

# 東埼玉道路における地盤改良工事の効果予測と 実測評価について

横内 麻里子

関東地方整備局 北首都国道事務所 工務課 (〒340-0044 埼玉県草加市花栗3丁目24番15号)

一般国道4号東埼玉道路は2025年春頃の一般部一部区間供用を目標に事業中であるが、事業用地一帯が軟弱地盤であるため、ほぼ全域において軟弱地盤対策が必要となる。対策工法は軟弱地盤解析による予測値から選定されるが、設計時の予測と実際の挙動に不一致が生じる可能性もあり、事業の遅れにつながる恐れもある。実際の現場では、予測値の有効性を実測値との比較により確認した結果、概ね予測値に近い実測値を得ることができた。一方で、測点によっては設計値との差が生じた箇所も確認されている。本稿では、予測値と実測値を解析するとともに見えてきた課題を整理する。

キーワード 軟弱地盤対策、プレロード盛土、盛土構築期間、動態観測

## 1. 背景・目的

北首都国道事務所の事業の一つである一般国道4号東埼玉道路は、埼玉県八潮市から春日部市を結ぶ延長約17.6kmの道路である。自動車専用部と一般部が併設する構造で、国道4号の慢性的な渋滞の緩和や周辺地域の開発支援、災害時の代替路確保などといった整備効果が見込まれている。現在一般部は起点から5.7kmが開通しており、残る区間については2025年春頃の一般部一部区間の供用を目標に工事を進めている。

事業用地の一帯は軟弱地盤で構成されており、特に起点部と終点部では軟弱地盤層厚が最大30mとなっている。このような地盤上で盛土を構築する際、施工段階においては盛土の破壊に対する安定性や周辺地盤への影響、維持管理段階においては継続する沈下（残留沈下）が問題となる。特に、供用後の残留沈下が大きいと路面の不陸等により道路上の諸施設に被害を及ぼすほか、道路構造の機能を著しく低下させる恐れがある。したがって供用後の有害な残留沈下を可能な限り少なくする必要があることから、軟弱地盤において道路事業を進める際には供用前に確実に圧密を進める軟弱地盤対策が最も重要な過程となる。

軟弱地盤対策には盛土により圧密促進を図るプレロード工法やセメント系固化材を使用して地盤を強固にする

固結工法などがあり、現場条件によって最適な工法を選定しているが、比較的安価で施工できるプレロード工法を採用する事例が多い。東埼玉道路においてもプレロード工法が採用されており、2017年から現在まで軟弱地盤対策工事を進めている。盛土施工着手後から沈下量等を計測して定期的な動態観測を行い、観測結果から圧密の進捗を確認してプレロード盛土を除荷できるかどうか判断している。

過年度工事において施工したプレロード盛土について、動態観測値による検討の結果、除荷できる箇所が出てきたことから、本稿では軟弱地盤解析によって算出された盛土放置期間や沈下量などといった予測値と動態観測によって得られた実測値を比較することにより、設計時の予測値や採用されている軟弱地盤対策工法の有効性を確認する。2025年春の供用目標区間のうち、用地未取得等の理由で工事発注が遅れている箇所もあり、供用目標までの工程管理等を踏まえると、施工に時間的制約のある東埼玉道路事業においては盛土放置期間などといった工期に影響を及ぼす設計値の有効性を確認することは重要である。軟弱地盤対策工事の効果予測とそれに対する実測評価を行い、当初設計の見直しや施工方法修正の必要性の有無を確認することで、今後一般部の残工事および専用部工事の発注の際、業務を円滑に進めるための一助とすることを目的とする。

## 2. 東埼玉道路における軟弱地盤解析

東埼玉道路における軟弱地盤対策工法は、「平成25年度東埼玉道路予備修正他業務」および「H28 東埼玉道路軟弱地盤解析業務」の解析結果やその後の詳細設計業務により検討し、供用後の残留沈下対策としてプレロード工法が選定されている。プレロード工法は軟弱地盤対策の一種であり、構造物の施工前にあらかじめ構造物と同等の荷重を載荷することによって地盤の圧密沈下を促進させ、強度増加を図る工法である。固結工法と比べて安価で施工でき、地盤の安定確保に優れた工法であるが、盛土によって自然に載荷されるのを待つため、沈下に時間を要するといった特徴がある。東埼玉道路においては施工期間に時間的制約があるため、盛土載荷期間を考慮した盛土高さや追加対策工法の検討が必要となる。

本稿では、H28 東埼玉道路軟弱地盤解析業務およびH28 東埼玉道路詳細設計業務により報告された予測値と実測値との比較を行うことによって、予測値や選定された工法の有効性を確認する。

東埼玉道路は盛土構造の区間が大部分を占めるが、当該地区は盛土高が2.0m程度の低盛土道路が計画されている。非常に軟弱な腐植土層や粘性土層、緩い砂質土層が分布しているため、盛土を構築した際には道路盛土の沈下やすべり安定性、さらには道路盛土構築に伴う周辺地盤の変形（引込み沈下等）が懸念される。これらを防止するため、上記業務において軟弱地盤解析が行われ、余盛厚の算出やすべり安定性などが検討されている。なお、軟弱地盤対策における地盤圧密について実測評価を行うことから、本稿では地盤破壊に対する安定検討には立ち入らない。プレロード盛土の放置期間と沈下量から予測値と実測値を比較し、設計値の有効性を確認することを目的とする。

### (1) 軟弱地盤解析の概要

図-1 は軟弱地盤解析による検討の流れを示しており、必要盛土厚・余盛厚の算出やすべり安定性などを検討したうえで軟弱地盤対策の最適工法を決定している。ここで、軟弱地盤対策の要否を決める許容残留沈下量の値は「道路土工軟弱地盤対策工指針」によるものであり、「舗装完了後あるいは供用開始後3年間で100mm～300mmとする事例が多い」とされている。東埼玉道路においては、沈下による横断管等埋設物への影響を考慮し、下限値である100mm以下に設定して軟弱地盤解析が実施されている。許容残留沈下量が100mmを超える解析区間については、計画盛土高を確保するためのプレロード盛土を行う必要があることから、各解析区間の必要盛土厚（＝計画盛土高＋余盛厚）を算出する。

図-2 は必要盛土厚の算出方法を示している。任意の盛

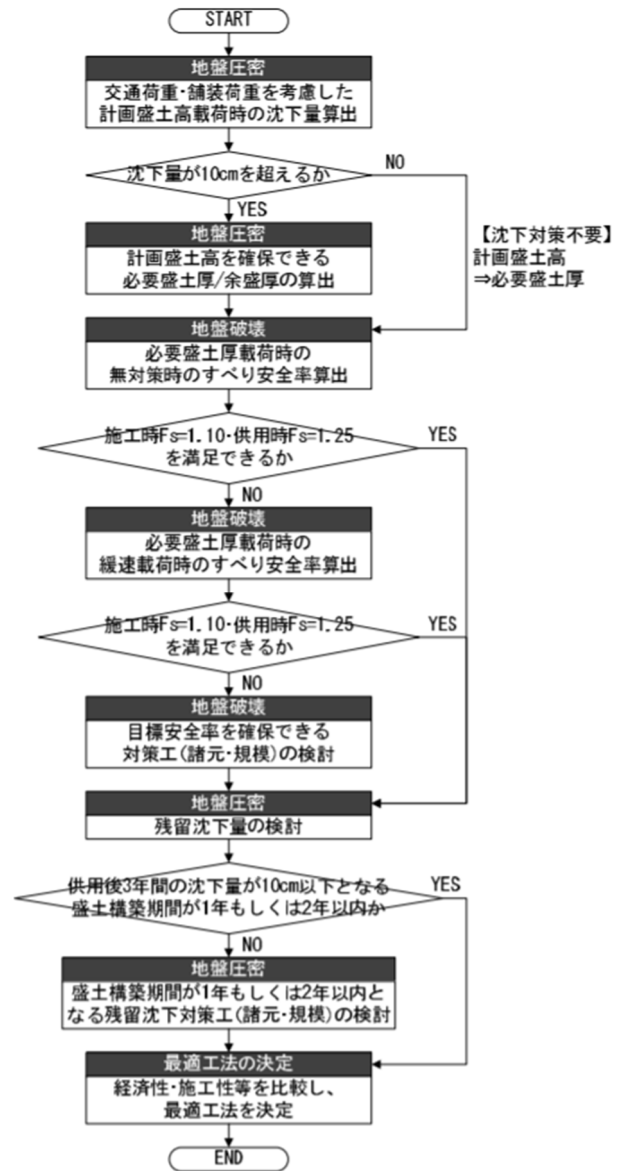


図-1 軟弱地盤解析検討の流れ

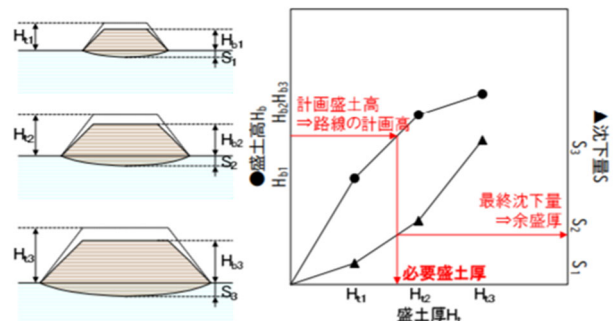


図-2 必要盛土厚の算出方法（盛土厚-盛土高-沈下量関係図）

土厚を載荷したときの盛土高および沈下量を算出して盛土厚-盛土高-沈下量の関係図を作成することにより、計画盛土高に対する必要盛土厚を決定する。

### 3. 実測値との比較結果および考察

2018年度～2019年度にかけて施工したプレロード盛土の動態観測結果を用いて、予測値との比較を行う。

#### (1) 工事概要と設計時における工法検討

本工事は、埼玉県北葛飾郡松伏町大川戸地先においてプレロード盛土を施工する工事である。当該区間は中川と並走する低盛土区間であり、計画盛土高は2m程度となっている。また、表層から軟弱な粘性土層と緩い砂質土層が交互に分布する地盤構成となっており、軟弱層厚は14.6mとされている。

表-1は、2章に記載したフローに基づき算出された当該区間における予測値であり、地質条件等から施工対象区間を2区間に分けて解析している。

両区間とも沈下量が100mmを超えるため、軟弱地盤対策が必要となる。通常施工時（30cm/day）の盛土施工期間と、最終沈下量に対する残留沈下量が許容値以下となる盛土放置期間を合わせた「盛土構築期間」が1年以内であればプレロード工法のみを採用、1年を超える場合には追加の残留沈下対策の検討を行っている。解析の結果、No.112～115はプレロード工法のみ、No.115～118はプレロード工法とプラスチックボードドレーン（PBD）工法を併用した対策が採用された。ここで、PBD工法とは軟弱地盤中に透水性の高い合成樹脂製のドレーン材を打設する工法であり、土中の水分の排水距離を短縮することで、盛土載荷時に効率よく水分を排水し、軟弱層の圧密速度を促進させる効果がある。

また、2章1節のように盛土厚－盛土高－沈下量の関係図を作成し、解析により得た最終沈下量から必要盛土厚（＝計画盛土高＋余盛厚）を求めると、No.112～115では3m、No.115～118では4.75mと算出された。

紙面の都合上、本章ではプレロード工法とPBD工法を併用するNo.115～118における比較検討のみ行うこととする。

#### (2) 動態観測の方法と結果

軟弱地盤上の盛土施工に際し、各施工現場では盛土内に沈下板を設置して沈下管理を実施している。No.115～118の区間では6地点に沈下板を設置し、2020年4月（集計日①：経過日数142日後）、6月（集計日②：経過日数196日後）、9月（集計日③：経過日数281日後）の3回にわたって観測値を集計した。本節では、特にNo.115+20およびNo.115+60の実測値について、予測値との比較・考察を行うこととする。その他4測点における動態観測結果はNo.115+60の観測結果と類似していたことから、今回考察は省略する。

##### a) No. 115+20における動態観測結果

表-1 解析結果

測点 No.	代表断面 No.	軟弱層厚 (m)	沈下検討結果				残留沈下検討結果
			計画盛土高 (m)	必要盛土厚 (m)	最終予測沈下量 (mm)	余盛厚 (m)	
112+49 ～ 115+01	114+20	7.40	2.27	3.00	140	0.73	載荷重工法 (盛土工程1年)
115+01 ～ 118+45	115+20	14.6	1.97	4.75	590	2.78	PBD工法+載荷重工法 (盛土工程1年)

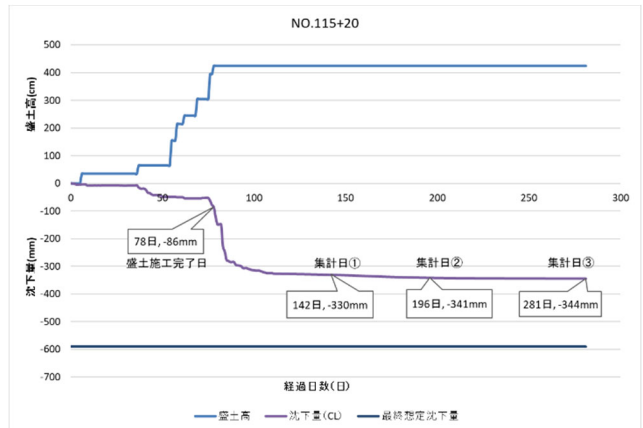


図-3 No.115+20における動態観測結果

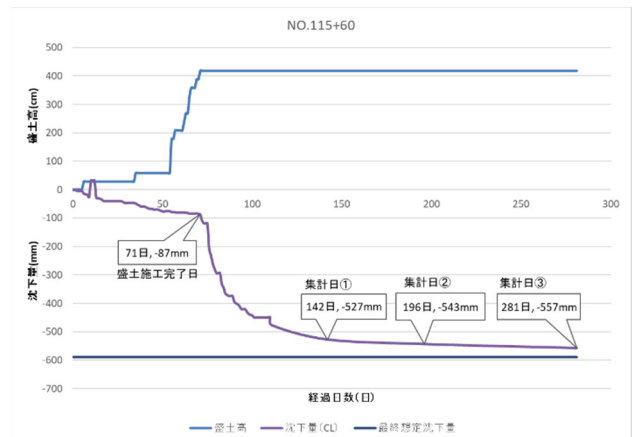


図-4 No.115+60における動態観測結果

図-3は動態観測の結果を示しており、盛土開始から集計日①→②→③にかけて、沈下量は、330mm/341mm/344mmと推移していた。集計日①および②では、10mm前後の沈下が確認されたが、②→③では前回観測時からの沈下量が数mm程度となり沈下量の変動を示す双曲線の傾きが小さくなっていることから、沈下は収束に向かっていることが確認できた。

なお、軟弱地盤解析では、本線盛土中央部において「盛土工程1年で最終予測沈下量590mm（プレロード＋PBD工法）」という予測値を得ている。計算上、「盛土施工期間16日＋必要盛土厚載荷後28日」で許容残留沈下量までの圧密が終了すると予測されていたが、実際は盛土開始から281日で344mmの沈下にとどまった。図-3より、沈下量の変動は収束しているものの、最終想定沈下量よりも小さい沈下量に収束していることが読み取れる。

## b) No. 115+60における動態観測結果と考察

図-4は動態観測の結果を示しており、盛土開始から集計日①→②→③にかけて、沈下量は、527mm/543mm/557mmと推移していた。集計日①時点および①→②にかけては20mm前後の沈下が確認され、沈下量の変動を示す双曲線の傾きも見られることから、沈下は収束していないことが確認できた。②→③にかけては10mm前後の沈下が確認されたが、①および②の観測時に比べて沈下量の変動を示す双曲線の傾きが小さくなっていることから、沈下が収束に向かっていることが確認された。また、図-4において、③の観測時には最終予測沈下量590mmを示す直線に双曲線が収束していることから、最終予測沈下量の予測値は実測値に近いものであったと言える。

### (3) プレロード盛土の除荷判定結果

プレロード盛土の除荷が可能かの判定にあたっては、動態観測結果を受けて算出した実測値との比較が必要であり、プレロード盛土の除荷判定は実測値に基づく最終予測沈下量を用いて検討されている。

集計日③の動態観測結果から、検討区間の全測点において沈下収束の傾向が見られたことにより、プレロード盛土の除荷判定を行ったところ、表-2のような結果を得た。

実測値に基づく最終予測沈下量に対し、6カ所で観測された測定沈下量は、全測点において供用開始後の残留沈下量が許容値である100mm以下となったことから、No.115～No.118区間のプレロード盛土は除荷できると判定された。

除荷判定の際、観測値により算出された最終予測沈下量と軟弱地盤解析による予測値について比較すると、No.115+60～No.116+00およびNo.116+85～No.117+20においては予測値と近い値になったが、その他2測点については多少の差が生じていた。図-3で示されるとおり、特にNo.115+20においては予測値との差が大きくなっており、予測値による残留沈下量を指標として盛土除荷の可否を判断しようとする、2020年9月16日時点では除荷できない判定となる。No.115+20は当該区間の解析が行われた際の代表断面であるため、他の測点に比べて沈下量における予測値との差は小さくなると考えられるが、実際の沈下量は盛土開始から280日で344mmにとどまった。当該区間の土層縦断図を確認すると、区間起点部にあたるNo.115+20から区間終点部にかけて軟弱層厚が厚くなっていることから、当該区間においては軟弱地盤解析による想定よりも軟弱地盤層が薄く、圧密沈下量が小さくなったことによるものと考えられる。

表-2における供用開始後の残留沈下量の値は、許容残留沈下量100mmと比べるとどの区間も小さい結果となった。残留沈下量の値がより小さいほど供用開始後の沈下

表-2 除荷判定結果

		No.115 +20	No.115 +60	No.116 +00	No.116 +40	No.116 +85	No.117 +20
最終予測 沈下量(mm)	予測値	590	590	590	590	590	590
	実測値	348	582	550	702	539	663
測定沈下量 (mm)		344	557	537	676	517	637
供用開始後の 残留沈下量(mm)		4	25	27	26	22	26
判定		○	○	○	○	○	○

量が少なくなるため、沈下に伴うリスクは小さくなる。しかし、東埼玉道路においては施工に時間的制約があるため、施工コストも考慮しつつ軟弱地盤対策に割く期間を可能な限り小さくすることが求められる。対策にかかる時間が短くなるほど道路本体部分の施工に着手できる時期が早まるため、残留沈下量の許容値以下を満たすことを前提に、短期で除荷判定を行えることが望ましいと言える。最終観測日における残留沈下量が全測点で小さな値となった今回の除荷判定結果から考えると、観測頻度を増やすことによって沈下の収束を早期に判断できた可能性も考えられる。除荷判定の際に使用する「時間-沈下曲線」は、誤差の小さい双曲線を引くためにある程度の観測値が必要となることから、除荷判定の早期検討を可能とするためには盛土施工開始後から定期的（1か月に1回程度）な動態観測が必要だと考えられる。

## 5. おわりに

- ・今回比較を行った区間の盛土については、追加の残留沈下対策工を併用したうえで、予測「盛土工程約1年間で590mmの沈下」に対し、沈下量が最大となった測点においても実測「280日で676mmの沈下」となり、許容残留沈下量未満となったため、当該区間においては総合的に判断すると予測値に近い実測値を得たと言える。しかし、測点によっては予測値と実測値に差が生じた箇所も確認された。今回差が生じた箇所においては、想定よりも沈下量が小さく、早期に除荷できる可能性があるものであったが、今年度プレロード盛土を施工し、現在動態観測中の一部区間においては、想定を超える速さで沈下が進んでいる箇所も確認されている。このように、設計段階では沈下-時間関係の予測が難しく、軟弱地盤対策工の想定工期にずれが生じる可能性も高いことから、盛土施工中や施工後の定期的な動態観測が求められる。
- ・東埼玉道路のプレロード工事は現在も施工中であり、今後工事着手予定の専用部においても同様の施工が考えられる。今回の比較結果を踏まえ、供用時期を見据えた工事発注や工期設定ができるよう、より精度の高い効果予測および正確な動態観測実施が課題となる。