

最大高さ 48m の国内最大級の宅地高盛土の構築 —その 2 : FEM 圧密変形解析と双曲線法による沈下予測—

大成建設(株) 正 ○忠野 祐介 正 宮崎 尚人 正 岩崎 孝夫
応用地質(株) 正 大向 直樹 非 武野 哲也

1. はじめに

別報¹⁾の高盛土について、施工中の安定性および施工後の残留変位を確認するため、盛土内に複数の観測計器を設置し、動態観測を実施した。本報では、残留沈下量の予測にあたり、施工過程を考慮した断面 2 次元 FEM 圧密変形解析による施工中の沈下予測、および双曲線法による施工後の沈下予測について述べる。

2. 動態観測計画

図-1 に計測計器および沈下予測断面の位置を示す。計測計器は、キャサグランデ式の間隙水圧計、挿入式傾斜計、層別沈下計、法面変位計測センサーの 4 種類を設置した。施工中に各計測器で個別に設定した閾値を超過した場合には、施工速度を調整する等の対応を講じた。これにより、施工中・後に全ての計測値において、盛土全体の安定性を損なうような値は測定されず、終始安定した状態で盛土を構築できた。

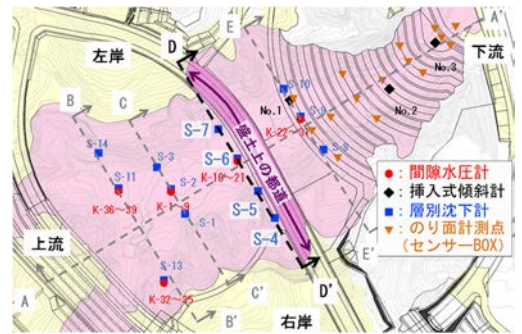


図-1 計器位置・検断断面位置図

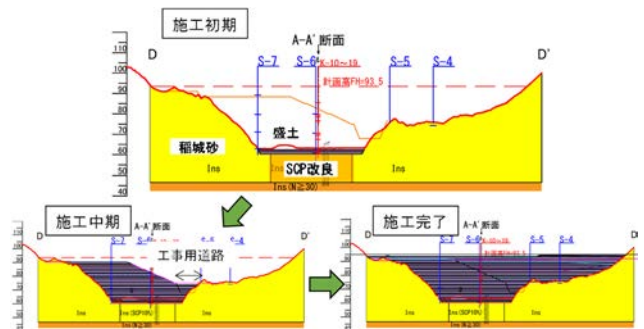


図-2 解析モデル (DD' 断面)

3. 沈下予測の目的

盛土の引渡しにあたっては、残留沈下量 1.9cm 以下が確認されることが条件であった。特に、図-1 の DD' 断面にあたる都道部においては、関連インフラを含めた工事開始にあたって、上記沈下基準の達成が必要であったことから、沈下収束予測が工程上重要な因子であった。そのため、施工中は FEM 解析、施工後は双曲線法による予測手法を適用し、残留沈下量の予測にあたった。

4. 施工中の残留沈下予測

図-2 に解析モデルを示す。圧密促進策としてローム中央に配したシート材は排水境界として与え、盛土内の全てのシート材の引張強度は考慮していない。

表-1 設計時の物性値		表-2 再現・予測解析時の物性値		
構成則	関口・太田(弾塑性)	構成則	関口・太田(弾塑性)	
盛土材	関東ローム	盛土材	関東ローム $w_n \geq 50\%$	
ρ	g/cm ³ 1.35	ρ	g/cm ³ 0.93 ~ 1.48	
e_0	3.17	e_0	2.6 ~ 3.2	
κ	0.169 $\kappa=0.434C_c$	C_c	0.77 ~ 1.28	
λ	0.391 $\lambda=0.434C_c$	λ	0.33 ~ 0.55	
p_c	kN/m ² 10	A	0.517 ~ 0.589	
ϕ	deg. 33	p_c	kN/m ² 21 ~ 295	
M	0.331 $M=6\sin\phi/(3-\sin\phi)$	ϕ	deg. 23.1 ~ 26.1	
D	0.063 $D=(\lambda-\kappa)/[M(1+e_0)]$	M	1.031 ~ 0.905	
K_0	0.455 $K_0=1-\sin\phi$	D	0.046 ~ 0.059	
v'	0.313 $v'=K_0/(1+K_0)$	K_0	0.56 ~ 0.61	
k	m/s 6.4E-09	v'	0.36 ~ 0.38	
構成則	盛土		k	m/s 1.0E-08
盛土	稲城砂	砕石	構成則	弾性 $m_v \sim \sigma$
ρ	g/cm ³ 1.6	1.85	盛土材	稲城砂
E	MN/m ² 45	200	基礎地盤	基礎地盤 SCP
v	0.35	0.35	$w_n < 50\%$	
k	m/s 2.0E-06	1.0E-02	ρ	g/cm ³ 2.02
基礎地盤	稲城砂	SCP	I_p	N.P.
ρ	g/cm ³ 1.75	1.75	ϕ	deg. 40
E	MN/m ² 150	100	K_0	0.36
v	0.35	0.35	v'	0.26
k	m/s 1.0E-05	1.0E-04	k	m/s 3.0E-08
			$m_v/\ln\sigma$	-2.85E-4
			E	MN/m ² 6.5
				1.75
				23.1
				29
				0.51
				0.34
				0.35
				5.0E-09
				1.0E-04
				18 ~ 50

キーワード 稲城砂 関東ローム 高盛土 関口・太田モデル 双曲線法

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL: 045-814-7221 (代表)

設計段階においては、盛土全体を一様な高さで施工する仮定の下、盛土に使用した材料以外を含む室内試験で得た物性値(表-1)を用いて沈下予測を実施していた。施工中期(2019年7月)における予測沈下量90.5cmに対して、実測沈下量58.6cmが得られており、設計時の予測沈下量が過大に安全側であることが判明した。そのため、設計段階から変更した施工過程を考慮の上、物性値を見直して再解析を行う方針とした。物性値の見直しにあたっては、主に盛土材の関東ローム、稲城砂を対象として、①実際に使用した盛土材の室内試験を追加実施、②DD'断面で使用した盛土材の物性値およびRI(Radioisotope)試験結果から、自然含水比および転圧後の密度を評価、③室内試験結果から解析パラメータを同定²⁾、という手順で行った。再現・予測解析時の物性値を表-2に示す。特に関東ロームについては、室内試験結果より $w_n < 50\%$ 以下で圧密度が小さいものは弾性モデル、 $w_n \geq 50\%$ の圧密度が大きいものは関口・太田弾塑性モデルに二分した。さらに、 $w_n \geq 50\%$ については転圧後の密度と含水比から、さらに10段階に細分して物性値を設定した。

再解析した盛土沈下量の推移を図-3に示す。施工過程に応じた沈下量の推移を概ね再現できる結果が得られた。この結果を基に、残留沈下量の収束時期から都道構築の工程を検討した結果、プレロードによる圧密促進策を採用するに至った。プレロード期間中は、沈下板による計測を行い、概ね2か月で沈下収束を確認し、プレロードを撤去した。

5. 施工後の残留沈下予測

盛土が仕上げ高さまで到達した時点からは、双曲線法により残留沈下量を予測した。図-4に実測沈下量および双曲線法による予測沈下量を示す。

図中には、盛土完了から80日経過時点での双曲線予測値および計測値を示している。各計測地点で、盛土の施工速度が異なる。そのため、各計測地点で沈下量と収束傾向が異なるものの、全ての計測地点で残留沈下量1.9cm以下を確認できた。80日以降の計測データも併記しているが、概ね双曲線に近い計測値が得られている。

6. まとめ

稲城砂と関東ロームの互層高盛土の残留沈下量の予測を、施工中のデータを用いたFEM解析と、施工後のデータを用いた双曲線法により実施した。特に、FEM解析においては、施工時の情報を用いたパラメータ同定を行うことで、妥当なモデルを構築することができた結果、早い段階で対策工を講じられた。本検討での知見は、CIMモデルとの連携による逐次変形解析等に活用していければと考えている。

参考文献 1) 宮崎ら: 最大高さ48mの国内最大級の宅地高盛土の構築, JSCE77th (投稿中). 2) (社)地盤工学会: 地盤の変形解析-基礎理論から応用まで, pp.77,2002

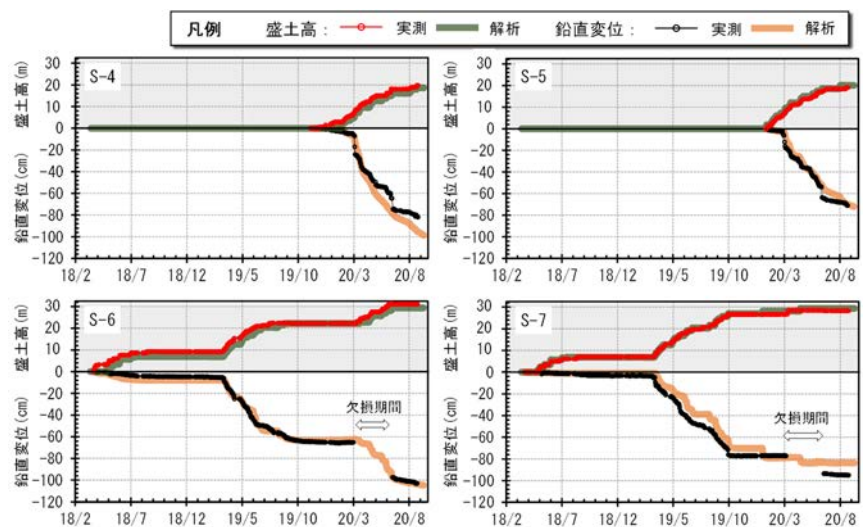


図-3 盛土沈下量の推移

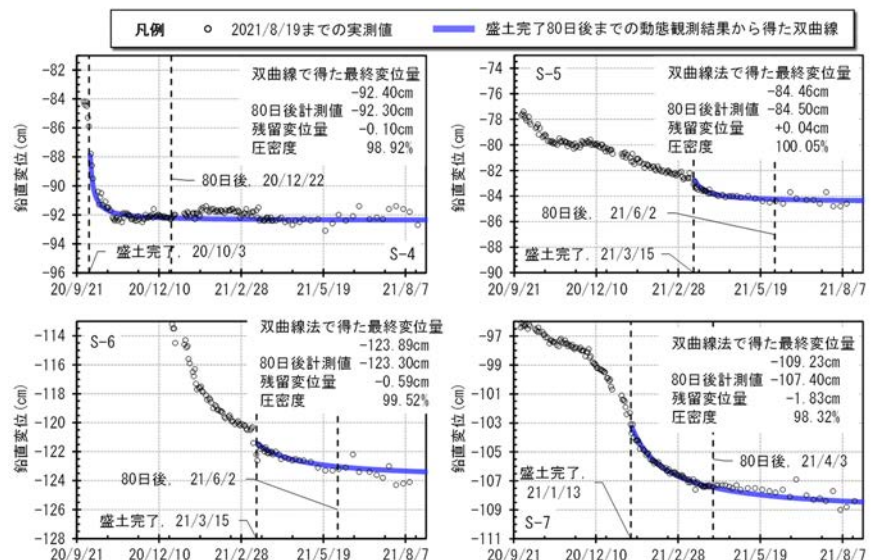


図-4 施工後の残留沈下予測