

解 説

大深度(大土被り)を対象とした地盤改良工法の問題点とその対策

さとう じゅん
佐藤 潤
日特建設(株)
技術本部

1 はじめに

日本は、国土全体の7割が山岳地、残りの3割が平野部であり、その3割の平野部に人口が密集しているのが現状である。その結果、建築物は高層化し地下構造物は大深度(大土被り)化が進んでいる。地下構造物としては、「地下鉄」「高速道路」などがあげられ、近年ではそれらは地下40mを超え50m以上となってきた。地下には当然ながら地下水があり、深度が大きくなればなるほど水圧は高くなり、土圧とともに加わってくる。

それらへの対策工法として地盤改良工法が用いられるが、ここでは、大深度(大土被り)を対照として地盤改良工法を行う場合の問題点およびその対策について述べる。

2 改良目的

推進工法に伴う地盤改良工法の改良目的としては主に以下の項目があげられる。

- ①立坑築造に伴う底盤部の防護(図-1)
- ②発進・到達坑口の防護(図-2)
- ③推進管路の防護

地盤改良工法に期待される改良効果は「止水」「地盤の強化」であり、期待される期間としてはコンクリートを打設するまでや覆工を行うまでといった一時的なもの(仮設)がその多くを占める。

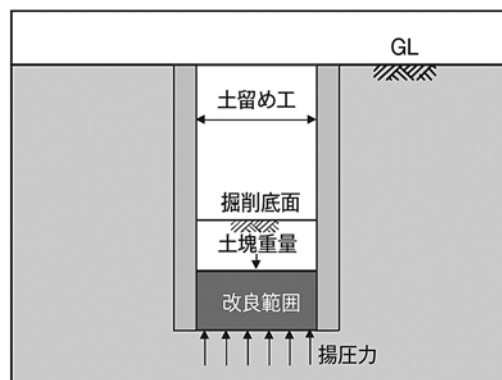


図-1 底盤防護模式図

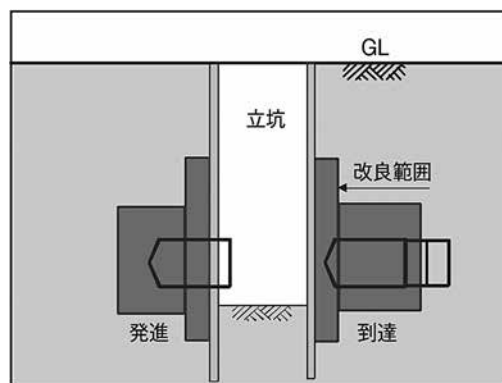


図-2 坑口防護模式図

3 地表からの地盤改良工法

地盤改良工法は、基本原理によっていくつかに分けられるが、大深度(大土被り)での施工の場合はその多

--

工法名	標準適用最大深度 (GL-)	設計強度
薬液注入工法 (ダブルパッカ工法)	約50m	c(粘着力) = 最大100kN/m ² 程度
高圧噴射攪拌工法	約50m	qu(一軸圧縮強度) = (砂質土) 3,000kN/m ² 、(粘性土) 1,000kN/m ²
深層混合処理工法	約40m	qu(一軸圧縮強度) = 1,000kN/m ² 程度

くが「固結」に分類される工法である。

固結工法とは、薬液やセメント等を用いて地盤を固める工法であり「薬液注入工法」「高圧噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）」「深層混合処理工法（機械式攪拌工法）」などがある。

3.1 地下水の問題点

それぞれの工法の標準適用深度および設計強度を表－1に示す。この表における標準適用深度は、施工基面からの深度であり、地表から考えてさらに深い箇所を改良する場合には、施工基面を下げればよい。ただし、その場合には地下水の流れが問題となる。固結工法は、薬液の対象地盤への浸透や、セメント等の固化材と対象地盤を攪拌混合することにより改良体を形成するが、それらが硬化するまでには時間を要する。必要な時間は使用する材料により異なるが、対象範囲に地下水の流れがある場合「材料の希釈による強度の低減」や「材料自体が地下水に流され対象範囲が未改良となる」ことが考えられる。これは、大深度（大土被り）のみならず固結工法全般にいえることである。

対象範囲が浅い場合は、地下水の流れを止めることを目的として周囲に鋼矢板等を用いて止水壁を設けることにより対応が可能である。ただし、対象範囲が大深度である場合、止水壁を設けることができる深度に限界があるため十分な注意が必要である。また、施工基面に関しては、地下水位が高い場合、施工基面を地下水位以深まで下げると使用するロッドやケーシングを伝って材料が固結する前に噴出してしまうので、地下水位より浅い深度とする必要がある。

3.2 出来形への問題点と対策

大深度（大土被り）を対象として地盤改良工法を施工するにあたり最も問題となるのは、その精度である。改良体が所定の位置に造成されるかは、削孔精度によ

て左右される。薬液注入工法では $\phi 40.5 \sim 100\text{mm}$ 、高圧噴射攪拌工法では $\phi 140 \sim 200\text{mm}$ と細い径のケーシングやロッドを用いて所定の深度まで削孔し大きな改良体を作ることを特徴とした工法である。地盤改良工法における削孔

の精度は一般的に1/100程度といわれているが、それは、軟弱な地盤でかつ鉛直の場合である。一方、削孔範囲に礫や硬質な地盤がある場合は、削孔時に抵抗がかかり鉛直性が下がることが考えられる。斜めの施工であれば、削孔精度はさらに低下する可能性が高くなる。

精度が低下した場合の問題点としては、未改良部が発生することが考えられる。地盤改良工法では1本あたりの受け持つ改良範囲は設計・計画によって決まっており、例えば薬液注入工法では約1m²/本、高圧噴射攪拌工法ではその工法の改良径にて届く範囲となる。孔曲がりによって本来受け持つ範囲を超えてしまった場合、未改良部が発生し、そこから出水や地盤の崩壊といったことが起こる。

削孔工施工時の対策方法としては①ボーリングマシン自体がずれないように強固に固定する②使用するケーシングやロッドの径を太くしたり肉厚を厚くすることにより剛性を高め、ツールスが曲がりにくくするといった方法がとられる。削孔完了後は傾斜計やジャイロ計等を用いて、その精度を計測する場合もある。計測した結果許容値を超えている場合は、一度抜管し再度削孔を行うことや、その後行う近接する孔を未改良範囲が残らないように移動するといった対策をとる必要がある。

その他、設計時の対策方法としては、あらかじめ孔曲がりが発生することを予想して、孔配置を行う際に孔ピッチを縮めて配置するといった方法がとられる。例えば、日本ジェットグラウト協会では、深度40mを超えるものに関しては補正として表-2に示す補正値を通常のピッチから減ずることとしている。

表-2 高圧噴射攪拌工法 ピッチ補正表

施工深度 H(m)	$40 < H \leq 45$	$45 < H \leq 50$	$50 < H \leq 55$	$55 < H \leq 60$
修正值 S(m)	0.05	0.10	0.15	0.20