おぼれ谷を有する軟弱地盤上の 大規模盛土の沈下対策について

清水 良和¹·緒方 健太郎²

¹清水建設(株) 大古地区改良工事 (〒649-2511和歌山県西牟婁郡白浜町日置651番地) ²清水建設(株) 大古地区改良工事 (〒649-2511和歌山県西牟婁郡白浜町日置651番地).

近畿自動車道紀勢線大古地区改良工事は、軟弱地盤上に盛土高さ25m、盛土量58万m³を行う大規模盛土 である。深層混合処理工の着底深度の施工記録から沖積粘性土の軟弱層厚にばらつきが大きいことが判明 し、当初計画の軟弱層厚と実際が異なると残留沈下量の許容値10cm以内を確保できないことが予想された。 そこで、軟弱層厚と物性を追加調査した。その結果、原設計では捉えられていなかった軟弱層厚が不規則 に変化するおぼれ谷の存在と、室内試験によって軟弱粘性土に挟まれたN値21の火山灰層が細粒分含有率 90%の非排水層であることが判明した。

追加調査結果を基に地層横断図を再設定し、圧密計算を行い、残留沈下量の許容値10cm以内を確保できないところはバーチカルドレーン工による圧密促進対策工とする再設計を行った。

施工中は、ポンプによる強制排水用の釜場を約2,000m²に1箇所の割合で設置した。盛土は法肩位置が沈下することを考慮して、上げ越し施工を行った。沈下の実測値は計算値と同程度以下の結果となり、残留 沈下量の許容値10cm以内に収めることができた。

キーワード軟弱地盤、浅層反射探査法、圧密沈下促進対策

1. はじめに

近畿自動車道紀勢線は、大阪府松原市を起点とし、和 歌山県和歌山市及び田辺市等を経由し、三重県多気郡多 気町に至る延長335kmの高速自動車国道である。この路 線は、京阪神と紀南を結ぶ幹線道路として、輸送時間の 短縮や一般道の混雑緩和を図り、地域相互の産業、経済、 文化、観光の振興と発展に寄与することを目指している。 現在、紀勢線は松原JCT~南紀田辺IC間129.2kmが自動車 専用道路でつながっており、 今後、南紀田辺 I C~す さみ I C (仮) 間の延長38 k mを国土交通省による新直 轄方式で整備している。



図-1 工事位置図

近畿自動車道紀勢線大古地区改良工事は紀勢線整備事業のうち、西牟婁郡白浜町の日置川河口近くの右岸に位置し、日置IC(仮)を含む工区延長約665mを造成する道路改良工事である。工事位置図を図-1に示す。

2. 工事概要

近畿自動車道紀勢線大古地区改良工事は、大きく切土 区間と盛土区間に分別でされる。そのうち盛土区間は、 盛土高さ最大25m、盛土量58万m³の大規模盛土である。 図-2に平面図と図-3に盛土部の横断図を示す。盛土箇所 の原地盤は、旧耕作跡地で、泥岩と礫質土の基盤面に、 主に粘性土が堆積している軟弱地盤であり、深度10m近 辺にN値21程度の火山灰層が厚さ1~2mで分布していた。 また、軟弱地盤の中央部において設計では軟弱地盤の圧 密沈下促進対策として、供用開始後の残留沈下量を10cm 以下とするためにバーチカルドレーン工法を、さらに盛 土の安定対策として、盛土の法尻に円弧すべりによるす べり破壊を防止するために沖積粘性土を対象に深層混合 処理工を採用していた。この深層混合処理工の一部は、 すでに他工事において施工されており、深層混合処理工 の着底深度の施工記録を調査すると、沖積粘性土の軟弱 層の層厚が当初計画と異なっていることが判明した。さ



図-3 A-A 横断図 (No. 505+20)

らに、調査すると基盤層の深さが近接したところで大き く異なることから、軟弱層の厚さは、図-3に示すように 一様ではなく、複雑に変化していることが推測された。

3. 追加地質調査

(1) 追加地質調査概要

圧密沈下対策において、軟弱地盤層の設定は重要であ る。当初計画に想定していた軟弱層厚と実際の層厚が異 なると、工期内における残留沈下量の許容値10cm以内 を確保できない。そこで地層構成の面的な把握と、地層 の物理・力学特性を把握するために、追加の地質調査を 行った。調査は浅層反射探査法、ボーリング、オートマ チックラムサウンディングを行い、室内試験は物理試験 一式、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、圧密試験を行った。 調査位置図を図-4に示す。表-1に調査項目一覧を示す。

表-1 地質調査項目

_				
	調査手法	得られる結果	結果の利用	
1	調査ボーリング	N値 基盤層の標高 土質試料の採取	地層構成の把握 室内試験の実施	
2	浅層反射法探査	反射波	線的な地層構成の把握 調査ボーリングの補間	
3	オートマチック ラムサウンディング	貫入抵抗 基盤層の標高	地層構成の把握 調査ボーリングの補間	

施工·安全管理対策部門:No.11

図-5 浅層反射探査法の測定概念図

(2) 浅層反射探査法

ボーリング調査は、調査地点における点の地層構成で ある。当該の軟弱地盤層厚は複雑に変化していることが 予想できたため、地層構成や基盤層の深度を線的に把握 するために浅層反射探査法を採用した。

浅層反射探査法は、地表にて人工的に発生された弾性 波が地下に伝播し、地下の地質、地層境界、断層等で反 射されて地表に戻ってくるという現象を利用し、地下の 構造を断面像として描き出す手法である。測定方法は測 線の地表に受信機を2m間隔に展開し、カケヤによる人 工震源で、弾性波を発生させて、その反射波を捉える方 法である。図-5に浅層反射探査法の測定概念図を示す。 写真-1に調査状況を示す。

本調査では、盛土範囲を縦断方向と横断方向に網羅するように4測線選定して調査を行った。捉えた反射波を 解析した調査結果の一例を図-6に示す。

写真-1 浅層反射法探查 調査状況

濃い波形を示すところが地層境界を示しており、ボー リング調査の結果と対比させることによって、上下する

基盤層の分布を捉えることができた。

(3) 調査結果による地層構造

図-7に縦断方向の② - ②測線における当初設計の地層 分布と追加調査により判明した地層分布を示す。

本調査により、軟弱層厚が異なっており、さらに土層 分布が複雑に上下していることから、軟弱地盤層が当初 設計の想定と大きく異なることがわかる。

(4) 火山灰層の透水性

当初設計では地質調査業務報告書のボーリング柱状図の記事で火山灰層(Av層)を"微細砂〜細砂サイズ" と記載していたため、排水層と評価していた。

追加調査による火山灰層(Av層)の粒度試験結果を 表-2示す。細粒分含有率はF=83.2~98.2%を示し、地盤 材料の工学科的分類によれば、粘性土(シルト)に分類 される。土の粒度より透水係数を推定する方法として、

クレーガーによる D_{20} (20%粒径) と透水係数の関係 (表-3) が一般的に用いられている。この関係によれば、 火山灰層の D_{20} は0.0018mmで、表-3の D_{20} の下限値 (0.005mm) よりも小さい値であった。すなわち、火山 灰層の透水係数はk= 3.00×10^{6} cm/secよりも小さく、排水 層としてみなせないことが判明した。

図-8に示すとおり、火山灰層を非排水層と設定すると、 粘土層の排水距離Hが伸び、沈下時間($t = T_v H^2 / cv$)は 排水距離の2乗に比例することから圧密に非常に時間が かかることになる。単純計算で約4倍になることから、 火山灰層の評価が圧密沈下に大きく影響する。

表-2 火山灰層(Av層)の粒度試験結果

試料	粒度				2011年4月11日				
	礫分	砂分	シルト分	粘土分	最大 粒径	20% 粒径	袖和分 含有率	分類名	
						D ₂₀	Fc		
	%	%	%	%	mm	mm	%		
1	0.0	15.7	37.5	46.8	2.000	-	84.3	砂質シルト	
2	0.0	1.8	46.0	52.2	0.250	-	98.2	シルト	
3	0.0	7.6	51.4	41.0	0.425	-	92.4	砂まじりシルト	
4	0.0	16.8	51.3	31.9	0.850	0.0018	83.2	砂質シルト	

D ₂₀ (mm)	透水係数 k(cm/s)	土質分類	
0.005	3.0×10^{-6}	粗粒粘土	
0.01	1.05×10^{-5}	細粒シルト	
0.02~0.005	$4.00 \times 10^{-5} \sim 2.8 \times 10^{-4}$	粗粒シルト	
0.06~0.25	$2.60 \times 10^{-4} \sim 1.40 \times 10^{-2}$	微粒砂	
0.3~0.5	$2.2 \times 10^{-2} \sim 7.5 \times 10^{-2}$	中粒砂	
0.6~1.0	$1.10 \times 10^{-1} \sim 3.60 \times 10^{-1}$	粗粒砂	
2	1.8	細礫	

図-8 排水距離の設定

4. 圧密沈下の検討

土質調査結果を基に地層横断図を 40m ピッチに作成し 圧密沈下計算を行った。

(1) 当初設計の圧密沈下対策による圧密沈下検討

当初設計の圧密沈下対策では盛土期間 600 日において 残留沈下量の許容値 10 cm以内を確保できない範囲のみ バーチカルドレーン工を採用され、図-3 に示す様にバ ーチカルドレーン工の打設深度は排水層とみなしていた 火山灰層までであった。

当初設計の圧密沈下対策に、地質調査結果で判明した 土層分布を土層モデルに反映し、火山灰層(Av 層)を 非排水層として圧密沈下計算を行った。

圧密沈下計算結果の一例を図-9 に示す。当初設計の 圧密沈下対策のみでは、すべての断面で、盛土期間内に 残留沈下量 10 cm以内が確保できず、残留沈下量が 10 cm 以下には 2766 日(約 7.5 年)の期間を要する結果とな った。

(2) 追加の圧密沈下対策による圧密沈下検討

図-10 に示す様に圧密沈下促進工法の範囲と深さを広 げ、追加の圧密沈下対策として全ての軟弱層にバーチカ ルドレーン工を打設した場合で、圧密沈下計算を行った。 圧密沈下計算結果の一例を図-11 に示す。追加の圧密

沈下対策を行うことで、盛土期間内に全ての断面において残留沈下量10 cm以内を確保できる結果になった。

5. 圧密沈下対策と盛土の動態観測結果

(1) 圧密沈下対策

バーチカルドレーンの配置は15mピッチの格子配置と し、打設深度は基盤層上部までの着底管理とした。バー チカルドレーンの打設では、N値21の火山灰層を打ち抜 く必要があり、超大型バーチカルドレーン打設機を採用 した。バーチカルドレーンの打設機の分類を表-4に、超 大型打設機の全景を写真-2に示す。

図-10内に示す打設実績の分布をみると、地質調査により想定した基盤層の深度が反映されていることがわかる。

図-10 バーチカルドレーンの計画断面図

図-12にバーチカルドレーンの打設深度の記録から求め た軟弱層厚のコンター図を示す。この図からわかるよう に、本盛土工事は不規則に変化したおぼれ谷を有する軟 弱地盤上の大規模盛土であったことがわかる。

バーチカルドレーン完了後の排水層は打設面積が広範 囲であり、通常のサンドマット工では砂材の大量供給が 必要であったため、経済性を考慮し、水平ドレーン材を 用いることにした。また、外周の法尻に深層混合処理工 が施工されているために、軟弱地盤からの排水促進の対 策として、2000㎡ に1箇所の間隔で釜場を設置し、水中 ポンプによる強制排水を行った。盛土工事期間中は、軟 弱地盤の圧密沈下の挙動を把握するために、検討断面毎 に沈下板を設置し、1回/日の沈下量を把握する動態観 測を行った。盛土は法肩位置が沈下することを考慮し、 動態観測結果から、上越し盛土で施工した。

(2) 動態観測による圧密沈下結果

動態観測における盛土の進捗と結果の一例を図-13 に 示す。盛土の進捗に合わせて沈下が進行しているのがわ かる。盛土完了後の沈下量の推移をみると1ヶ月の放置 期間を得てほぼ収束している。計算結果の最終沈下量 163cm と比較すると、5 月末時点の沈下の実績は 113cm になった。浅岡の方法で最終沈下量を求めると 120cm に なり、残留沈下量 7cm で、許容値 10cm 以内に収まった。

その他の地点における沈下の実績においても、沈下量 は圧密計算の 30%~80%となり、全断面において、工 期内に沈下が収束し、残留沈下量の許容値 10 cm以内に 収めることができた。

6.おわりに

これまでの施工記録から軟弱層厚の複雑さを推測し、 追加の地質調査と圧密沈下検討を行ったことで、設計基 準の供用後の残留沈下 10 cm以内に収める軟弱地盤上の 大規模盛土工事を行うことができた。

設計段階から複雑に変化する軟弱地盤層を推測することは困難であるが、日頃の施工で得られる様々な記録から、設計条件との差を検証することが重要であると考える。

謝辞:最後に、本盛土の沈下対策の調査から設計、施工 をするにあたり、多大なる指導・ご協力を頂いた紀南河 川国道事務所ならびに関係者の皆様へ、ここに感謝の意 を表します。

表-4 バーチカルドレーン打設機の分類

	標準機	中型機	大型機	超大型機
本体重量	28t	28t	45t	70t
出力	81KW	96KW	147KW	162KW
最大打設深度	20m	30m	40m	55m
対象層N値	12以下	14以下	20以下	25以下

写真-2 バーチカルドレーン打設機(超大型機)

図-12 軟弱層厚のコンター図

