リバウンド量が分からないとカルバートの上げ越

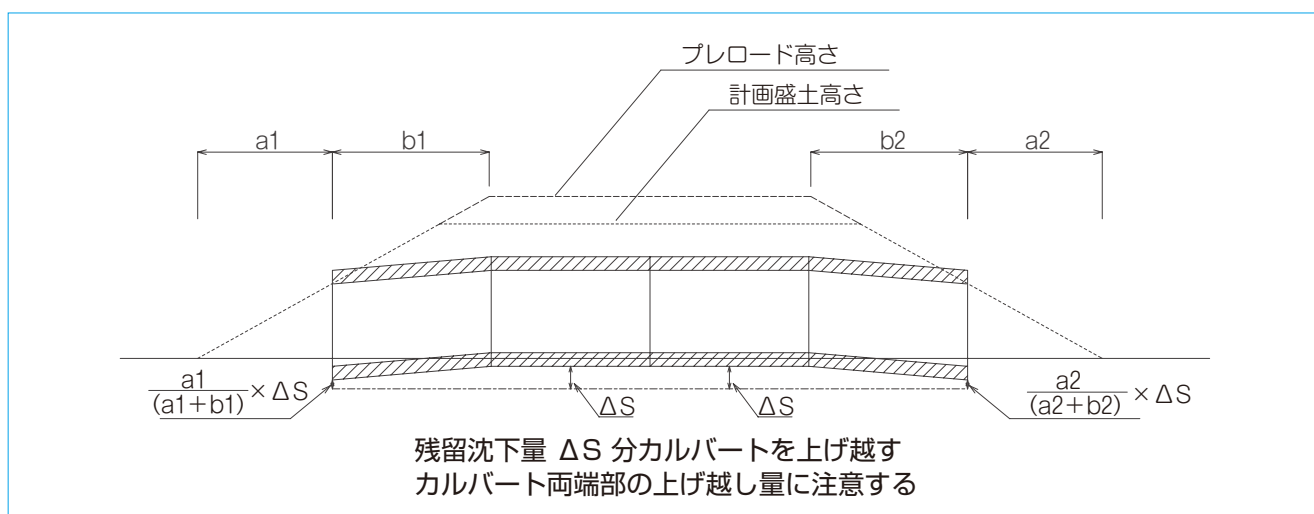


図6 盛土を横断するカルバートの上げ越し

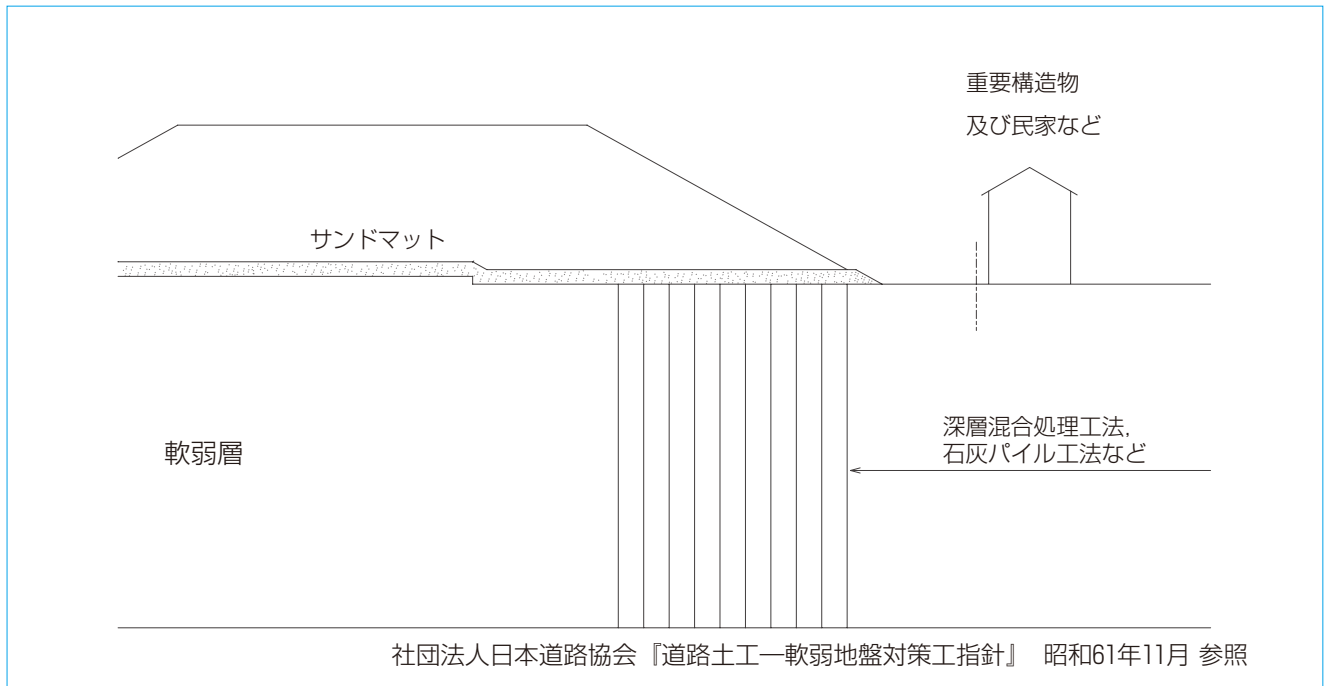


図7 周辺地盤への影響防止対策

し量を決めることができなくなります。軟弱地盤上の盛土高さは、交差する道路の建築限界をクリアする程度の高さとなることが多いので、上げ越し量を少なく設定してしまうとカルバート施工完了時には余裕があった建築限界が、竣工検査前に仕上げ舗装をしようと測量すると余裕が無くなっていることがありますので、リバウンド量を把握しておく必要があります。

7 周辺地盤への影響防止対策は

盛土による沈下や盛土の崩壊に至る円弧スベリが発生すると、盛土に近接した重要構造物や民家などが存在する場合には、影響を与えてしまうことになります。周辺地盤に影響が及ばないようにするためには、盛土範囲の中で地盤を改良する固結工法が適しています。また、比較的振動・騒音の発生が少ない工法となる深層混合処理工法などが採用されます。盛土の法面から法尻箇所に行く地盤改良は、近接家屋に対して本体盛土の沈下を遮断することができます。また、円弧スベリ線が地盤改良体を通ることができなくなるので、盛土が安定します。

8 地震対策

東日本大震災で浦安地区の高級住宅地で液状化現象による大きな被害が発生しました。特に被害が多きい住宅をプロットしてみると、東京湾を埋め立てた時、江戸川の旧河道であったことが分かってきました。海を埋め立てると言っても、水中に土砂を流し込んで地盤としたので、水の中では土を締固めることができないためにフワツとした状態で堆積した地盤であったと想像できます。軟弱地盤の中でも緩い砂地盤は、地震で揺すられると液状化現象によって水と共に砂が吹きあがり、家屋の沈下や傾斜する被害を受けます。

緩い砂地盤上の盛土の安定対策としては、地盤を締固めるサンドコンパクション工法、バイブロ・フローテーション工法などが採用されます。また、地震動による間隙水圧の上昇を早く消散させることができるような方法も効果がありますが、盛土全体に間隙水圧を消散させる設備を設ける工法は具体的にはありません。次に地下水を低下させることでも有効応力を増すことができますが、周辺環境も同時に地盤沈下させてしまう等の

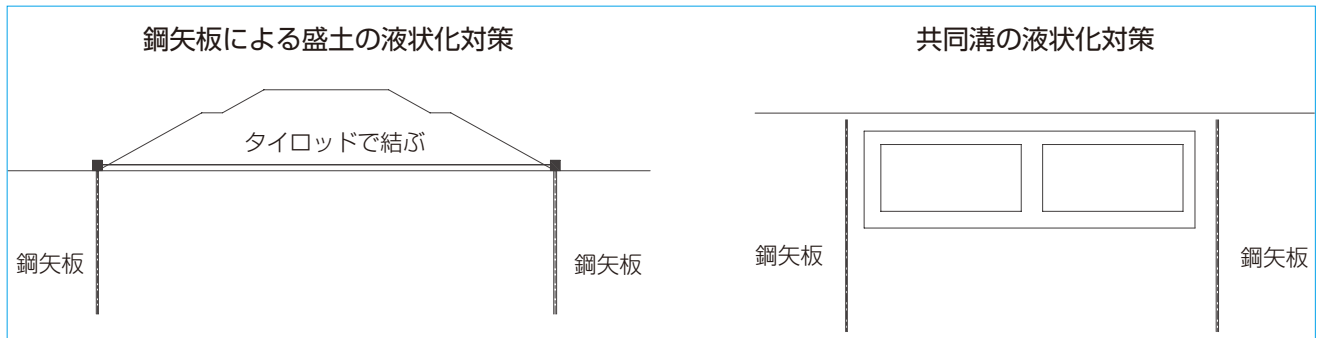


図8 液状化対策

影響を考慮すると具体的な対策となりません。盛土高を高くして有効応力を増加させることも考えられますが、法面部分は増加させることができません。

液状化する層をターゲットにして、完成した盛土の両側の法尻に鋼矢板を打設して上部をタイロッドで結びます。たとえ盛土下の地盤が液状化しても側方へ押し出されないので、沈下量を少なくして盛土を守る対策が行われています。ライフラインを車道の下にまとめたRC構造物である共同溝の両側にも液状化対策として鋼矢板を打設する事例もあります。地盤を対象とした液状化対策としては、格子状に深層混合処理工法で改良する工法が成果を上げています。盛土の施工時点では、経済性から考えると液状化層を狙って締固めができる工法が現実的であると考えられます。

粘性土地盤では、盛土による圧密効果で地盤の強度が増加しており、地震による強度低下は少ないので、圧密を促進させる工法が採用されます。地震時の盛土の安定は、強度増加を加味した地盤定数を使用して安定解析を行うこととなります。

地震で崩壊しない盛土を造成するために、軟弱地盤の対策工を理解すると共に土質調査の内容とその定数の使い方も理解して、軟弱地盤対策に反映できる技術者になることが必要と考えています。

9 軟弱地盤の対策工を組合せて経済性を追求

基本的には、盛土の重さに耐える地盤であるかどうか問題となります。盛土の完成時が一番危

険な状態となるので、盛土が崩壊しないように安定を確保しなければなりません。しかし、盛土の重さに耐えられるようにするための軟弱地盤対策工の種類は沢山ありますが、経済性を追求することが重要となります。経済性に配慮した対策工を選定する場合の検討項目として、以下の条件を確認する必要があります。

- ① 盛土完成時期が決まっているか
- ② 盛土に近接した家屋や重要構造物（既設道路も含む）があるか
- ③ 軟弱層下の基盤は傾いていないか
- ④ 盛土の安定を確保するための地盤強度はどのくらい必要か

以上の条件から、①では、時間に余裕があれば、サンドマット工法を併用した緩速載荷工法が経済的となります。②では、盛土の沈下を近接構造物へ影響しないように深層混合処理工法などの固結工法で盛土区間と縁を切るようにします。③では、沈下量の違いがでますので、不等沈下対策としてカードボードドレーン工法等を採用して沈下量が均等になるような配置計画とします。④では、盛土完成直後の安定が一番危険なので、地盤の強度がどの程度必要なのかを安定解析から求めて、その強度に見合う圧密促進工法を検討することとなります。

また、上記の条件以外でも、軟弱地盤の層が薄い場合は、良質材と置き換えた方が安全で経済的となります。基本は緩速載荷工法ですが、工期が迫っていたり、近接施工となっていたり、基盤が傾いていたりする条件では、最適な対策工法を組

み合せて盛土の安定を確保してください。対策工法の分類と種類は、「軟弱地盤対策工法一覧表」(下記) にまとめましたので参照してください。

最後に、軟弱地盤上に盛土することに関して若い技術者に必要なことは、対策工を理解して周辺環境に影響の少ない補助工法を選定できるようになることです。軟弱地盤対策工を理解すれば、技術士の専門科目の論文の内の1つは記述できることとなります。資格試験は合格するために受験するので、試験の傾向を予測して、確実な試験対策をすることが近道となります。技術士第二次試験

とは「どんな試験なのか？」その内容を理解していれば、いろいろな技術に出会った時に興味が湧き、資料を整理してまとめておこうと考えるようになります。最初は、「35歳で技術士資格を取得する」という「夢」かもしれませんが、本気になって行動を開始したら、「夢」は「目標」に変わります。若い技術者の方々の心の中で、具体的な「目標」となった時、必ず達成できるようになります。したがって、「夢は、目標に変わり達成した時に、叶う。」というプロセスが近道と考えてください。試験勉強は、1週間毎に三日坊主が良いですね。週に3日間勉強すれば夢は叶います。

軟弱地盤対策工法一覧表

工法分類	種類	工法の概要
表層処理工	表層排水工法	幅0.5m、深さ1.0m程度のトレンチに良質な砂・砂礫で埋め戻し地下排水溝とする
	サンドマット工法	トラフィカビリチーの確保と排水層として、軟弱地盤上に0.5~1.2mの敷砂をする
	敷設材工法	トラフィカビリチーと初期盛土の安定を確保するが恒久対策ではない
	表層混合処理工法	表層地盤を生石灰・セメントなどで改良し、トラフィカビリチーの確保と支持力の増加を図る
置換工法	掘削置換工法	軟弱層の全体か部分的に良質材で置き換える
	盛土自重強制置換工法	良質材の盛土自重によって軟弱層を強制的に押し出して置き換える
押え盛土工法		盛土の安全率が得られない場合盛土の側方部を押えて安定を図る
盛土補強工法		盛土内に引張補強材を配置し盛土と一体化させ、地盤の側方流動に伴う盛土底面の広がり拘束し、盛土の破壊を抑制する
緩速載荷工法		地盤が破壊しない範囲の盛土速度を保って盛土する
載荷重工法	盛土荷重載荷工法	計画高さ以上に載荷し放置して、軟弱地盤を圧密させて強度増加を図る
	地下水低下工法	地下水位の低下で有効応力を増加させて軟弱層の圧密促進を図る
	大気圧載荷工法	地表面に気密膜を設けてサンドマット内の空気圧を減じたり、真空にして強制的に排水して、圧密する
バーチカルドレーン工法	サンドドレーン工法	粘土質地盤に鉛直な透水性のより排水柱を設け、排水距離を短縮して圧密促進する
	カードボードドレーン工法	粘土質地盤に鉛直な透水性のよりカードボードを配置し、排水距離を短縮して圧密促進する
サンドコンパクションパイル工法		衝撃荷重や振動荷重で砂を地盤中に圧入し、砂くいを形成して、粘土質地盤では支持力の向上と沈下量の減少を図り、砂質地盤では液状化の防止を図る
振動締め固め工法	バイプロローテーション工法	棒状の振動機を地中地盤に振動させながら水を噴射し、水締めと振動により締め固めで生じた空隙に砂利などを補給して地盤改良する
	ロッドコンパクション工法	緩い砂地盤にロッドをバイプロハンマーで地中に入れ、振動により締め固めを行い、打設孔には砂利や粗砂を補給する
	重錘落下締め固め工法	重量10~25tf、底面積2~4㎡程度の重錘を高さ10~30mから自由落下させ締め固める
固結工法	深層混合処理工法	塊状、粉末状あるいはスラリー状の石灰・セメント系の安定材を原位置の軟弱土と強制混合して、安定処理をする
	石灰パイル工法	生石灰を粘土質地盤に柱状に打設し、地盤の含水量を低下させ強度増加と沈下の低減を図る
	薬液注入工法	砂質地盤中に、薬液・セメントミルクなどの注入材を圧入して固結土を造成し、地盤の透水係数を低下させ、強度の増加を図る
	凍結工法	軟弱地盤や地下水の多い地盤を一時的に凍結させて、湧水の阻止や掘削面などを安定させる仮設工法である
構造物による工法	くい工法	くい群の頭部にRCスラブ、RCキャップ、ジオテキスタイルあるいは鉄筋を組み合わせ支持力の増大と沈下を抑制する
	矢板工法	盛土の側方に矢板を打設して、本体盛土のすべり破壊を防止し、地盤の側方変位を減じて安定を図る
	カルバート工法・高架工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするためにカルバートを連続して並べ、軽量にして地盤の挙動を抑える
土圧低減工法	EPS工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするために、発泡スチロールを用いた超軽量盛土をすることで土圧の低減を図る
	FCB工法	橋台背面の荷重を軽減して橋台に起こる変位を少なくするために、セメント・水および気泡を混合した気泡混合軽量土をすることで土圧の低減を図る

社団法人日本道路協会『道路土工—軟弱地盤対策工指針』昭和61年11月 参照