

若年技術者のための基礎知識

軟弱地盤編—その1

坂田建設株式会社 土木本部 土木統括部長
鈴木 正司

若い技術者の方々は、将来、「技術士」の資格試験に挑戦されると思います。技術士の試験は、21の技術部門がありますが、この土木施工管理技士の機関誌をご精読されている技術者の方々は、その中の「建設部門」を受験するようになるかと思いますが、また、建設部門（二次試験）は11科目に分かれています。また、施工管理業務に従事されている方々は、「土質及び基礎」、「鋼構造及びコンクリート」（特にコンクリート分野）、あるいは「施工計画、施工設備及び積算」という科目を受験されると思います。その試験内容は、必須問題の建設一般論文を1編と10～15問の内から選択する専門論文を2編の合計3編の論文を記述するものとなります。その専門論文で「土質及び基礎」科目で必ず出題されるテーマは、軟弱地盤問題です。軟弱地盤上の土構造物やRC構造物に対しての理解を問われる内容です。「軟弱地盤の定義とは？」なんて難しく考えなくても、「軟弱地盤対策工法を熟知することで、軟弱地盤の理解を深められる」と考えています。

今号では、若い技術者が将来の技術士第二次試験（建設部門）に役立つように、軟弱地盤の対策工法を知識として獲得され、資格取得のための参考編として活用していただければと思います。

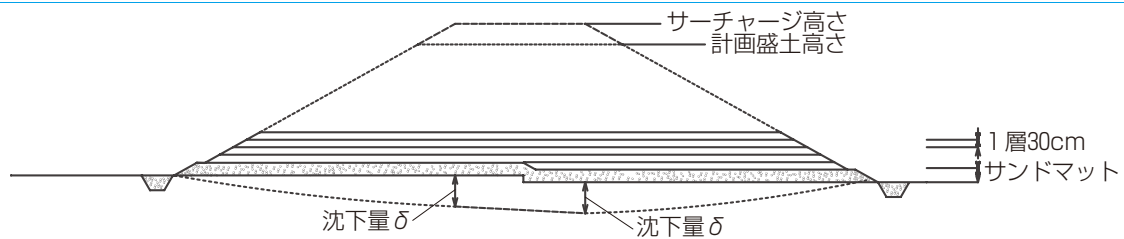
1 ゆっくり盛土したら大丈夫

氷河期のうち、今から20,000年～12,000年前までの海水面は、現在よりも最大130mほど低いことが判っています。しかし、縄文時代前期の6,000年前の海水面は、逆に2～3m高くなっていました。これは縄文海進と言われ、現在の海岸線から遠く離

れている場所で貝塚が発見されていることで分かります。

現在、平野といわれている場所は、流れが緩やかになった河口となっていましたので、微細な粒子の粘土やシルトがゆっくりと堆積していました。しかし、水の中では間隙が大きくフワツとした状態のまま堆積していくので、地耐力がなく、柔らかい地盤となってしまいます。6,000年かけて海面が後退した結果、そんな河口だったところが、平野に姿を変え我々が生活している地盤となっているのです。このような地盤が、問題の多い軟弱地盤と言われているのです。

さて例え話ですが、白菜漬けの作り方は、白菜を半日くらい天日干してから、樽の中に塩をまぶしながら何層にも積み重ねた後に重石で押さえます。すると白菜から水が出てきて、水が出た分だけ白菜の体積が小さくなります。白菜は1週間ほどでおいしい「御新香^{おしんこう}」となります。軟弱地盤の場合は、上から重石（荷重をかけること）を載せると、やはり土の中の水が出て、美味しくなるのではなく、地盤が強くなります。まさに、軟弱地盤は水が抜けると強度が増すのです。砂地盤でも水が抜けると、密度が高くなるので、強度が増します。砂地盤において地下水位を下げれば、圧縮されて沈下しますので効果は高いのですが、周辺地盤まで影響が出るようになるので注意が必要です。また、粘性土地盤では、水が抜けて地盤の強度が増すことを圧密と言います。粘性土層の圧密には、時間がかかります。圧密する時間は、粘土層の厚さの二乗に比例しますので、粘性土層が厚い場合は多くの時間がかかります。



1日5cmの盛土速度とは、1層30cmを盛土したら、6日間放置する

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

図1 緩速載荷工法

軟弱地盤に盛土するには、時間をかけて盛土する緩速載荷工法があります。工期に余裕がある工事では、経済的に安価で施工ができるので採用されています。一般的に盛土厚さは1層30cmですから、1日に5cm盛土するとした場合、 $30\text{cm} \div 5\text{cm}/\text{日} = 6\text{日}$ となります。1層の30cmを盛土すると6日間は何もしないで放置することになります。したがって、1日に施工する盛土エリアが少なくとも6箇所以上ないと作業が止まってしまうこととなります。盛土を休止している期間も盛土の沈下状況を観測する必要があります。急激に沈下量が増加した場合などは、地盤が荷重に耐えきれなくなったと考え、そのまま作業を続けると盛土が崩壊する危険があるので、盛土作業を休止しなければなりません。盛土するという事は、地盤に重石（荷重をかけること）を載せることなので、崩壊の危険がないように粘性土層をゆっくりと時間をかけて圧密させていかなければなりません。したがって、盛土の沈下観測は、施工を安全に進めるための重要なポイントとなります。盛土高さに限界はありますが、このように沈下観測をしてゆっくりと盛土すれば、軟弱地盤上に確実に盛土することができるのです。

2 将来の重さで沈下を完了させれば大丈夫

軟弱地盤に盛土するためには、計画された盛土高さによる「盛土の安定」（全応力による円弧スベリ解析）を第1に行います。その安全率が確保できれば、第2に「沈下の検討」を行います。「盛土の安定」には、補助工法が必要な場合が多く、圧密の促進対策工法のバーチカルドレン工法を併

用する場合や近接施工で周辺環境への影響を小さくする固結工法の深層混合処理工法を併用する場合があります。補助工法は、周辺環境に配慮した効果的で経済性を追求した工法が選定されます。補助工法の後に盛土する手順となりますが、将来の盛土高さより少し高く盛土して圧密させる載荷重工法があります。一般の盛土部ではサーチャージ工法と呼び、構造物部ではプレローディング工法と区別されています。

軟弱地盤上の盛土の施工管理ですが、沈下量によって盛土天端幅員が不足し、幅員を確保するために法面に薄層の勾配修正盛土を行うこととなります。盛土の法面を薄層で仕上げると表層崩壊の原因となりますので、そうならないように、推定沈下量から事前に幅員は広く管理し、沈下しても計画法面勾配を確保できるように注意しましょう。盛土の安定は、沈下の状況を把握するために行う動態観測が重要となります。動態観測は、地表面型沈下計、深層型沈下計、地表面変位ぐいなどにより定期的に行います。その結果を沈下曲線に記し、盛土の安定、盛土工程の進捗、残留沈下量の推定、除荷時期などを判定します。

3 新旧盛土の縁を切る

先行して施工された盛土は圧密沈下が終了して安定していますが、道路の拡幅や交差道路の接続などで何もせず新たに盛土すると先行施工された安定した盛土が沈下します。したがって、腹付け盛土を開始するまえに先行盛土の沈下防止対策工を行わなければ、その影響を受けることになってしまいます。対策工法には、先行盛土の法面に鋼矢板を打設して腹付け盛土の影響を受けないよう

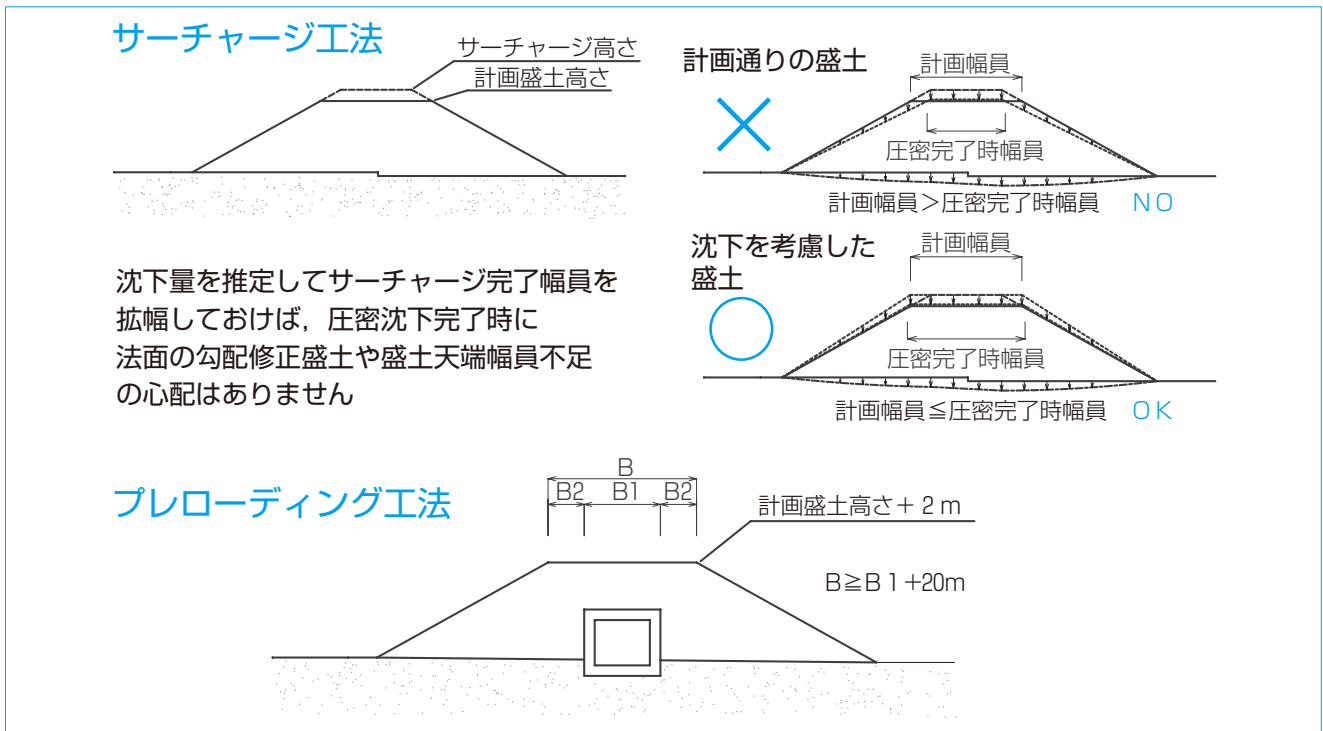


図2 プレローディング工法とサーチャージ工法

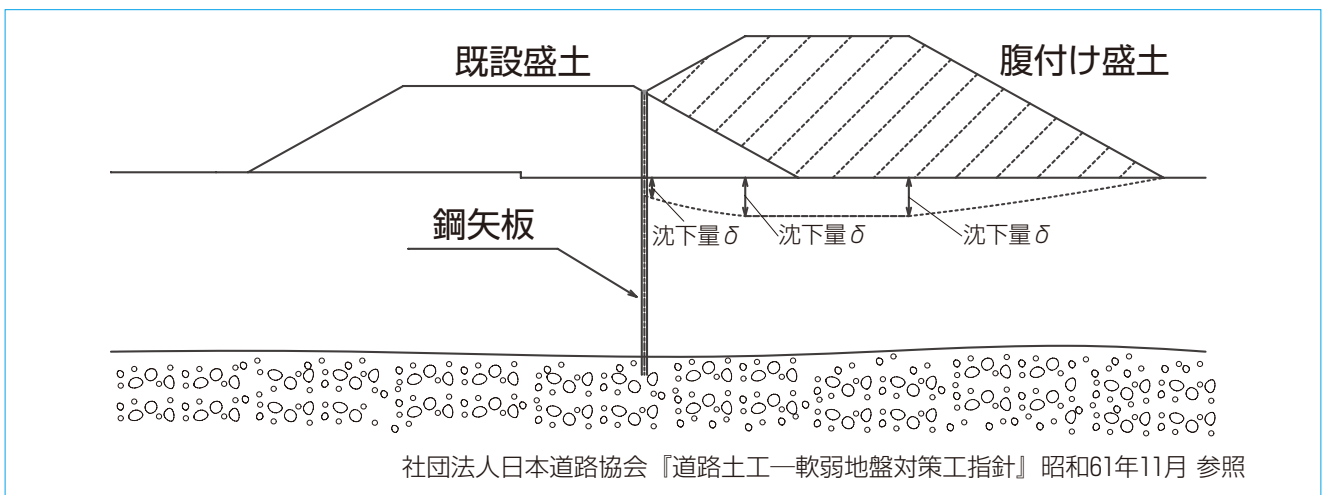


図3 腹付け盛土

にする矢板工法が確実な工法と考えられます。軟弱層が比較的薄い層圧の場合は、鋼矢板によって確実に縁が切れ、腹付け盛土の影響を排除することが可能です。施工条件として、矢板長が10m～15m程度であれば、経済性も良好といえます。軟弱層が厚い場合でも、中間層にN値=30程度の砂層や砂礫層が存在すれば、その下層に軟弱層があったとしても沈下の影響を少なくすることができますと考えられます。

4 不等沈下がないように

軟弱地盤の厚さが違う場合は、基盤となる地盤

が傾斜しています。傾斜基盤上の軟弱地盤に盛土をすると、盛土の沈下量は、軟弱層の厚い部分は大きく、薄い部分は小さくなります。すると不等沈下によって盛土が、薄い方から厚い方へ、スベリ破壊を起こす危険があります。

また、切土部が安定し、盛土部が軟弱地盤である片切り片盛りの盛土についても同様に基盤が傾斜しています。軟弱地盤上の盛土に不等沈下が発生し、地山との境から軟弱地盤方向にスベリ破壊を起こす危険があります。

上記のいずれにおいても基盤が傾斜しているので、不等沈下を防止する対策が必要となり、沈下

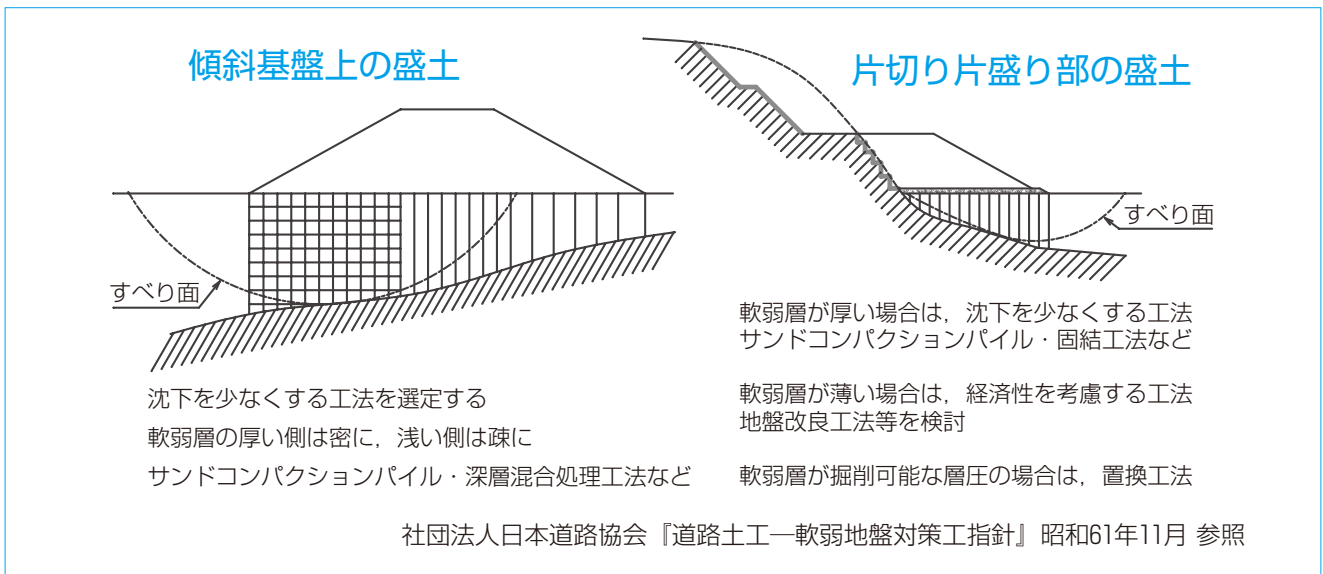


図4 傾斜基盤上の盛土と片切り片盛り部の盛土

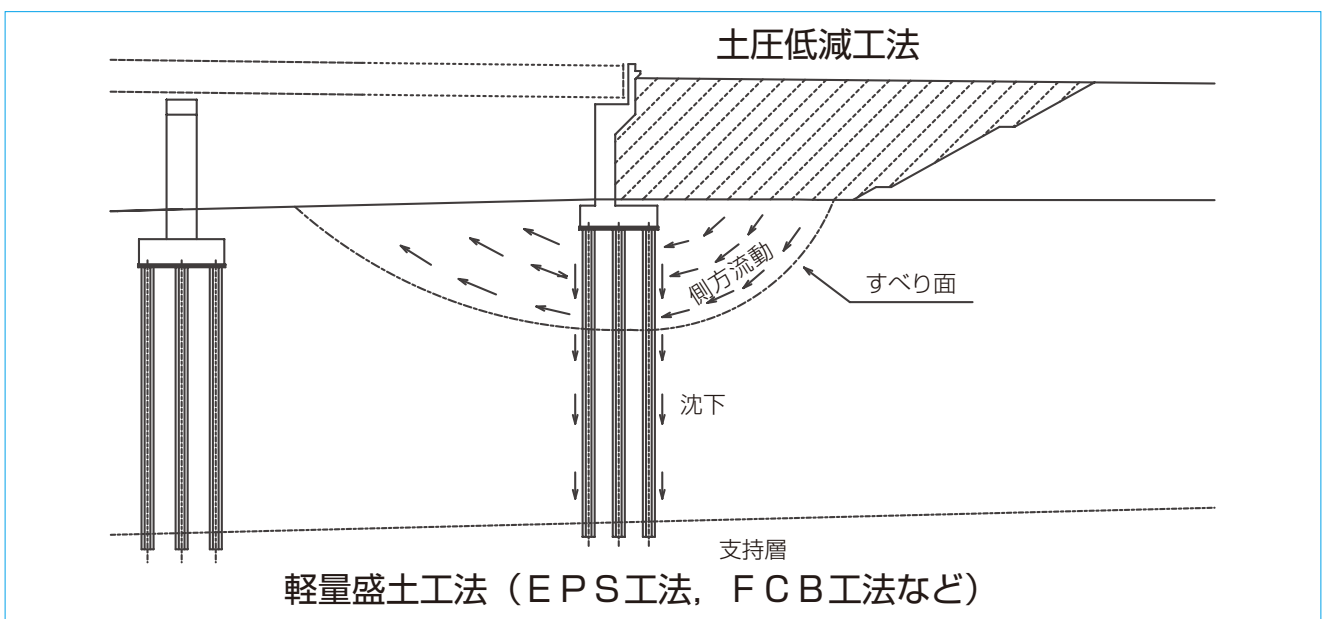


図5 RC構造物に接する盛土

量が同程度になるように、固結工法やバーチカルドレーン工法等の補助工法を実施します。

5 RC構造物に接する盛土

軟弱地盤にかかる橋梁においては、橋台背面の盛土が偏荷重となり問題となります。盛土の荷重によって、軟弱層が橋台の基礎杭の間をすり抜けて橋台前面に移動し、側方流動現象や基礎杭周囲の軟弱層が沈下して杭本体に押し込み力が作用するネガティブフリクションという負の摩擦力が発生します。そうすると、橋台は前面に移動したり、沈下したりして支障をきたすようになります。

橋台の背面盛土の荷重の軽減対策として、軽量

盛土工法が一般的です。発泡スチロールを用いた超軽量盛土のEPS工法とセメント・水および気泡を混合した気泡混合軽量土を用いたFCB工法があります。

また、橋台前面に押え盛土をする工法もありますが、側方流動や円弧スベリは押さえられますが、押え盛土の沈下によって橋台に影響を与えることになりますので、荷重を増やすことには注意が必要です。構造物で土圧低減をする工法としては、連続カルバートボックスを並べることもあります。

(次号に続く)