

軟弱地盤上の盛土施工及び D Xを活用した施工程序について

長縄 圭悟

岐阜国道事務所 工務課 (〒500-8262 岐阜市茜部本郷1丁目36-1) .

軟弱地盤上のパーキングエリア建設における、大規模盛土の施工に際し、過去の施工実績を踏まえた設計検討、D Xを用いた施工計画、発注者のインハウスエンジニアとしての役割について述べる。

キーワード 軟弱地盤, F E M解析, D X

1. はじめに

国土交通省では、「国民の安全・安心の確保」「持続的な経済成長の実現」「個性をいかした地域づくりと分散型国づくり」の3点を柱に施策効果の早期発現を目指している。その際、「5か年加速化対策」後の国土強靱化の着実な推進に向け尽力している。社会資本整備は未来への投資であり、ストック効果の最大化に取り組む必要があるため、3点の柱の実現に資する波及効果の大きなプロジェクトを戦略的かつ計画的に展開することが不可欠である。

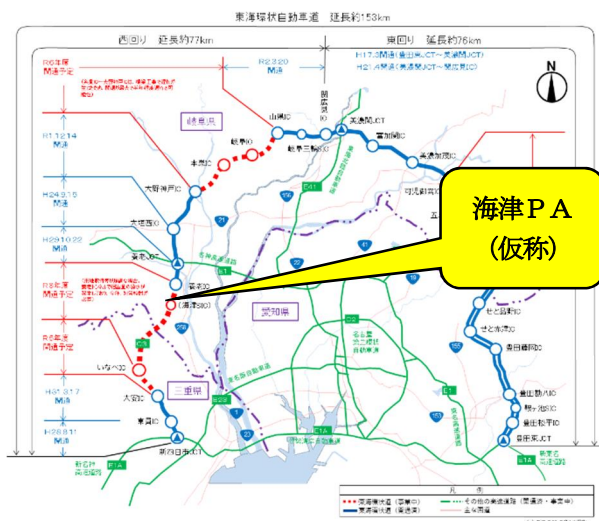


図-1 位置図

現在、岐阜国道事務所では放射状道路ネットワークを環状道路で結び、広域ネットワークを構築するこ

とで、企業活動の向上、物流の効率化、観光活性化等の様々なストック効果が期待されている東海環状自動車道（西回り）（以下、東海環状）を整備している。〔図-1〕。

東海環状のR 8年度開通予定である養老 I C～三重県境区間において、開通を間近に控え、海津 P A（仮称）における軟弱地盤上の大規模盛土施工と様々な条件下の中での施工計画の立案が課題である〔写真-1〕。



写真-1 海津 P A（仮称）

軟弱地盤上の盛土構築においては、調査設計・施工段階において、想定外の挙動による工事の中断、供用後の路面不等沈下、排水不良、ひいては舗装ひび割れ、破壊、段差発生等の不確定要素をはらむなどの例が多く報告されている。

そのため、本事業を進める上で、先行して開通し

た養老JCT～養老IC区間の設計・施工事例を踏まえるとともに、DXを活用することで効率的な施工計画を立案し、盛土に使用する土の搬入・搬出ルート及び盛土、擁壁等の構造物の施工工程を設定するなど、最も効率的となる施工ステップ等の検討を行った。

本稿はその事業報告を行うとともに、発注者のインハウスエンジニアとしての役割について述べる。

2. 海津PA（仮称）における設計・施工上の課題

(1) 海津PA（仮称）周辺の地質構成と課題

地質構成は〔図-2〕に示す通り以下の特徴がある。

- ・地表から約37mにわたりN値1以下の軟弱な粘性土層が分布し、中間部には砂層が介在し、また、レンズ状に砂・粘性土の層も存在する。
- ・37m以深は、比較的N値の高い礫層が分布する。

上記に示した通り軟弱な粘性土層が厚く堆積しており、盛土及び構造物の安定性の確保及び施工時における圧密沈下対策が課題となる。

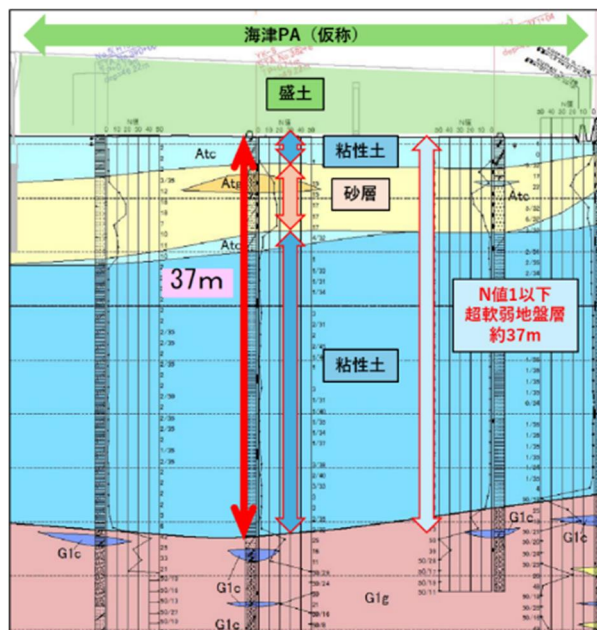


図-2 海津PA（仮称）地質図

(2) 施工時における課題

〔図-3〕に示すように、盛土の全区間の道路側に擁壁、本線を横断するランプボックスが設置される等、構造物が多数設置されるため、効率的な施工ステップの立案が必要である。また、周辺に土運搬に活用できる道路が少ないことや、構造物により施工ヤー

ドへの出入口が限定されるため、工事車両の搬入路を踏まえた施工計画を行う必要がある。



図-3 海津PA（仮称）の3Dモデル

3. 軟弱地盤対策について

(1) 先行開通した養老ICにおける設計・施工事例

海津PA（仮称）と同様の軟弱地盤上に30万m³の盛土を行う計画であり、先行して開通している養老ICの設計・施工時における課題と対応を示す。

a) 設計段階における課題と対策

養老ICでは、①盛土の安定、②圧密沈下、③圧密沈下に伴う側方変位という3つの課題が想定されたため、設計においては、それぞれの課題に対して以下の対策が計画された。

（課題①）盛土の安定

⇒軟弱地盤上に盛土を行うと、基礎地盤を含むべりが生じるため盛土の安定性を確保できない。

（対策①）盛土端部に深層混合処理工法の採用

⇒盛土端部に深層混合処理工法を行い、円弧すべり対策を行う計画とした。

（課題②）圧密沈下

⇒沈下量が最大で約160cmとなる中、無対策で盛土を行うと、沈下期間が約1,400日となり、長期の沈下が予測されるため供用時期の遅延、供用後の補修が必要となる。

（対策②）圧密沈下促進工法（バーチカルドレーン工法とサーチャージ盛土）との採用

⇒圧密沈下促進工法（バーチカルドレーン工法とサーチャージ盛土）を行うことで、地盤の圧密を促進させ、期間内に圧密沈下を完了させる計画とした。

(課題③) 圧密沈下に伴う側方変位

⇒盛土が沈下することで周辺地盤を引き込み、用地外に変位が生じる。

(対策③) 側方変位を考慮した深層混合処理の強度設定

⇒盛土の安定対策として実施する深層混合処理工法を側方変位を抑制可能な強度として計画する。

沈下状況を把握しながら、施工にフィードバックすることの重要性を認識できた [表-1] 。

	当初	フィッティング後
解析沈下量	150.1 cm	313.5 cm
現場沈下量	278.0 cm	278.0 cm
差分	127.9 cm	35.5 cm

表-1 パラメーターの調整結果

b) 施工段階における課題と対策

(課題①) 解析時と施工時の沈下量の乖離

⇒解析と施工の沈下量が異なり、計画した対策工が正しく機能しているか不明である。

(対策①) FEM解析によるフィッティング

⇒動態観測（沈下量、側方変位）を実施し、対策工の妥当性を検討しながら施工を行った。また、沈下量に関しては、動態観測で得られた沈下量をFEM解析でフィッティングを行いながら、残留沈下量の想定を行い、圧密完了の判断を行った。実際に得られた沈下の情報をもとに、FEM解析に使用するパラメーターの調整を行った結果、当初130cm程度あった解析で得られた沈下量と現場沈下量の差を、

30cm程度まで縮小することができ、日々の

(2) 養老ICの実績を反映した海津PA（仮称）の設計

海津PA（仮称）では、養老ICで盛土の安定や圧密沈下に対して効果が検証された深層混合処理工法及び圧密沈下促進工法を採用した [図-4] 。

海津PA（仮称）の設計においては、養老ICでのFEM解析において構築した解析モデルを使用し、軟弱地盤解析を行った。養老ICの解析モデルは、実際の施工状況が反映されたモデルとなっているため、同様な地盤状況である海津PA（仮称）においては、精度の高い変位予測が可能となり、効果的な対策工が検討できた [図-5] 。

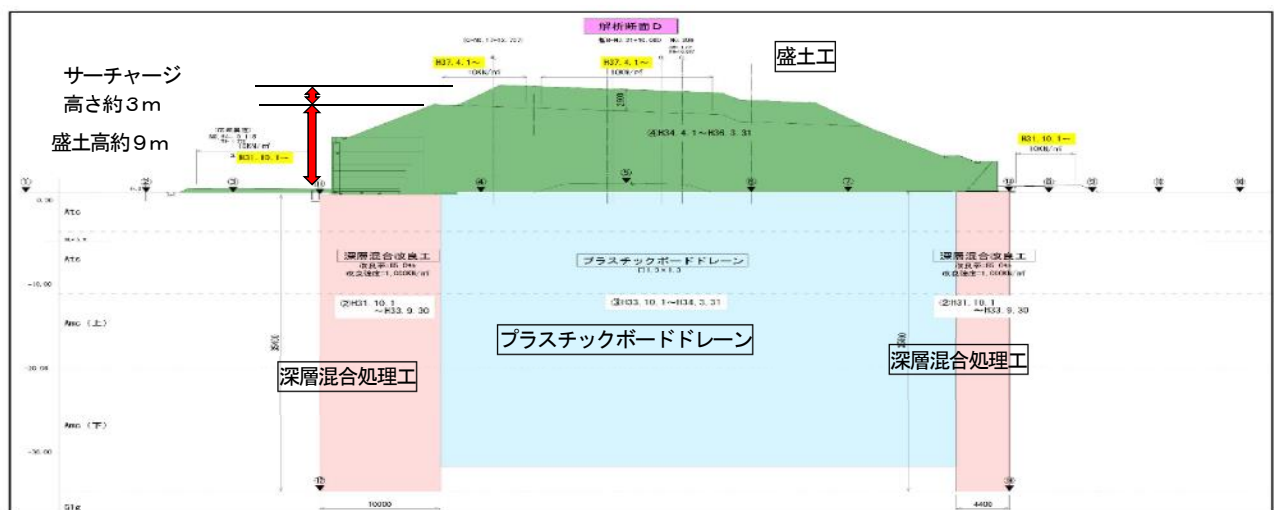


図-4 海津PA（仮称）における対策工

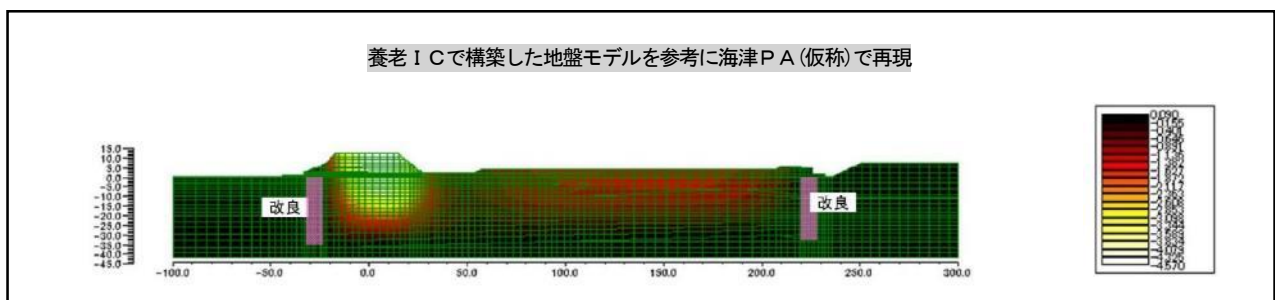


図-5 海津PA（仮称）のFEM解析のモデル

4. 施工検討について

(1) 土の現場内運搬経路を想定した施工シミュレーション

海津PA（仮称）の本線部は、道路側にはほとんどの区間に擁壁が設置され、施工箇所への出入り口が限定されることに加え、土運搬に使用できるメインルートが本線の東側を南北方向に通過する広域農道のみである。また、盛土工事は複数の工事での施工が想定されたため、出入り口及び場内ルートの錯綜等、施工検討を行う上では、多くの課題を解決する必要があった。

そこで、DXを用いて効率的な施工計画の立案を行った。盛土に使用する土の場内運搬ルートを実定し、最も効率的となる施工ステップの計画を検討した。

（留意点）

- ① 構造物の構築について、盛土と合わせた施工順序の検討が必要〔図-6〕。
- ② 軟弱地盤盛土であり、動態観測を行いながらの施工が必要なため、盛土高さを日当たり10cmにする必要。
- ③ 盛土進捗に合わせた、搬入・搬出路が必要〔図-7〕。

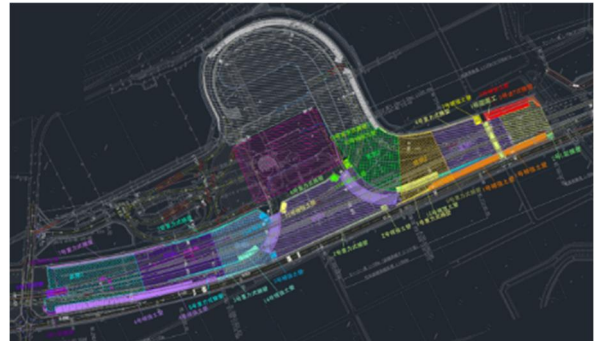


図-6 盛土と合わせた施工順序図

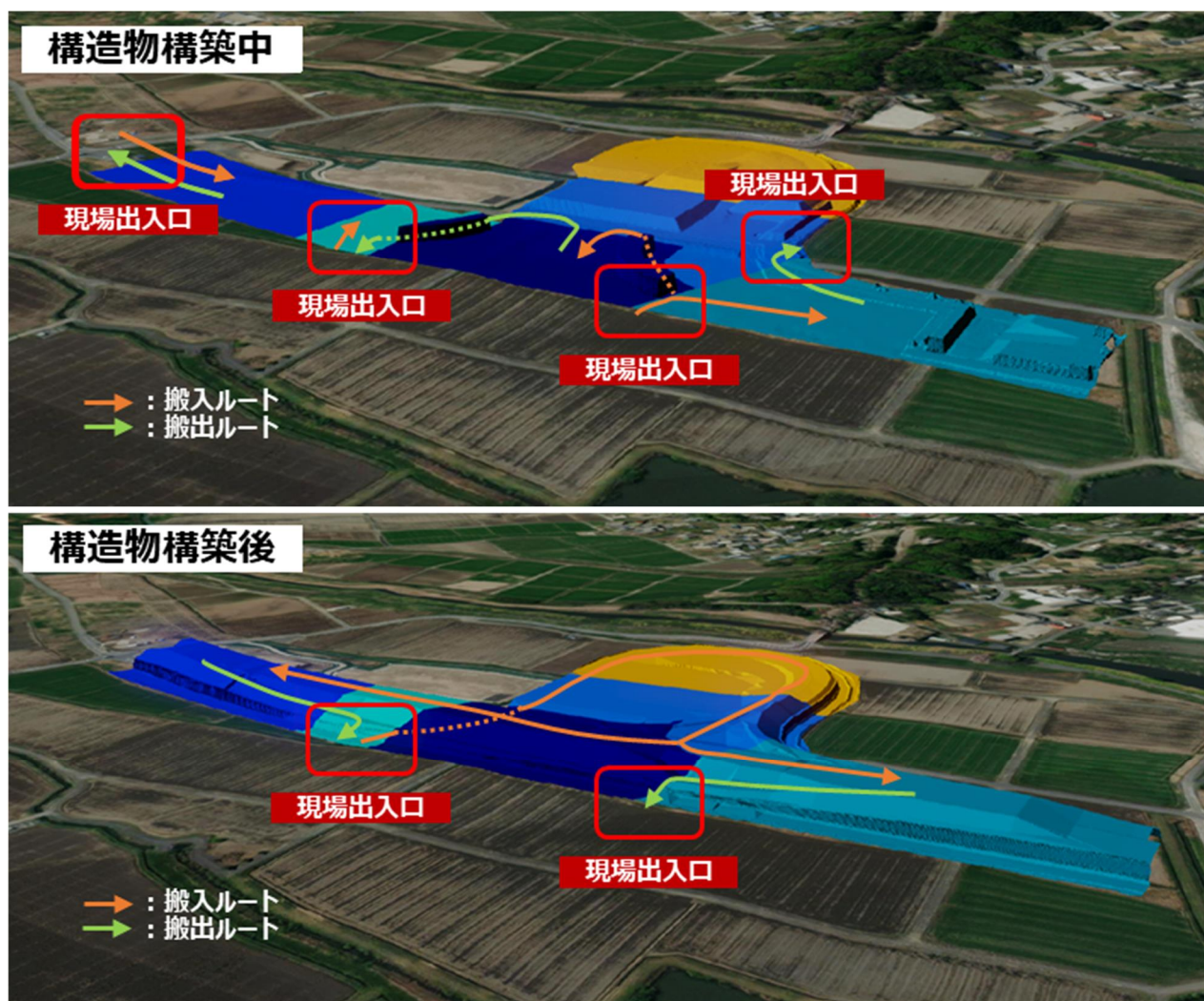


図-7 盛土進捗に合わせた搬入・搬出路の設定

a) 施工ステップ及び施工工程の検討

海津PA（仮称）の盛土を施工していく上で、擁壁等の構造物も同時に施工していく必要がある。

そこで、以下3点について考慮し、構造物及び盛土の施工手順を検討することで、効率的な施工ステップを立案することができた〔図-8〕。

【施工ステップ】

工区	エリア	対象	R6				R7								
			9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
北工区	エリア1	構造物													
	エリア2	構造物													
		盛土													
中工区	—	構造物													
		盛土													
		盛土													
新工区	—	構造物													
		盛土													
		盛土													

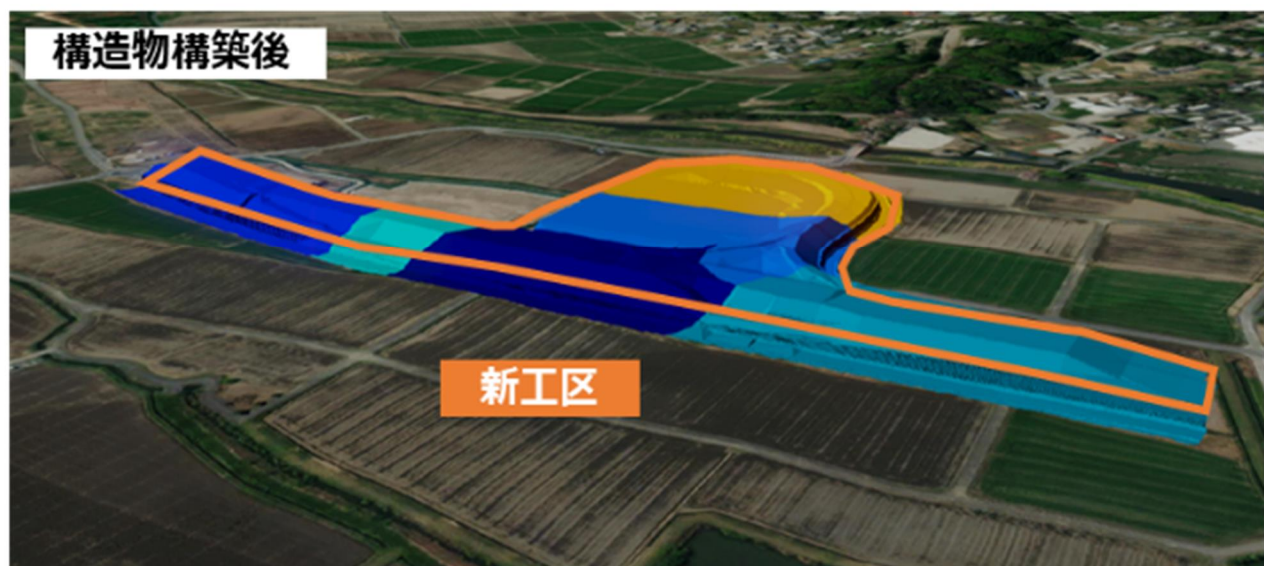
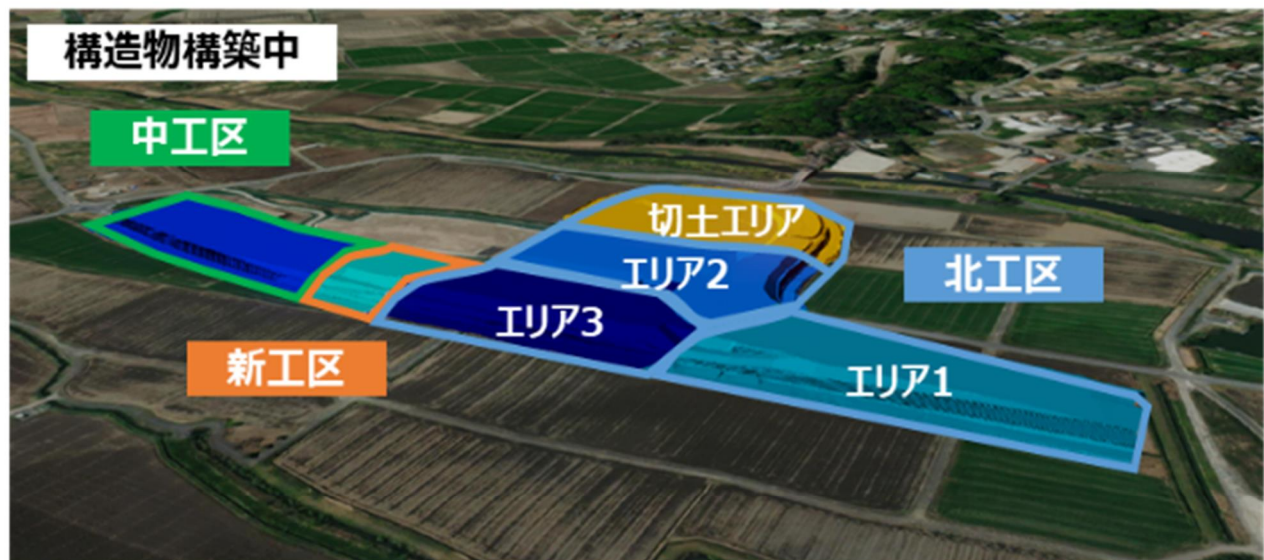


図-8 施工ステップを考慮した工区割

5. まとめ

軟弱地盤上の盛土は、最新の知見で計画しても、調査設計・施工段階に不確定要素が内在するため、困難な現場施工となることが多い。本現場においてもそのような懸念点があったため、過去の施工実績を取り込んだFEM解析による軟弱地盤解析を利用することで、合理的な設計を行うことができた。

施工時においては、収集可能な情報を整理し、対策等に活かす必要があるため、沈下量や変位量等の情報を日々把握、整理し、期間内に盛土完了できるよう、管理していく必要がある。

本事業を進める中で、合理的な設計施工のためには、事前準備段階において、過去の施工実績を参考にすることが重要だと痛感した。

また、広範囲な盛土構築にあたり必要な構造物やそれに伴う搬入路と盛土計画について、熟練技術者による経験で賄っていたものに対し、DXを用いて施工ステップを可視化することにより、関係者全員に共有され、多くの課題を解決することができた。

6. 最後に～インハウスエンジニアとして～

公共事業として社会資本整備を担っている我々職員は、合理的な手法にて、公共施設の調達をすべきである。本件のような不確定要素をはらむ案件においては、設計の課題をとらえ、過去の事例、現場条件を的確にとらえることが重要である。そして、最新技術であるDXに加え、学識経験者等、人的資源との連携を行い、事業を適切にマネジメントしていくことが発注者の責務と考える。

このために、日々業務で直面する課題に対応できるよう、技術的能力を研鑽し、更なるインハウスエンジニアの資質を高めることが重要であると考えます。

また、今回の施工にあたり、自身も地盤工学を勉強する良い機会となり、土木に理解を深めることができたため、人材育成の観点で、今回学んだことを後輩に伝え、指導していくことも併せて行っていく所存である。

謝辞：本報告の作成にあたり、技術的助言をいただきました設計コンサルタント・施工関係者をはじめとする各位に感謝の意を表し、本報告を終わります。