傾斜する基盤上で施工する低改良率セメントコラム工法に関する一考察

(独)土木研究所　正会員　○近藤　益央、宮武　裕昭、宮川　智史

1. はじめに

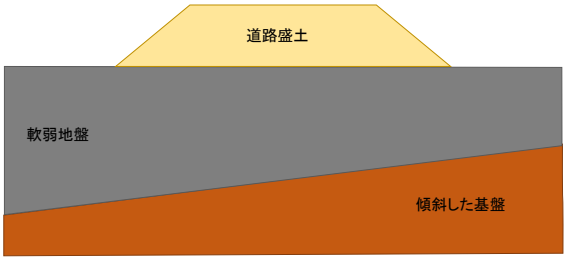
道路盛土等の土工構造物が構築される環境は様々である。一様な地盤構成になっていることはまれであり、地層が傾斜していたりするのが一般的といえる。基盤が傾斜している地に軟弱地盤対策を施すと、盛土のすべり崩壊に伴う水平もしくは斜め方向からの外力の他に、基盤の傾斜による水平力も改良体に作用する。地盤は地震力等の外力が作用したり、盛土等の構造物が新たに構築されたりすると、外力により不安定となった軟弱地盤が安定した状態へと変形が生じる。すなわち、改良体には斜面にそった軟弱地盤の滑動による外力が作用することから、このような条件下で軟弱地盤対策を行う場合には、盛土のすべり安定や沈下量による照査のみならず、滑動に対する照査が重要になってくる。そこで、基盤が傾斜した地盤で低改良率地盤改良を実施する際に注意すべき事項について検討したので設計事例も併せて紹介するものである。

2. 傾斜する基盤上の軟弱地盤対策に関する検討

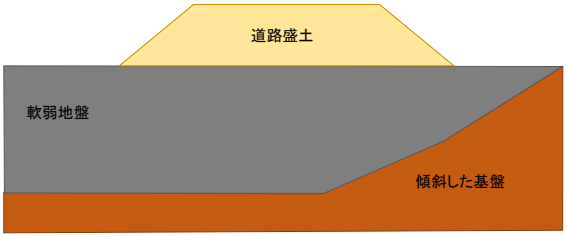
図-1 に基盤が傾斜するパターンを示す。図-1(a)は盛土全体が傾斜基盤上に構築される場合で、図-1(b)では盛土直下の基盤が一部傾斜している場合を示す。盛土直下に施される軟弱地盤対策としての地盤改良では、図-1(a)の場合には改良体に盛土のすべりに対するせん断力と基盤の傾斜に伴う軟弱地盤の側方流動が発生し、滑動力が作用する。これに対して図-1(b)の場合には基盤が水平な範囲と傾斜している範囲の状況により、図-1(a)同様に基盤の傾斜に伴う滑動力を考慮すべき場合と、傾斜基盤の影響が小さく、改良体が確実に基盤に着底していれば滑動の影響を無視できる場合があると考えられる。基盤の傾斜に伴う滑動力が懸念される場合には、傾斜基盤下流側のり尻部で盛土の安定を向上させる目的として改良率や改良体強度を高める必要がある。これは、基盤が傾斜していると、改良体に偏荷重や側方流動にともなう水平力が作用し、改良体間での軟弱地盤のすり抜けや改良体の倒れ込み等が懸念されるためである。

機械攪拌式深層混合処理工法のCDM工法では、図-2 に示す対策幅 B を対策深度（改良体長さ）D に対して 0.5～1.0 とし、改良率についても 30～50%以上とすれば過去の実績から盛土のすべり対策や側方流動対策として有効であるとしている [2)]。そこで、改良率が 30%を下回る低改良率セメントコラム工法について以下のように検討を行った。

① 法尻部から滑動に対する対策幅 B を対策深度（改良体長さ）D に対して 0.5 以上となるように決める。
② 滑動対策部の基盤部から主働崩壊角を立ち上げた範囲 L を決める。
③ ②で決めた L が水平基盤の範囲 X を超えていれば傾斜基盤上とみなして滑動安定対策を施す。この際、低改良率地盤改良範囲を軟弱地盤と改良体の複合地盤とせず、改良体を無視して盛土荷重も含めた主働土圧を算定することで、安全側の設計を行うこととした。
④ ②で決めた L が水平基盤の範囲 X を超えていなければ低改良率改良体が傾斜基盤に着底することで盛土荷重を分担できるものとして、滑動安定対策は不要とする。た



(a)盛土全体が傾斜基盤上にある場合



(b)盛土の一部が傾斜基盤上にある場合

図-1　基盤が傾斜するパターン

キーワード　地盤改良、低改良率、軟弱地盤、傾斜基盤
連絡先　〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ TEL 029-879-6759

だし、滑動照査、圧密沈下量、改良体応力照査、円弧すべりに対する安定照査をそれぞれ行い、必要に応じて傾斜基盤上の改良率を上げるなどの対策を行う。

3. 傾斜する基盤上での低改良率セメントコラム工法の設計例

傾斜する基盤上に約 30m の軟弱地盤が存在する箇所に高さ約 14m の盛土を構築した場合の設計例を図-4 に示す。基盤(N 値 50 以上の泥岩層)が約 20°傾斜し、N 値 5 程度の粘性土が軟弱地盤として厚く堆積している。山側法尻部には補強土壁を設置するため、この補強土壁直下については接円タイプの地盤改良を施している。この断面では図-3 に示した L が X を超える条件となり、滑動に対する安定対策を施した。安定対策部は、改良長の 0.5 倍に相当する幅 15.5m にわたって改良率 39.2%の改良体を千鳥配置とした。滑動対策部と補強土壁直下に挟まれた盛土直下部は改良率 19.2%の低改良率での改良体を格子配置とした。この条件で改良体の滑動、すべり安定、沈下量(全沈下量、不同沈下量)、改良体応力についてそれぞれ照査を行った。改良体の滑動に対する照査では許容安全率 1.2 に対して滑動安全率は 1.201、すべり安定については許容値 1.25 に対して安全率は 1.76 となり、沈下量(全沈下量、不同沈下量)、改良体応力についても満足していることを確認した。さらに、改良体の施工にあたっては、改良体が確実に着底するように、二軸型の HL-DJM 機を図-5(b)になるように設置・施工した。盛土施工時には法尻近傍に観測杭を設置して水平及び鉛直変位を計測した。盛土構築による一時的な変位(50～80mm)が発生したものの、盛土完成後も継続して行った水平変位、鉛直変位を観測では、変位は増加しておらず安定していることが確認できた。

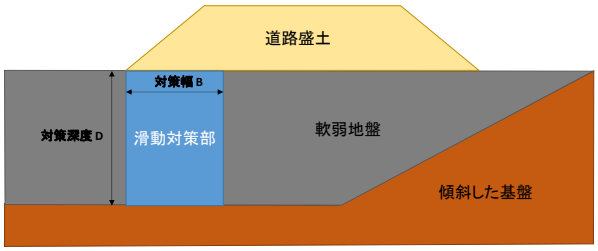


図-2 支持層が傾斜する場合の滑動安定対策

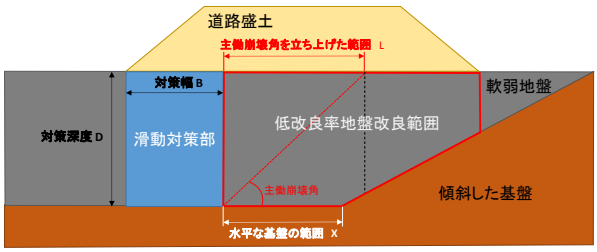


図-3 滑動安定対策の検討

4. まとめ

傾斜基盤上の軟弱地盤に対して低改良率セメントコラム工法を適用する場合には、傾斜下流部に改良率を高めた滑動安定対策部を設置することにより、盛土直下を低改良率にしても盛土荷重の支持や滑動に対する安定も確保できることがわかった。また、盛土荷重を確実に改良体で支持するためには、改良体を確実に着底させる必要があり、そのためには施工機械の設置にも注意をはらう必要がある。

参考文献

1)地盤改良のための ALiCC 工法マニュアル、(独)土木研究所、2007.1
2)CDM Q&A 集、CDM 研究会、2005.2

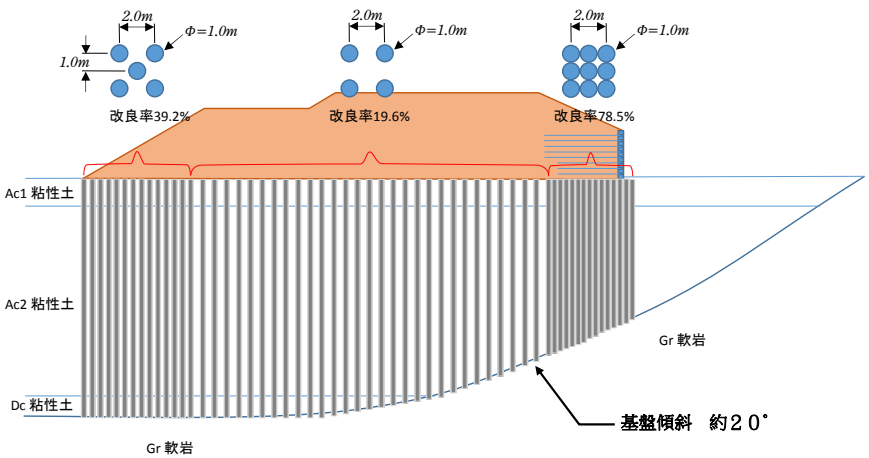
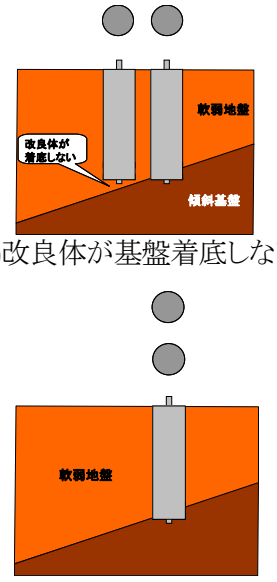


図-4 傾斜基盤上での低改良率地盤改良の事例



(a)改良体が基盤着底しない

(b)改良体が基盤に着底

図-5 二軸型機械における注意点