

極めて軟弱な地盤における道路盛土のサーチャージ効果

軟弱地盤、載荷盛土、長期沈下

NEXCO 中日本㈱ 正会員 ○高比良翔
 NEXCO 中日本㈱ 国際会員 稲垣大浩
 NEXCO 中日本㈱ 安藤貴宏
 清水建設株式会社 正会員 長澤正明
 株式会社 CPC 国際会員 白子博明

1. まえがき

軟弱地盤上に盛土をすると長期間にわたって発生する沈下のため、盛土と構造物の取り付け部に不等沈下が生じ、繰り返し補修工事を行うことが少なくない^{1),2)}。その対策として、高速道路盛土で一般的に採用しているサーチャージ工法は、計画盛土高より大きな盛土荷重を載荷して軟弱地盤の圧密沈下を促進することで、供用後に発生する残留沈下量の軽減を目的としている。本報告では、高速道路盛土における既往沈下事例と舞鶴若狭自動車道若狭町向笠地区の建設時沈下観測事例を用いて、サーチャージ工法による長期沈下速度の軽減効果を検証したものである。

2. 軟弱地盤概要

向笠地区は、有機質土混じりの粘性土、有機質土を主体とした軟弱な沖積層が厚さ 40m~50m で分布している。図-1 は、向笠地区の地質を道路縦断方向に示したものである。図より、STA.496+00 から 500+00 間及び STA.508+00 から 510+00 間は、有機質土が主体の区間である。この有機質土は、極めて軟弱であり 7~10m の盛土高を確保するために、盛土厚は 20m にも及ぶ区間である。有機質粘性土と有機質土の物理、力学的性質は、表-1 に示すとおりである³⁾。

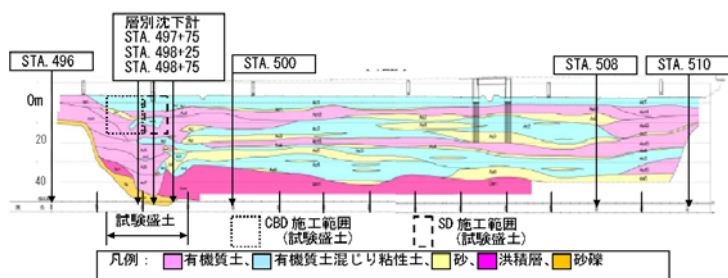


図-1 向笠地区地質縦断図

表-1 向笠地区軟弱地盤の土性

	有機質土混じり粘性土	有機質土
自然含水比 $w_n(\%)$	30~100	30~350
一軸圧縮強度 $q_u(kN/m^2)$	120~200	60~220
圧密降伏応力 $P_c(kN/m^2)$	100~400	70~320
圧縮指数 C_c	0.5~1.1	0.3~4.0
強熱減量 $Lig(\%)$	7~19	8~63

3. サーチャージによる長期沈下軽減効果

図-2 及び表-2 は、軟弱地盤上に施工された高速道路盛土のサーチャージ既往沈下事例である⁴⁾。盛土立上り後、一定のサーチャージ放置期間 t_s (以下「放置期間 t_s 」と呼ぶ) を経てサーチャージ ($H_s=2\sim 3m$) を撤去した。

地盤の物性はもちろんのこと層構成、盛土荷重、盛土載荷期間も違うため一概に比較はできないが、放置期間 t_s の短い伊勢道の場合、サーチャージ撤去後の長期沈下速度 βs (cm/log t) の減少割合 (再沈下速度比: $\beta s / \beta$) は、他の事例に比べて小さい。また、表-2 にはサーチャージ量の大小の指標となる載荷盛土比 $H_r=(H_e+H_s+S)/(H_e+S)$ を示している。伊勢道の載荷盛土比 $H_r(=1.21)$ は、他の事例 ($H_r=1.24\sim 1.32$) に比べて小さい。放置期間 t_s の長短や載荷盛土比 H_r の大小は、サーチャージ効果に影響を及ぼすようである。

図-3 は、表-2 の事例、東名焼津の事例及び舞鶴若狭道の建設時の事例から、放置期間 t_s と撤去後の長期沈下速度 βs (鉛直方向のひずみで表わしたサーチャージ撤去後長期沈下速度) の関係を示したものである。また、撤去後の長期沈下速度 βs は載荷盛土比 H_r を 3 つに区分して示している。

図より、東名焼津及び表-2 の事例では放置期間 $t_s=100\sim 400$ 日間で撤去後の長期沈下速度 βs は減少する傾向にあるが、

表-2 サーチャージ既往沈下事例

	計画盛土高 $H_e(m)$	サーチャージ盛土高 $H_s(m)$	載荷盛土比 H_r	サーチャージ撤去時沈下量 $S(cm)$	サーチャージ放置期間 $t_s(日)$	長期沈下速度 (cm/log t)		$\beta s / \beta$
						H_s 撤去前 β	H_s 撤去後 βs	
東名愛甲	11	3.5	1.24	355	170	90	30	0.33
東名袋井	4	1.8	1.32	155	220	60	20	0.33
伊勢道伊勢IC	8	2	1.21	165	50	110	80	0.73

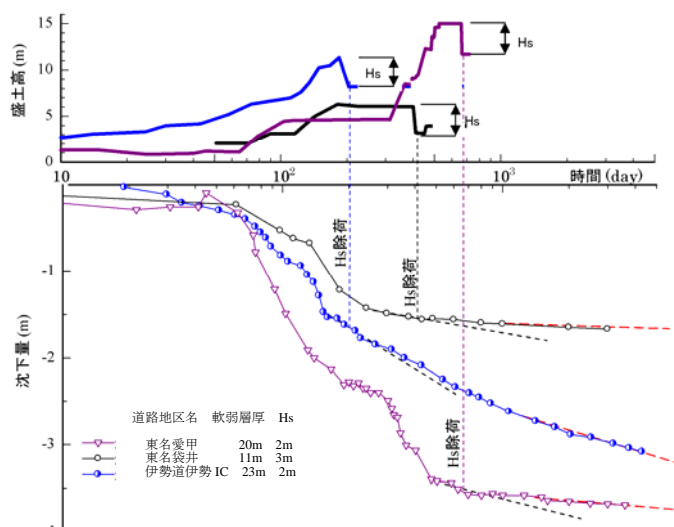


図-2 サーチャージ既往沈下事例

載荷盛土比 H_r の大小による撤去後の長期沈下速度 β_ϵ の違いは明確でない。盛土高さや軟弱地盤の土性等を考慮した分析が必要と考えられる。同図に示す舞鶴若狭道の事例は、他事例と同様に放置期間 t_s の増加にともなって撤去後の長期沈下速度 β_ϵ は減少しているが、その減少割合は小さく撤去後の長期沈下速度 β_ϵ は他事例に比べて 1.5~2 倍程度大きな値である。舞鶴若狭道は、極めて軟弱な地盤であり建設時の沈下量が 7~12m に及ぶことや、現時点(2014年3月)で舗装等の工事中であるためサーチャージ撤去後の沈下観測期間が 1~1.5 年程度と短いこと等から、サーチャージ効果を評価する十分なデータが得られていないものと考えられる。

図-4 は、図-3 と同様の事例を用いて載荷盛土比 H_r と撤去後の長期沈下速度 β_ϵ の関係を示したものである。また、撤去後の長期沈下速度 β_ϵ は放置期間 t_s を 4 つに区分して表している。図より、東名焼津及び表-2 の事例の撤去後の長期沈下速度 β_ϵ は載荷盛土比 H_r に比例して直線的に減少する傾向にある。図中 Y 軸に示した空色矢印は、東名焼津と表-2 の事例のサーチャージ撤去前の長期沈下速度 β の範囲である。図中の空色破線を撤去後の長期沈下速度 β_ϵ の平均的な減少傾向を示すものと仮定すると、 β を 50%程度軽減するための載荷盛土比は $H_r=1.4$ であり、計画盛土高さ $H_E=7m$ の場合、サーチャージ高さは、 $H_r=(H_E+H_s)/H_E$ より $H_s=2.8m$ である。既往現場データを利用したサーチャージ除荷後の長期沈下速度の予測が簡易に行える可能性がある。舞鶴若狭道の事例も他事例と同様に、載荷盛土比 H_r の増加に伴う撤去後の長期沈下速度 β_ϵ の減少傾向は直線的であるが、撤去後の長期沈下速度 β_ϵ は相対的に大きな値である。

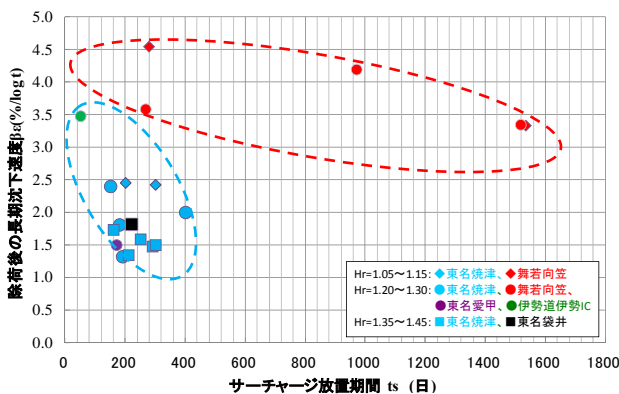


図-3 サーチャージ放置期間 t_s と撤去後の長期沈下速度 β_ϵ

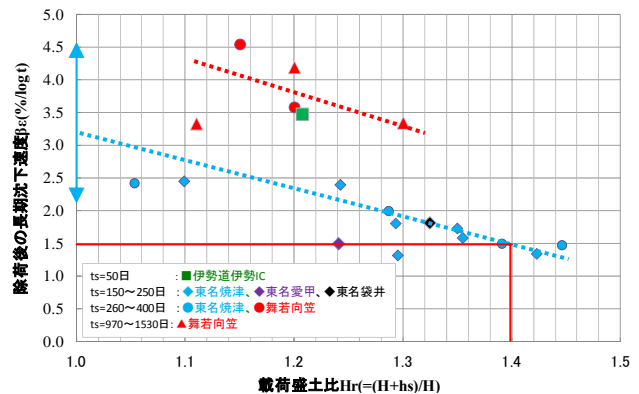


図-4 載荷盛土比 H_r と撤去後の長期沈下速度 β_ϵ

4. サーチャージ除荷後の長期沈下速度の予測

図-5 は、載荷盛土比 H_r と再沈下速度比 β_s/β の関係を示したものである⁵⁾。図中の、放置期間 t_s は 4 つに区分して表している。ここで、再沈下速度比 β_s/β とは、サーチャージ撤去後の長期沈下速度 β_s (cm/log t) をサーチャージ撤去前の長期沈下速度 β (cm/log t) で除したものであり、載荷盛土比 $H_r=1.0$ ($H_s=0$: サーチャージ撤去前の状態) では、再沈下速度比 $\beta_s/\beta=1.0$ である。図より、再沈下速度比 β_s/β は、載荷盛土比 H_r の増加にともなって減少する傾向にあり、サーチャージによる長期沈下速度の軽減効果がある程度は認められる。図中に示した黒色破線は、再沈下速度比 β_s/β の H_r 増加に伴う減少傾向の最大、最小値であり、赤一点鎖線は平均的な値を示すものである。未解明な問題は有るが同図を用いることで、設計時点でのサーチャージ除荷後の長期沈下速度の予測や、施工時のサーチャージ撤去時期の判定ができるようにしたい。また、放置期間 t_s による効果については、図-5 で明確となっていないことから今後データの蓄積と詳細な分析が必要である。

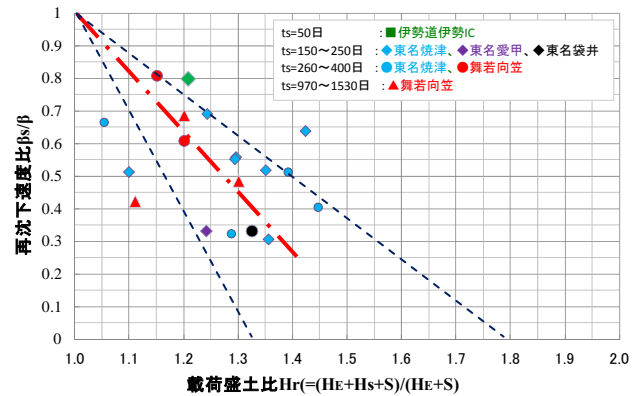


図-5 載荷盛土比 H_r と再沈下速度比 β_s/β

5. あとがき

舞鶴若狭自動車道若狭地区は、極めて軟弱な粘性土及び腐植土地盤上に計画高さ 7~10m の道路盛土を施工した。道路盛土による沈下量は盛土高さの 1~1.5 倍程度であり、国内で経験した陸上における軟弱地盤の沈下量を遥かに超える大きなものであったため、供用後の残留沈下軽減対策としてバーチカルドレーン工法とサーチャージ工法を採用した。

サーチャージ効果の評価は、長期の沈下観測データが必要であるため、更に動態観測を実施することが重要である。

参考文献

- 1) 滝田他：軟弱地盤上の道路盛土の供用後の長期変形挙動予測と性能設計への応用，土木学会論文集，No.743/III-64, pp.173-187, 203.9
- 2) 常磐自動車道他軟弱地盤の維持管理に関する調査及び対策検討報告書，昭和 62 年 3 月，(財)高速道路技術センター。
- 3) 平田他：超軟弱地盤における道路盛土の変形挙動とその抑制対策，土木学会論文集 C, Vol.66, No.2, pp.356-369, 2010.5
- 4) 軟弱地盤対策工の設計・施工に関する検討報告書，平成 16 年 2 月，(財)高速道路技術センター。
- 5) 白子他：サーチャージ除荷後の二次圧密挙動，土木学会論文集 C, Vol.65, No.1, pp.275-287, 2009.