

III - 2

バーチカルドレーンの設計に適用する軟弱地盤の圧密係数について

日本道路公団試験所
岡

正員 中沢 裕
〇 渡辺崇博

1. 概要

近年開発が広域に及ぶようになり、そのままでは上載荷重を安全に支持できないような軟弱な基礎地盤上に構築物を施工する場合でも、急速施工が要求されるようになってきた。

このような軟弱な基礎地盤では、短期間にその支持力を増加させるために、人工的に排水距離を短かくするバーチカルドレーン工法が採用される例が多く、それに伴って従来から種々の研究と数多くの施工経験があるバーチカルドレーン工法の効果について、再検討される機会が多くなってきた。^(注1)

バーチカルドレーン工法の施工方法が、打込み式・挿入式・オーガー式またはラオタージェット式などのいずれの方法であっても、程度の差はあるが、バーチカルドレーンを施工することによって、基礎地盤中の土は乱されるはずである。

バーチカルドレーン施工地盤の圧密沈下に関する理論計算は、本来ならば水平方向圧密係数を使用して行なうべきであると考えられる。しかし一般には、水平方向圧密係数を求める試験方法が標準化されていないことと、乱れのない自然地盤では、水平方向圧密係数は鉛直方向圧密係数に等しい値が、数倍の値であるといわれているが、バーチカルドレーンを施工することによって土が乱されて透水性が低下することを考慮して、鉛直方向圧密係数を使用して行なっている。

日本道路公団では、東名・名神高速道路をはじめとする各地の道路建設に際して遭遇した軟弱地盤地帯で、バーチカルドレーン効果を検討するために、試験盛土を行ない、本工程にバーチカルドレーンを採用しているが、圧密沈下に関する時間の理論値と実測値の間に相違があり、実測値の方が理論値よりも遅くなる例が多い。

この原因として次のようなことが考えられる。

- ① 実測による盛土施工期間中の沈下量には圧密沈下量の他に側方流動などにより土が堤外へ逃げ、沈下した分も含んでいるので、単位時間当りの沈下量が大きくなり、沈下速度が遅くなったように見える。
- ② 土は乱されると透水性が低下する。
- ③ バーチカルドレーンパイルが時間の経過とともに目詰まりする。
- ④ バーチカルドレーンパイル内で水頭損失が起る。

これらの要因を個々に解析することは困難であるし、また解析でできるだけの実測資料がないので、土が乱されることによりその透水性が低下することが、沈下量の経時変化の理論値と実測値が近似しない主な要因であると仮定して、室内試験及び実測による沈下量の経時変化の傾向を検討した結果、バーチカルドレーン処理地盤の理論計算に適用する圧密係数は、標準圧密試験を行なって得た鉛直方向圧密係数よりも小さな値を用い、実測の沈下量の経時変化に近似した理論値を求められることが判った。

2. 粘性土の乱れに伴う圧密係数の変化（室内試験）

次に示す4種類の方法で沈下試験を作成して標準圧密試験（JIS A 1219, log法）

- ① 基礎地盤からレンウォールサンプラーで採取した試料を乱さないように圧密リングの中へ押し込み、圧密リング上下面から出ている部分を、リングの端面に沿ってワイヤーソーで切り取る。
- ② レンウォールサンプラーで採取した試料を乱さないように圧密リングの中へ押し込み、圧密リングの上下面

はら出ている部分をリング端面に沿ってワイヤーソーで切りとった後、供試体表面につやがでるまで鋼製ヘラで表面仕上げを行ない、供試体表面に乱した薄い膜を作る。

- ③ シンウォールサンプラーで採取した試料は、その土の一軸圧縮試験から求めた破壊圧縮ヒズミの約50%ヒズミに相当する圧縮を与え、その試料を圧密リングの中へ乱さないように押し込み、圧密リング上下面から出ている部分をリング端面に沿ってワイヤーソーで切りとる。
- ④ シンウォールサンプラーで採取した試料をねり返して完全にカク乱した試料とし、圧密リングの中の土の重量が①で作成した供試体とほぼ等重量になるように、鋼製ヘラなどを使用して、空気が供試体の中へ入らないように、圧密リングの中へ詰め込む。

図-1に東京高速道路焼津地区で採取した試料について①・③・④の方法で供試体を作成して、圧密試験を行ない、圧密係数を調べた結果を示す。

図-1から圧密試験用の供試体表面に乱された土の薄い膜があれば、乱さない供試体から求めた圧密係数よりも小さな値の圧密係数が求められることが判る。

図-2に同地区で採取した(上記採取地点よりも約10m離れている)試料について①・③・④の方法で供試体を作成して圧密試験を行ない、圧密係数を調べた結果を示す。

なお本試料の一軸圧縮試験結果は $\sigma_u = 0.53 \text{ kg/cm}^2$ 、破壊時の圧縮ヒズミは $\varepsilon = 5.6\%$ であり、一軸圧縮試験の途中で圧縮ヒズミが3~4%のとき供試体に小さなクラックが生じたので、圧密試験用の試料には、供試体高さ(13.5cm)の3%(破壊ヒズミの54%)の圧縮ヒズミを与えた試料から、圧密試験用の供試体を作成した。

図-2から圧密試験用の供試体に圧縮ヒズミを与えても、そこから求められる圧密係数は、乱さない供試体から求めた圧密係数よりも小さな値になることが判る。

京葉道路千葉市都心地区でフォイルサンプラーとシンウォールサンプラーで採取した試料について①・④の方法で供試体を作成して圧密試験を行ない、圧密係数を調べ、砂分含有量の差による両者の関係を整理した結果を図-3に示す。

図-3から砂分の含有量の差によって両者の差が変わる事が判る。

以上のことから土はある程度以上乱されると、その圧密係数は小さくなるが、土質の相違や、圧密圧力の違いによっても、圧密係数が小さくなる割合が異なることが判った。

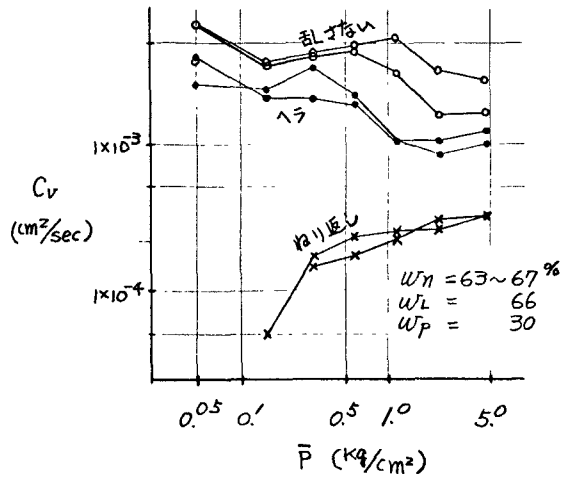


図-1 圧密係数の変化(表面=膜)

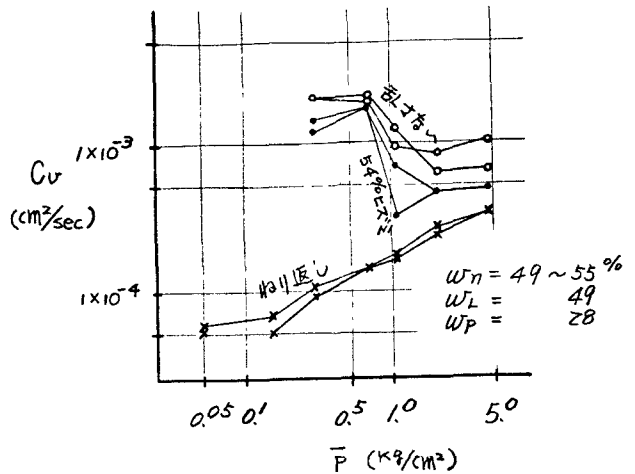


図-2 圧密係数の変化(ヒズミ)

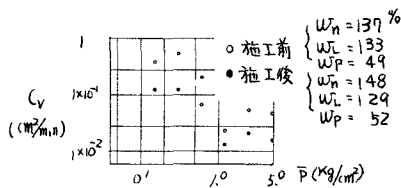


図-4 バーチカドレーン打設の影響による圧密係数の低下 (オーガー式) 京葉道路都川

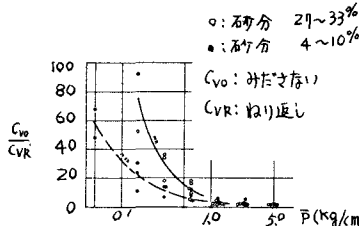


図-3 砂分含有量の差による圧密係数の低下 (京葉道路都川)

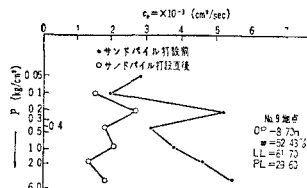


図-5 サンドパイロ打設によるCvの変化 (米倉)

ろ、実測による沈下量の経時変化からの圧密係数の逆算

土はある程度乱すと圧密係数が低下することが室内試験結果から判ったが、その外にもバーチカドレーンパイロ打設方法の違いによって、乱れ方およびその程度が異なるし、同一施工方法であっても、土質の違いによって異なる。

今回の室内試験結果からは、パイロ打設による圧密係数の低下割合を求めることができなかったが、その例を示せば図-4、5^(注2)のとおりである。

東名高速道路神奈川厚木地区および静岡県袋井地区から図-6に示すバーチカドレーン施工地点を選定し圧密沈下を要する時間の理論値と実測値を近似させる条件を求めた。

検討結果は表-1に示す

とおりである。

沈下に要する時間の理論計算結果と実測値の比較検討の例は図-7に示すとおりである。

理論圧密沈下および圧密沈下に要する時間の計算に使用する土質定数 ($e \sim \log P$, $\log C_v \sim \log \bar{P}$ など) は自然含水比をパラメータとして整理した結果^(注3)

を使用し、土質区分も自然含水比で区分した結果を使用した。

比較検討に当って、盛土施工期間中の実測沈下量の中からは圧密沈下量以外の沈下量も含まれているので、主に圧密沈下のみが生じて

いると思われる盛土施工完了時以後の沈下の経時変化を近似させるように留意した。

地表面に近い軟弱層の沈下は短期間で完了する傾向があるため、各点ごとに圧密係数の換算率を求めた結果を表-2に示す。圧密係数の換算率は地表面から深い層に移行するにつれて小さくなる傾向がある。

この原因は各点の土質条件が異なり、乱されることによって圧密係数が小さくなる割合が異なるのかも知れない。

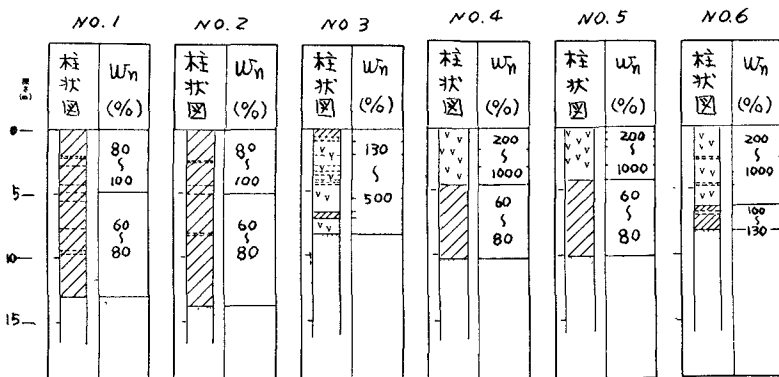


図-6 バーチカドレーン施工地点の土質柱状図

表-1 C_v の逆算結果

道路名	NO.	地区名	側	点	軟弱地盤対策工法	径 (cm)	配、置間隔 (cm)	クイ長さ (m)	圧密係数換算率 ^(注3) D ($C_v \times D$)
東名高速道路	1	厚木	試験盛土		サンドドレーン	40	正三角形	200	1/4
	2				カードボードドレーン	40	正三角形	125	1/5
	3				サンドドレーン	40	正三角形	120	1/4
	4	袋井		420+0	サンドドレーン	40	正方形	150	1/5
	5			420+40	サンドドレーン	40	正方形	150	1/5
	6			442+93	サンドドレーン	40	正方形	150	1/4

いが、各尺の土質が同じであると仮定すれば、パーチカドレーン内之水頭損失が起つてゐることが考えられる。

各尺の圧
密沈下量と
圧密係数の
換算率(各尺
の)から
表-2に示
すように全
尺の換算率

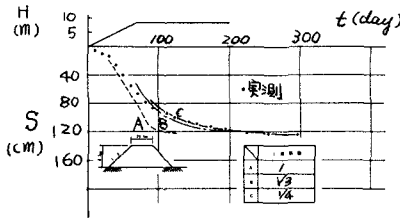


図-7 厚水試験盛土サンドレーン処理間圧密沈下時間解析結果

の近似値を求めることができる。

今回の検討結果から、軟弱地盤を構成する土が多々
異なつてもパーチカドレーン(今回検討した地盤の
施工方法は、サンドレーンは打込み式・カードボ
ードレーンは挿入式である)の設計に使用する圧密係
数($\bar{p} = \frac{1}{2} \times (p_0 + p_0 + \Delta p)$; p_0 = 土かぶり圧, Δp = 上
載荷重; $\bar{p}$ に対応する C_v)は、土がパーチカドレーン施工の際に乱れる影響、パーチカドレーン内での水
頭損失などを考慮して、鉛直方向圧密係数の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$ の値を適用すれば、圧密沈下に要する時間の理論値と実測
値を近似させることができることが判つた。

表-2 圧密係数の換算率の換算

道路名	地区名	軟弱地盤 対施工法	軟弱地盤 位置	圧密係数 換算率 D	理論圧 沈下は S	圧密係数換算率の換算 の換算率 $\frac{D \cdot S}{S}$
東 名 高 速 道	厚 水 試 験	サンド レーン	0 m ~ 5 m	$\frac{1}{3}$	87cm	
			5 m 以深	$\frac{1}{5}$	58cm	
			0 m 以深	$\frac{1}{4}$	$\Sigma S = 145\text{cm}$	$\Sigma \frac{D \cdot S}{S} = 0.280 \times \frac{1}{3.6}$
			0 m 以深	$\frac{1}{3}$	87cm	
	愛 甲 試 験 盛 土	サンド レーン	0 m ~ 5 m	$\frac{1}{3}$	87cm	
			5 m 以深	$\frac{1}{20}$	58cm	
			0 m 以深	$\frac{1}{5}$	$\Sigma S = 145\text{cm}$	$\Sigma \frac{D \cdot S}{S} = 0.220 \times \frac{1}{4.5}$
			0 m ~ 1.5 m	$\frac{1}{2}$	13cm	
路	厚 水 試 験	サンド レーン	1.5 m ~ 5.5 m	$\frac{1}{5}$	88cm	
			5.5 m ~ 7.5 m	$\frac{1}{5}$	48cm	
			0 m ~ 7.5 m	$\frac{1}{4}$	$\Sigma S = 149\text{cm}$	$\Sigma \frac{D \cdot S}{S} = 0.226 \times \frac{1}{4.4}$
			0 m ~ 7.5 m	$\frac{1}{4}$	149cm	

4. まとめ

今回の検討では土質調査結果とどのような試験を実施するか、パーチカドレーン施工方法の違いによって、
如何なる圧密係数を使用すればよいかという結論は得られなかった。

軟弱な基礎地盤の水平方向圧密係数が鉛直方向圧密係数に等しいと仮定した理論計算では、比較的短時間で圧
密沈下が完了するという結果が得られるが、実際にはパーチカドレーンを施工することによって土が乱れやす
く透水性が低下すること、パーチカドレーン内之水頭損失が起り排水能力が低下することなどを考慮して、鉛直
圧密係数を割引いた値を理論計算に適用すべきであるという結論は得られた。

今後パーチカドレーン施工方法の相違による土の乱れやすさの程度と、乱れによる透水性の変化の割合を調査
し、パーチカドレーン処理地盤に対するより合理的な設計・施工の指針を得る調査研究を実施するつもりであ
る。

参考文献

- 注1) たとえば「土と基礎」Vol. 20 No.8 パーチカドレーン工法の問題点をさぐる = サンドレーン
は果してきくか = (土質工学会)
- 注2) 米倉亮三 : パーチカドレーン工法とサンドレーン工法 : 土と基礎・最近の工法 (土質工
学会)
- 注3) 渡辺崇博 : 圧密沈下量の計算 : 日本道路公団試験所報告 (昭和45年度)
: 圧密時間に関する研究 : 同上 (昭和46年度)