

軟弱地盤上の道路盛土における複数工法を併用した地盤対策設計事例

中央開発株式会社 ○本杉 ななね, 栗原 朋之

1. はじめに

本検討の対象地である軟弱地盤上の道路盛土の計画地では、過年度業務において、圧密沈下・安定対策として低改良率セメントコラム工法（ALiCC 工法）が計画されていた。しかし、事業スケジュールと工事予算の変更のため、より経済的な対策工法が望まれ、再検討を実施することとなった。本検討では、一般的に安価となる圧密に伴う地盤の強度増加の促進を主とした対策工法を検討した。しかし、対象地は計画盛土高が高く地盤強度も低いいため、圧密促進のみでは道路盛土の安定性確保が難しい。そこで、延長された事業スケジュールと周辺用地の借地を前提に、複数工法を併用した軟弱地盤対策を提案した。本稿ではこの成果について報告する。

2. 検討条件

(1) 地盤状況と計画盛土

検討区間は埋没谷に位置する。土層構成は、表土 (Bc) の下に沖積腐植土層 (Ap)、沖積粘性土層 (Ac1, Ac2) と砂質土層 (As1, As2) が分布し、GL-14m 以深は洪積粘性土層 (Dc) と砂質土層 (Ds) で構成される (図-1)。

圧密沈下対象の粘性土層 (Bc, Ap, Ac1, Ac2) の層厚は 10.5m 程度である。地下水位は GL-0.2m 程度と浅い。地盤定数は表-1 に示すとおり、Bc, Ap, Ac1 の粘着力 (c_u) は 10kN/m^2 未満と非常に軟弱である。強度増加率 m は、 C_u/P_c (圧密降伏応力) による値と I_p (塑性指数) の関係式による値を基に、一般値の範囲を考慮して設定した。

計画路線は、終点側に向かって盛土高が高くなり、最大の盛土厚は 6.2m である。解析断面 (図-2) は盛土厚が最大となる位置に設定した。

(2) 無対策時の評価

圧密沈下量は、計画高に対して 163cm, 必要盛土高 ($H = 8.9\text{m}$) に対して 202cm である。また、必要盛土高に対して許容残留沈下量 30cm を満たす放置期間は 1,079 日となる。地盤破壊に対しては、無対策の場合、施工時、常時、地震時いずれも許容安全率を満足できない。また、必要盛土高に対して圧密度 100% の際の強度増加を考慮しても、許容安全率を満足できない。

表-1 地盤定数

地層	N 値	γ_t (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)	m
Bc	0	12	6.7	0	0.35
Ap	0	12	6.7	0	0.35
Ac1	1.5	14.5	9.3	0	0.25
As1	3	17	0	30	—
Ac2	0	14.5	21.2	0	0.3
As2	4	17	0	30	—

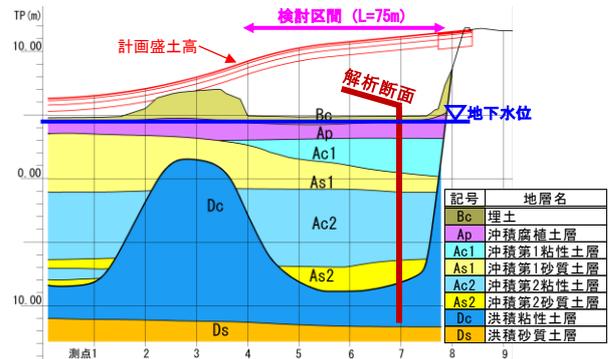


図-1 地盤状況と計画路線 (縦断面図)

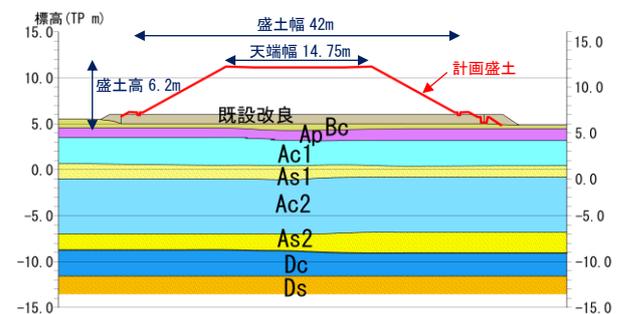


図-2 検討断面

3. 対策工法検討結果

(1) 対策工法の検討方針

対策工費削減のため、圧密に伴う地盤の強度増加の促進を主として、ALiCC 工法のような地盤改良を伴わない対策工法を検討する。ただし、上述のとおり必要盛土高に対して圧密度 100% の強度増加を考慮しても許容安全率を満足できないため、盛土・圧密工法+パーチカルドレーン工法 (案 1) のみによる対策は不可となる。そのため他工法の併用が必要となる。

対象地では周辺用地を借地できる可能性があることから、借地に押え盛土を配置し、案 1+押え盛土工法により安定性確保を図る工法を検討した。しかし、押え盛土法尻の安全率を確保できる高さでは、道路盛土部の目標すべり安全率を確保できない結果となった。また、案 1+押え盛土工法に加えて、ジオテキスタイルによる補強で安定性の向上を図る案も考えられる。しかし、ジオテキスタイルの適用条件が無対策時に安全率 1.0 以上を満足すること¹⁾であるが、案 1+押え盛土工法において、施工時と常時の安全率 1.0 以上を満足できないことから、案 1+押え盛土工法+ジオテキスタイルは適用不可となる。そこで、本道路計画では事業スケジュールに余裕があることを踏まえ、案 1+押え盛土工法に加えて、段階的により地盤の強度増加の進行を待つとともに、ジオテキスタイルも併用して安定性の向上を図る対策工法を検討することとした。

(2) 最適工法

(1)より、案 1+押え盛土工法+段階载荷+ジオテキスタイルによる対策を最適工法とした。なお、パーチカルドレーンは道路盛土部直下だけでなく押え盛土直下にも配置し、強度増加促進を図る設計とした。パーチカルドレーンのピッチは、早期の圧密促進のため、一般的な最小のピッチである 0.6m¹⁾とした。ジオテキスタイルは道路盛土部から押え盛土部まで連続して敷設する。押え盛土の高さと幅、段階载荷の工程は、段階载荷の各段階においてジオテキスタイルの適用条件の安全率を満足するよう、試算を行い決定した。その上で、施工時、常時、地震時の許容安全率を満足するジオテキスタイルの設計引張強さを決定した。対策工法の検討結果と既往設計の比較を表-2 に示す。

上記ではドレーンピッチを最小としたが、ピッチを粗くすると、圧密放置期間が長く必要となるため対策期間が長くなる代わりに、対策費は安価になる。そこで、事業スケジュールと対策費の兼ね合いで事業者が選択できるよう、複数ケースのドレーンピッチに応じた、対策期間と対策費を示した(表-3)。概算の対策工費を比較すると、既往設計の ALiCC 工法で 120,000 千円だったのに対し、本検討結果により、対策期間が 814 日(2.3 年)かかるドレーンピッチ 0.6m では 102,000 千円、対策期間が 1182 日(3.3 年)かかるドレーンピッチ 1.0m では 75,000 千円となり、対策費を削減することができた。

なお本工法は、借地返却前に押え盛土の撤去が必要である。これに伴い、ジオテキスタイルについても、切断して押え盛土内に敷設していた部分を除去し、端部を道路盛土内に巻き込む処理が必要となる。また、借地にパーチカルドレーンを配置するため、生分解性ドレーンの使用もしくは、通常ドレーンを使用して借地返却前に表層をすき取り耕作土に置き換える等の対策が必要となる。ただし、生分解性ドレーンは通常ドレーンと比べて排水

機能を保つ期間が短い。そこで、事業者が決定したドレーンピッチにおける対策期間に応じて選定できるよう、ドレーン材分解期間と排水機能の低下を考慮したドレーン材の提案を行った。

表-3 ドレーンピッチと対策期間と対策費

ドレーンピッチ	段階载荷(日数)	ドレーン施工(日数)	対策全工程(日数)	ドレーン本数	対策費計
0.6m	338	183	814	15,500	102,000 千円
0.8m	528	103	924	8,700	84,000 千円
1.0m	823	66	1182	5,600	75,000 千円

4. おわりに

本検討では、盛土载荷重工法+パーチカルドレーン工法+押え盛土工法+段階载荷+ジオテキスタイルの複数工法を併用した対策工法を選定した。用地および対策期間を確保することで、このような、地盤改良を用いない比較的安価な工法を組み合わせた対策が可能となった。用地や事業スケジュールの制約が厳しいと適用できる対策工法に限られるが、本検討のように、用地や対策期間を確保できる場合、より経済的な対策工法を適用できる可能性がある。軟弱地盤対策工法の検討においては、このような視点を持ち、事業者と用地や事業スケジュール、施工条件に関してよく協議し、条件の中で実施可能なより良い対策工法の仕様を提案することが重要と考える。

また、本工法は圧密に伴う強度増加を見込んでいるため、実際の施工中の沈下管理および安定管理が重要である。機会があれば、施工中~施工後の動態観測結果の分析により、予測値と実際の地盤の挙動の差異を確認し、設計値の事後評価を行えるとよいと考える。

《引用・参考文献》

- 1) 道路土工 軟弱地盤対策工指針(2012):公益社団法人日本道路協会, pp. 258-262, pp. 344-347.

表-2 対策工法の検討結果と既往設計の比較

工法	盛土载荷重工法+パーチカルドレーン工法+押え盛土工法+段階载荷+ジオテキスタイル	ALiCC 工法+浅層改良(既往設計)
模式図		
改良仕様	<p>【ドレーン】打設ピッチ: 0.6m, 打設深度 D=13.5m</p> <p>【载荷盛土】盛土厚: 計画高+2.70m</p> <p>【押え盛土】高さ H=3.4m, 幅 B=20.0m (段階载荷: H=2.5m→圧密度 80%→H=3.0m→圧密度 90%→H=3.4m→圧密度 80%→道路盛土部)</p> <p>【ジオテキスタイル】設計引張強さ $T_A=60\text{kN/m}^2$ 以上</p>	<p>【深層混合処理】杭径 $\phi 1000\text{mm}$, 改良率 $A_p \approx 27.2\%$, 改良強度 $q_{\text{uck}}=600\text{kN/m}^2$, 改良長 D=12.4m</p> <p>【浅層改良】改良強度 $q_{\text{uck}}=170\text{kN/m}^2$, 改良長 D=1.8m</p>
概算工費	102,000 千円 (借地費・押え盛土撤去費含む) (○)	122,000 千円 (△)