

東海大学土木工学科 学生会員 ○鈴木 智
東海大学土木工学科 正会員 杉山太宏 赤石 勝
(株) 建設企画コンサルト 正会員 白子博明

1. 諸 言

弾性体と仮定した地盤に作用する盛土荷重の一部を撤去すれば、地盤のリバウンド(隆起)は必ず発生する。除荷に伴うせん断変形と吸水膨張によるリバウンドの大きさは、仮定した地盤の弾性係数と除荷荷重の大きさに依存する。北陸自動車道において供用後長期間継続する沈下を軽減するために、盛立て完了から1年後に4mの盛土荷重が撤去されたが、予想に反し現場の間隙水圧計と沈下計に反応が見られなかった。この報告では、このような現象の理由を(1)盛土荷重除荷時に発揮される負のダイレイタンス (2)撤去されずに残されている盛土荷重による一次・二次圧密 (3)吸水膨張曲線の勾配から推定する弾性係数に着目し数値解析により検討した。

2. サーチャージ除荷後の圧密沈下挙動に関する考察

サーチャージ除荷後の圧密沈下量は、サーチャージの除荷時期によって異なる。サーチャージ除荷後、残されている盛土荷重による二次圧密沈下を完全に打ち消すプレロード効果を得るには、残されている盛土荷重の2倍程度以上のサーチャージの大きさと十分な圧密時間が必要であり、この現場には該当しないと考えられる^{1) 2)}。サーチャージ除荷に伴う応力変化によって要素内に発生する過剰間隙水圧 Δu_e が圧密により消散すれば有効応力 $\Delta \sigma_e$ が増加し体積変化 ΔV が発生する。この時の体積ひずみは次式のように示される。

$$\Delta V / V = m_{vs} \cdot \Delta \sigma_e = m_{vs} \cdot B \cdot (\Delta p' + D_d \cdot \Delta q)$$

ここに、 B は間隙圧係数、 m_{vs} は体積圧縮係数、 D_d は除荷後排水状態で発揮されるダイレイタンス係数である。サーチャージ除荷後の $\Delta p'$ と Δq は負量であり、ダイレイタンス係数も負量である⁴⁾。したがって、 $D_d \cdot \Delta q$ は正となり、負量の $\Delta p'$ の絶対値より大きい可能性もあり得る。そのような場合は、サーチャージ除荷後圧密沈下が発生することになる。

3. 有限要素法による計算結果と考察

3.1 計算条件と土質定数

解析には、二次圧密を考慮した差分法による一次元圧密解析²⁾と飯塚・太田により開発された弾粘塑性有限要素解析プログラム"DACSAR"⁴⁾を使用した。計算は、Fig.3.1の土層構成、Fig.3.2のような道路盛土の中央で左右対称とした平面ひずみ条件で行い、ハッチで示した要素(盛土層厚4m)が撤去されるとした。また盛り立て期間から撤去期間を含む時間経過は、現場の行程に合わせた。Table.3.1は、DACSARの計算に必要な主要な材料定数を各層毎に示したものである。定数の中で、既存の土質試験結果から直接決められないものは物性値による推定式から決定した。

depth	layer	name	γ' (t/m^3)	P_c (t/m^2)	P_e (t/m^2)
0		Ac1-1	0.76	35.0	18.0
10		As1-1	0.70	7.8	7.8
		Ac1-2	0.61	10.4	17.0
		As1-2	0.70	12.5	12.5
20		Ac1-3	0.61	14.8	14.5
		As1-3	0.70	17.1	17.1
30					
40		Ac2	0.63	23.3	19.4
		As2	0.70	29.1	29.1
50					
60		Ac3	0.68	34.3	29.5
		diluvial sand			

Fig.3.1 計算に用いた土層構成

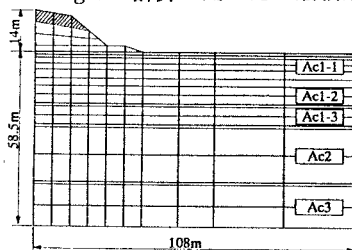


Fig.3.2 計算に用いた要素図

Table.3.1 計算に用いた材料定数

	Ac1-1	As1-1	Ac1-2	As1-2	Ac1-3	As1-3	Ac2	As2	Ac3
M	1.375	...	1.287	...	0.856	...	0.835	...	0.984
A	0.902	...	0.859	...	0.79	...	0.895	...	0.768
D	0.0589	...	0.0571	...	0.0682	...	0.131	...	0.081
ν'	0.306	...	0.32	...	0.385	...	0.388	...	0.366
σ_{∞} t/m^2	28.0	7.83	17.0	12.5	15.0	17.7	29.4	29.1	29.4
K_1	1.046	0.850	0.545	0.58	0.625	0.630	0.634	0.603	0.577
α	1.35×10^{-2}	...	1.64×10^{-2}	...	9.52×10^{-3}	...	5.30×10^{-3}	...	3.03×10^{-2}
ν_0	4.35×10^{-2}	...	1.04×10^{-2}	...	3.73×10^{-2}	...	4.82×10^{-2}	...	3.40×10^{-2}
k m/day	1.54×10^{-4}	...	1.31×10^{-4}	...	8.29×10^{-5}	...	2.25×10^{-4}	...	5.77×10^{-5}
λ t/m^2	...	1259	...	3780	...	4620	...	4620	...
μ t/m^2	...	630	...	1890	...	2310	...	2310	...

キーワード 圧密 除荷 道路盛土 間隙水圧 有限要素法

連絡先 住所) 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 電話) 0463(58)1211

3.2 計算結果と考察

Fig.3.2 は、盛土を撤去しない条件で計算した FE 解析の粘性土各層と地表面の沈下量の経時変化を示したものである。盛土 13 年後において Ac2, Ac3 層は一次圧密領域にあるものと考えられる。これは差分計算においても観察された。計算から求めた 13 年以降の長期沈下は年間 21~30mm となり現場の沈下速度 (60mm/年) の半分となった。4m の盛土を撤去した道路中央線直下各層毎の沈下量時間関係が Fig.3.3 である。層厚や材料定数の違いからその大きさは異なるものの、各層で数 cm 隆起する計算結果が得られた。Fig.3.3 の結果に対応する要素の、撤去前と撤去直後の有効応力経路を深度方向で比較したのが Fig.3.4 である。地表面に近いほど除荷に伴う軸差応力増分 Δq は大きくなるが、平均有効応力増分 $\Delta p'$ には大差がない。これは、各層のダイレイタンシー係数によって発生する水圧が変化した結果である。計算に用いた除荷時の膨張係数 κ は標準圧密試験の 25.6kgf/cm² から 0.1kgf/cm² まで除荷した e -log p 上 2 点のデータを直線で結び、その勾配から κ を求め計算に使用した。現場のデータとの相違の原因について、既往の研究から過圧密比をもとに検討したところ、1/10 程度の κ を使用すべきことが明かとなった。そこで、1/10 した κ により地表面沈下量を計算すると、リバウンドは 2.7cm となり、材料定数の決め方で計算結果に大きく影響を及ぼすことがわかった。

4. 結 論

- 1) 軟弱層厚が厚いために、盛り立て後 13 年経過しても下部軟弱層では一次圧密領域にある可能性があり、これは数値解析によっても確認された。リバウンドが観測されないのは、盛土撤去後の経過時間が短いために、現場では長期沈下を識別できない状態と判断される。
- 2) 荷重除荷に伴う負のダイレイタンシーの大小によっては、除荷にもかかわらず圧密沈下の継続もあり得る。
- 3) 有限要素法では、最大 11cm のリバウンドが計算されたが、既往の研究から膨張係数 κ を 1/10 したところ、2.7cm のリバウンド量となった。通常の設計では、実際よりも過大な κ から弾性係数を求めて、発生する可能性の小さいリバウンドを期待していると考えられる。

—参考文献—

- 1) 赤石 勝, 外崎 明, 似内政康, 稲田倍徳: サーチャージ除荷後の沈下予測, 土木学会論文集, 第 315 号, pp.95-101, 1981.. 赤石 勝, 白子博明, 竹田敏彦, 杉山太宏: 差分法によるサーチャージ除荷後の沈下予測, 第 35 回土質学会シンポジウム, pp125-128, 1991.
- 2) 外崎 明, 斉藤浩之, 赤石 勝, 稲田倍徳: サーチャージ除荷後の体積変化と有効応力経路, 東海大学紀要工学部, Vol.23, No.2, 1988.
- 3) Atsui Iizuka, Hideki Ohta: A DETERMINATION PROCEDURE OF INPUT PARAMETERS IN ELASTO-VISCOPLASTIC FINITE ELEMENT ANALYSIS, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.27, No.3, pp.71-87, 1987.

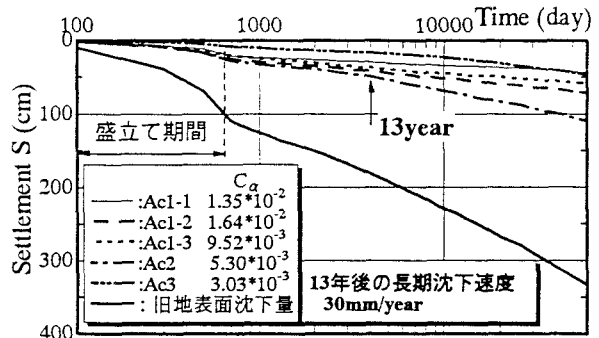


Fig.3.3 圧密沈下量時間関係：除荷なし

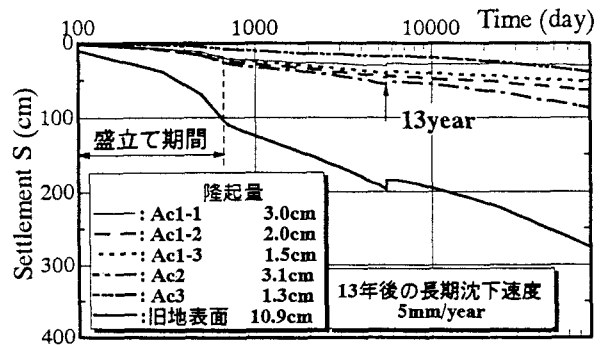


Fig.3.4 圧密沈下量時間関係：除荷

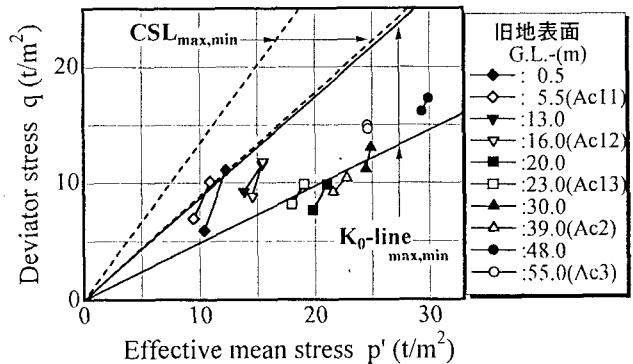


Fig.3.5 盛土撤去に伴う有効応力経路の変化