

軟弱ビート地盤上での盛土工事における設計と施工観測例

(株) 竹中土木 正会員 ○三木貴喜 大坪雅文

竹中技術研究所 正会員 中崎英彦 上田貴夫

1. まえがき

軟弱地盤に盛土を行なう場合、盛土の安定および軟弱層の圧密による沈下が大きな問題になる。高知県春野町で盛土工事が行なわれた谷部は、おぼれ谷地形を呈しており、谷の入口は海岸砂の堆積により閉鎖された典型的な後背湿地になっている。堆積物の供給は、静的な堆積環境のもとで行なわれ、植物片や基盤岩の残積土が不規則に堆積した複雑で不均質となっている。この種の地盤に対して、盛土施工速度をコントロールし、盛土の安定をはかる緩速段階盛土工法が採用された。そして、その結果、予想以上に圧密の進行は早く、この種の地盤において、サンドドレーンを施工するまでもなく、最も経済的な方法である緩速段階盛土工法で十分対処可能であることが確認された。

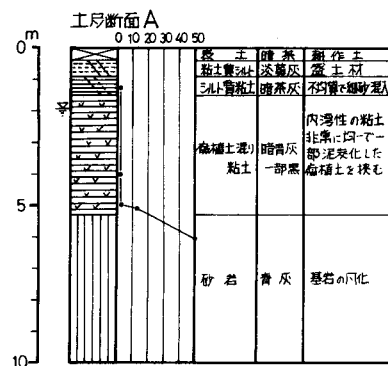
本報告は、当盛土工事の設計、および施工観測結果について報告するものである。

2. 土層構成と土質試験結果

ボーリング調査結果に基づいて得られた設計用土層断面を図1に示す。N値2以下の軟弱な粘性土層は、多量に有機物を含んだいわゆるビート地盤である。しかし植物片は少なく黒泥化しており、かなり分解しているものと思われる。

土質試験結果を表1に示す。塑性図より判断すると、当地盤は含水比が高い高塑性の有機質土と、含水比の低い低塑性の無機質土にグループ分けされることが判明したので、力学試験は、無機質土と有機質土のそれぞれについて実施した。圧密試験から求めた無機質粘土の圧縮指数 C_c は、Skempton の式 $C_c = 0.009(W_L - 10)$ に比較的によく一致しており、有機質土の C_c は高圧縮性を示す泥炭の特性値に近い値である。¹⁾

表-1 土質試験結果



試料	無機質			有機質		
	A-1	B-1	C-1	A-2	B-2	C-2
採取深度 m	GL-20-30	GL-30-40	GL-10-16	GL-20-30	GL-10-15	GL-20-30
液性限界 W_L	42.6%	35.1%	40.2%	65.5%	43.8%	103.6%
塑性限界 W_p	26.1%	21.4%	23.3%	36.5%	24.9%	46.1%
塑性指数 I_p	16.5	13.7	16.9	29.0	18.9	57.5
含水比 W_n	36.6%	37.8%	29.7%	86.5%	43.0%	99.8%
比重 G	2.27	2.59	2.66	2.40	2.56	2.60
固相比 e			0.794			0.616
日本統一分類	ML	ML	CL	OH	OL	OH
圧縮係数 P_y				0.43		
圧縮指数 C_c	0.23			0.91		
体積圧縮係数 m_v	$15 \times 10^{-3} \sim 22 \times 10^{-3}$			$4.2 \times 10^{-3} \sim 8.0 \times 10^{-3}$		
圧縮係数 C_v	$67 \times 10^{-3} \sim 31 \times 10^{-3}$			$24 \times 10^{-3} \sim 8.0 \times 10^{-3}$		
非圧縮性排水試験	$\phi_u = 0^\circ$ $C_u = 0.16 \%$			$\phi_u = 4^\circ$ $C_u = 0.08 \%$		
圧縮非排水試験	$\phi' = 37.0^\circ$ $C' = 0 \%$			$\phi' = 44.4^\circ$ $C' = 0 \%$		

図-1 設計用土層断面図

3. 緩速段階盛土の設計

緩速盛土を行なうにあたっては、段階盛土による盛土荷重の増加に対して、軟弱層中の間げき水圧の変化を予想し、盛土の安定性を評価しておく必要がある。また盛土の安定には、間げき水圧の消散による地盤のセン断強度の

増加を待たねばならない反面、残留圧密沈下量および
工期工程の面からも適正盛立施工速度を決定することが
重要な点である。

盛土部の標準断面を図2に示す。段階盛土における
圧密度の計算にあたっては、瞬間載荷条件から得られ
る圧密度を補正することによって段階盛土に適用した。
算定条件は以下のごとくである。

盛土高さ20m、盛立日数200日

両面排水2H=5.0m、盛土単体重量1.9t/m³

圧密係数 $C_v = 2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$

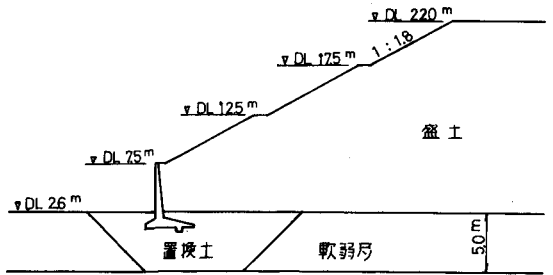


図-2 盛土部標準断面

また、軟弱層の圧密度と盛土の安定性の関係を把握するため Bishop法によって盛土斜面の安定性を検討した。
その結果、盛土の安定性に必要な安全率1.2に対し、盛土完了時の圧密度は47.5%が必要であることが判明した。

図3は、盛土速度をパラメーターとした場合の圧密度の進捗度合である。これより、圧密度47.5%に対して盛
立工期は127日必要であることがわかる。一方、残留沈下量および所要工期から盛立速度を検討する。本工事の
場合、圧密度80%を一応の目安とすると図3より盛立工期は300日（盛立200日、放置100日）が必要と
なる。工事工程上から検討すると、この盛土部を残して他所を先行することが対処可能であることから、盛土の安
定に対する安全性を見込み、盛立速度5日/回、盛立日数200
日とした。

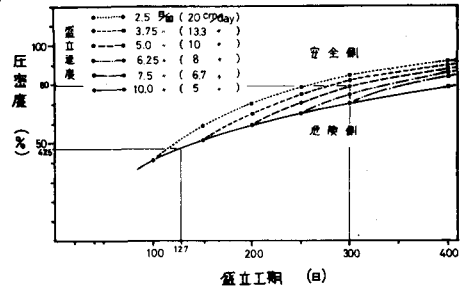


図3 圧密度と盛立工期の関係

4. 間げき水圧の測定による施工管理

盛立時には、軟弱層中に間げき水圧計を埋設し、計測管理の
もとに盛立施工を進めた。

間げき水圧測定を実施した2カ所の測定結果を図4に示す。

また施工管理に用いた、間げき水圧～盛土高管理図を図5に示
す。図5において、上限線は、盛立速度3.75日/回、計画線は、
盛立速度5.0日/回での盛土高に対する管理限界線である。

底1および底2いずれも管理限界内で
施工され、過剰間げき水圧値は計画値に
比べ低い値となっている。施工盛立実績
は、平均盛立速度が、底1で5.3日/回、
底2で5.1日/回であった。

底1では、擁壁施工のため盛土高が、
3.0mの時点で約100日間盛立が休止
していたため、後半の盛立による間げき
水圧の上昇は底2ほど顕著ではなかった
。

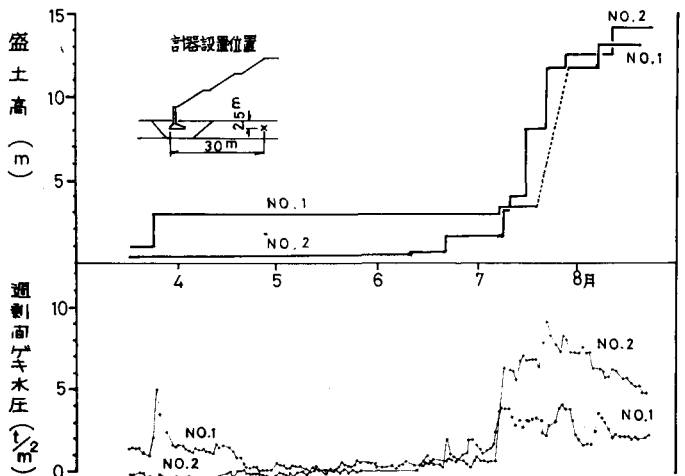


図4 間げき水圧測定結果

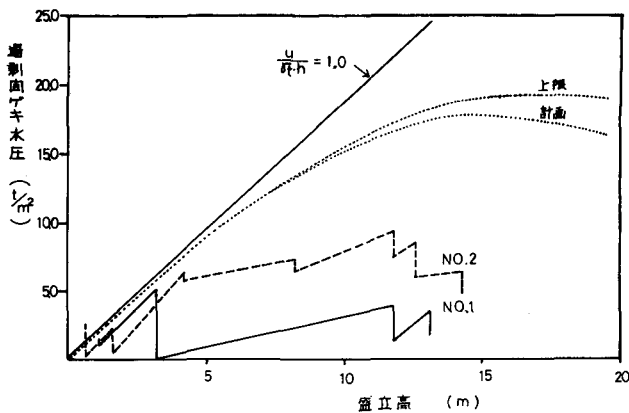


図5 間引き水圧～盛土高管理図

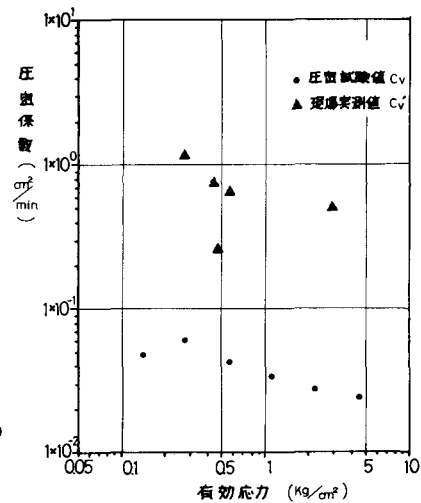


図6 圧密係数の現場実測値と試験値の比較

5. 考察

図6は、間引き水圧測定から逆算して求めた圧密係数 C_v' と圧密試験から求めた圧密係数 C_v を比較したものである。 C_v' は C_v の約10～20倍の結果になっている。このように圧密試験値より現場実測値が大きい値を示す理由としては種々考えられるが、ここでは圧密時間が排水距離の2乗に影響してくることから、後背湿地にみられる複雑な地層に起因していると判断される。

表2は、 C_v' と C_v の比とサンドドレーンの適用性についてRoweらが提案したものである。今回の C_v'/C_v が、10～20で、砂層、砂れき層の薄層をはさんでいることから、表2を参考にすると、サンドドレーンの必要性はなく、特きびしい工期上の制約や重要構造物の沈下に対する制約がない場合は、今回、緩速段階盛土工法を採用したことが妥当であつたと判断される。

今後、より実際的な圧密係数で設計が行なわれるよう、地盤調査方法等の改善が必要であると同時に、この種の実測データを蓄積することが必要であると思われる。

参考文献

- 1) 土質工学会：日本の特殊土 土質基礎工学ライブラリー-10 P.161
- 2) Rowe, R.W.(1968): Proceeding of the I. C. E. Supplementary Volume Paper 70581s

表2 サンドドレーンの適用性(参考文献2)

場所	土質区分	現場測定 C_v' 圧密試験 C_v	適用性
a	多くのシルトと粘土を有する黒色泥炭	1100	サンドドレーン適用なし 緩速段階盛土工法適用
b	硬シルト、砂の薄層や空洞を伴った褐色の玉石混り粘土	1050	
c	明確に区別できるシルトと砂の層を伴った深層の泥炭	320	
d	深さ方向に変化を伴った泥炭地層粘土	100	
e	細砂とシルト層を伴った深層の泥炭地層粘土	47	
d	きれいなシルト層を伴った泥炭地層粘土	26	緩速段階盛土工法適用
d	シルトと砂層を伴った深層の泥炭地層粘土	36	
a	多くのシルトと粘土を有する黒色泥炭	11	
c	シルトと粘土を有する泥炭地層粘土	8	
d	深さ方向に変化を伴った泥炭地層粘土	4	
e	均質な玉石混り粘土	3	緩速段階盛土工法適用
f	スウェーデンに特殊な砂層を伴った泥炭地層粘土	ほとんど一致	

- a: Staunton, Harold
b: Covenham
c: Derwent
d: Srodsham
e: Selset
f: Ska-Edeby