

# 東関東自動車道水戸線の 軟弱地盤対策について

鶴田 友弥<sup>1</sup>

<sup>1</sup>関東地方整備局 常総国道事務所 工務課 (〒300-0033 茨城県土浦市川口1-1-26 アーバンスクエア土浦ビル4F)。

東関東自動車道水戸線（潮来～鉾田）の盛土区間について、軟弱地盤対策のコスト削減について検討した。当該区間は、周辺に水田が多く、地層は砂質土が多いことから、沈下だけでなく、盛土の安定等についての対策を検討する必要性が生じた。今回、コスト削減を目的とした効果的な軟弱地盤対策とその工法を提案する。

キーワード 東関東自動車道水戸線（潮来～鉾田），盛土の安定対策，沖積層，軟弱地盤対策，コスト削減，

## 1. 目的・背景

東関東自動車道水戸線（潮来～鉾田）の盛土区間においては、沖積層が広く分布しており、砂層も多いため軟弱地盤対策が必要である。数ある軟弱地盤対策工法の中から、経済性や施工性を比較検討し、効果的な工法を選定する必要がある。

## 2. 東関東自動車道水戸線の概要

東関東自動車道（潮来～鉾田）は常磐自動車道三郷JCTを起点とし、北関東自動車道茨城町JCTまでの延長143kmの高速自動車国道のうち、茨城県潮来市を起点に茨城県鉾田市に至る延長30.9kmの道路である。（図-1参照）  
道路延長30.9kmのうち、盛土区間が13km、切土区間が

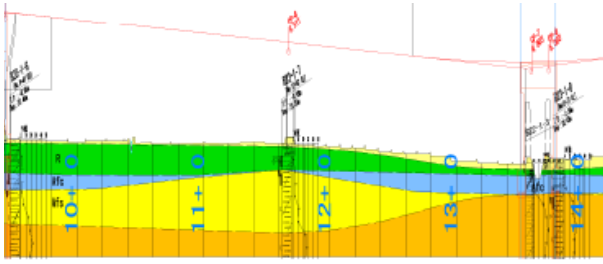
15.2km、橋梁区間が2.7kmとなっている。切土区間に関しては、盛土の安定に対する軟弱地盤対策の必要はなく、橋梁区間に関しては、今回検討からは除外するものとした。盛土区間に関しては、延長13kmのうち5.6kmは軟弱地盤対策の必要がないため、軟弱地盤対策が必要な7.4kmについて検討をした。

## 3. 当該区間の地層について

東関東自動車道水戸線の盛土区間の地層について、図-2のとおり沖積層が多く分布しており、現在水田として利用されている箇所がほとんどである。また、当該区間の沖積層には、N値の低い砂質土層や腐植土層を多く含んでおり、盛土法面端部においてすべり破壊等を起こす危険があるため、軟弱地盤対策を行う必要がある。



図-1 東関東自動車道水戸線全体図



| 地質時代 | 土質名        | 土質記号   | 主な土質         |              |
|------|------------|--------|--------------|--------------|
| 現世   | 盛土(水田・耕作地) | T      | 粘性土、砂質土      |              |
|      | 盛土(水田・耕作地) | S      | 砂混じりシルト      |              |
|      | 腐植堆積物      | dt     | 砂質土          |              |
|      | 干拓・埋土(埋運)  | R      | 砂質土          |              |
| 完世   | 沖積原        | 腐植土層   | Afot         | 泥炭           |
|      |            | 粘性土層   | Afo          | シルト          |
|      |            | 砂質土層   | Afs          | 細砂           |
|      | 新積層        | 腐植土層   | Avot         | 泥炭           |
|      |            | 粘性土層   | Avo          | シルト          |
|      |            | 砂質土層   | Avs          | 細砂           |
| 第四紀  | 関東ローム層     | Lm     |              |              |
|      | 礫層         | Lc     |              |              |
|      | 洪積層        | 第1砂質土層 | Da1          | 細砂<br>礫混じり細砂 |
|      |            | 第2砂質土層 | Da2          | 細砂<br>礫混じり細砂 |
|      |            | 第1粘性土層 | De1          | シルト          |
|      |            | 第3砂質土層 | Da3          | 細砂<br>礫混じり細砂 |
|      | 第4砂質土層     | Da4    | 細砂<br>礫混じり細砂 |              |

図-2 地層分布図

#### 4. 軟弱地盤対策について

今回検討範囲の軟弱地盤対策が必要な盛土区間については、一様に沖積層が分布しており、地盤改良は全区間に渡り同一の計画がされている。そのため、盛土区間7.4kmの中から、図-1に示す箇所を抽出し、沈下、安定の2点についての検討結果及び施工状況について述べる。

##### (1) 沈下

軟弱地盤対策工指針より、残留沈下量を10cm未満にしなければならない。そのため、工程上残留沈下量が10cm未満になるまでの時間が取れるのであれば、载荷盛土にて施工し、工程上難しいのであれば、沈下を促進するドレーン材や、沈下させないような地盤改良をする必要がある。

##### (2) 安定

安定対策には、すべり滑動力の軽減、すべり抵抗の増加、圧密による強度増加の3つの対策がある。すべり滑動力の軽減に関しては、軽量盛土などの荷重の軽減、すべり抵抗の増加に関しては地盤改良、圧密による強度増加に関しては圧密を促進する対策が考えられる。

#### 5. 改良範囲の決定

##### (1) 沈下

沈下の対策を地盤改良で行うと全面改良となるが、今回、沈下に対する対策は载荷盛土等で考えるため、改良としては考えていない。

##### (2) 安定

安定に対する対策は図-3より、すべり面に合わせた改良となるため盛土法尻の部分改良となる。

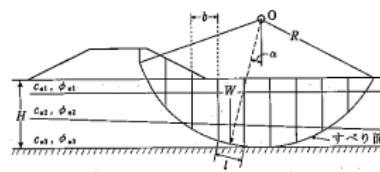


図-3 盛土時のすべり面

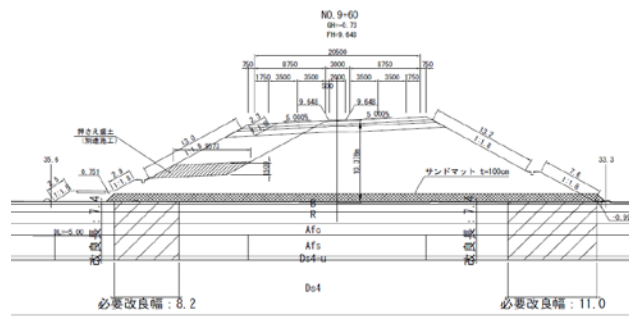


図-4 断面図

#### 6. 軟弱地盤対策工法の選定について

一般的な軟弱地盤対策の選定は図-5のとおりである。この表より、経済性や施工性を踏まえて対策方法を検討する。

| 原理    | 代表的な対策工法    |                       | 効果              |         |           |          |           |
|-------|-------------|-----------------------|-----------------|---------|-----------|----------|-----------|
|       |             |                       | 沈下              |         | 安定        |          |           |
|       |             |                       | 供用後の沈下量の促進による低減 | 全沈下量の低減 | 圧密による強度増加 | すべり抵抗の増加 | すべり滑動力の軽減 |
| 圧密・排水 | バーチカルドレーン工法 | サンドドレーン工法             | ○               |         | ○         |          |           |
|       |             | プレファブリケートドバーチカルドレーン工法 | ○               |         | ○         |          |           |
| 固結    | 表層混合処理工法    | 深層混合処理工法(機械攪拌工法)      |                 | ○       |           | ○        |           |
|       |             | 高圧噴射攪拌工法              |                 | ○       |           | ○        |           |
|       |             | 機械攪拌工法                |                 | ○       |           | ○        |           |
| 荷重軽減  | 軽量盛土工法      | 気泡スチロールブロック工法         |                 | ○       |           |          | ○         |
|       |             | 気泡混合軽量土工法             |                 | ○       |           |          | ○         |
|       |             | 気泡ビーズ混合軽量土工法          |                 | ○       |           |          | ○         |

図-5 工法選定表

## (1) 沈下

当該区間のほとんどは、軟弱地盤ではあるものの、  
載荷盛土のみで残留沈下量10cm以下まで抑えられる  
ことがわかった。そのため、ほとんどの場所で沈下対  
策は載荷盛土のみで行うこととなった。しかし、計算  
上残留沈下量が10cm以上となる箇所については、経  
済的な圧密沈下促進工法を考えた結果、

載荷盛土とバーチカルドレーン工法を併用するこ  
ととした。

## (2) 安定

当該区間には改良対象土層に軟弱な砂質土層・腐植  
土層が介在するため、サンドコンパクションパイル工  
法による地盤改良は、周辺地盤の盛上がりや変位影響  
が懸念される。また、大規模盛土となるため、軽量盛  
土工法は不経済である。そのため、法尻部の安定対策  
に関しては、中層混合処理工法、深層混合処理工法の  
3つの工法を抽出し、施工状況、経済性、周辺環境へ  
の影響について検討した。比較した工法については下  
記のとおりである。

### (a)中層混合処理工法（機械攪拌工法）

先端部の左右両側に取り付けた攪拌翼を鉛直方向  
に回転させる攪拌装置を用いて、スラリー状のセ  
メント系固化材を地中に供給し、原位置で中層  
(10m以下程度)に至る強固な安定処理土を形成す  
る。すべり抵抗の増加（安定対策）、砂地盤の固結  
(液状化対策)等の効果により盛土の安定を図  
る工法。(図-6参照)

N値が15未満の地盤に適用可能。



図-6 機械攪拌工法 施工機械

### (b)中層混合処理工法（機械攪拌+噴射工法）

セメント系固化材等の改良材を軟弱土と強制的に

攪拌混合し、連続して安定した改良対の造成を可  
能とする地盤改良工法。

N値が20未満の地盤に適用可能であり、(a)の機  
械攪拌工法よりも強い地盤の改良が可能である。  
(図-7参照)



図-7 機械攪拌+噴射工法 施工機械

### (c)深層混合処理工法

スラリー状のセメント系固化材を地中に供給し  
て、原位置の軟弱土と強制的に攪拌混合し、原位  
置で深層に至る強固な安定処理土を形成する。す  
べり抵抗の増加（安定対策）、砂地盤の固結（液  
状化対策)等の効果により盛土の安定を図る工法。  
(図-8参照)



図-8 深層混合処理 施工機械

上記、沈下、安定検討により、軟弱地盤対策として、中層混合処理工法、深層混合処理工法を検討することになった。

## 7. 工法比較について

選定した中層混合処理工法と深層混合処理工法について、経済性、現場条件（N値による施工機械の適用条件）の比較を行った。

まず、中層混合処理の機械攪拌工法については、当該箇所において部分的にN値の高い層が存在する。今回対象の機械攪拌工法の適用範囲はN値が15未満であり、この条件に当てはまらない層が存在するため、今回適用することができない。

残りの中層混合処理工法（機械攪拌+噴射工法）、深層混合処理工法は、現場状況を踏まえ、施工することが可能であるため、経済比較を行い決定する。図-9に示した経済比較の結果、施工費、材料費込みで最も安価である深層混合処理工法に決定した。

|           | 施工費  | 材料費  | 工事費計 |
|-----------|------|------|------|
| 機械攪拌+噴射工法 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 深層混合処理工法  | 0.67 | 0.85 | 0.74 |

図-9 経済比較表

※中層混合処理工法を1.0とした場合の割合

## 8. 施工状況

今回検討した箇所について、実際の施工状況、施工管理状況を図-10、図-11に示す。図-10は、深層混合処理工法の機械である。写真にあるように、改良機端部について攪拌翼にてセメント系固化材を原位置の地層に混ぜ込み、改良をしていく。

図-11については、GPSを用いて、モニターにて杭心位置を確認し、正確に施工ができるような施工管理を行い、施工している。



図-10 施工状況



図-11 施工管理写真

## 7. まとめ

東関東自動車道水戸線の盛土区間は、水田として使用されていた軟弱な地盤上に構築するものであるが、社会的経済的にストック効果が大きい高速自動車国道の安定した利用を保つためには、基礎となる地盤改良工事は非常に重要な要素である。

今回地盤改良の3つの工法について、施工性や経済性、周辺環境への影響などを比較検討し、深層混合処理工法を採用し施工した。

中層混合処理工法と深層混合処理工法という通常適用範囲が異なる工法を比較対象としたが、改良深度が7.4mと中層混合処理工法の適用範囲であるにもかかわらず、工法の適用深度がより深度に及ぶ深層混合処理工法を採用することとなった。

施工条件により差異は生ずるが、今回の比較検討により、東関東自動車道水戸線全線で、最も経済的に施工することができたことは、今後の地盤改良においても充分参考になるものと思慮されたものである。

## 参考文献

- 1) 道路土工 のり面斜面安定工指針