

## 真空圧による軟弱地盤改良効果に関する検討

|      |      |     |      |    |
|------|------|-----|------|----|
| 佐賀大学 | 理工学部 | 学生員 | ○喜連川 | 聰容 |
| 同    | 理工学部 | 正会員 | 柴    | 錦春 |
| 同    | 理工学部 | 正会員 | 三浦   | 哲彦 |

## 1. はじめに

軟弱地盤を圧密させる工法の1つとして真空圧密工法がある。通常の盛土載荷工法に比べて、真空圧密工法は盛土材の搬入・搬出を必要とせず、真空圧による地盤の破壊の心配がない。従って、経済的で効果的な軟弱地盤改良工法として最近注目されている。本研究では、真空圧密工法と盛土荷重による圧密のメカニズムを比較・検討する。また、中国の遥牆（山東済南）空港での盛土荷重と真空圧密の比較試験<sup>1)</sup>について1次元FEM解析を用いて解析・検討を行った。

## 2. 真空圧密と盛土荷重による圧密の比較

真空圧密工法は、軟弱地盤の表面をビニールシートなど（気密シート）で覆い空気が漏れないようにし、その下の空気を真空ポンプで吸引して地盤中に負圧（大気圧との差）を形成する。その負圧によって地盤を圧密するがそのメカニズムは盛土荷重による圧密と異なる。

## (1) 側方変位

盛土の場合、地盤中において外向きの側方変位が発生し、時に周辺既存構造物に影響を与える。真空圧密の場合は、地盤に等方圧密を与えるので内向きの側方変位が発生する。この内向きの側方変位は地盤の圧密によるものなので、その量は限られる。真空圧密と盛土荷重の組み合わせにより、地盤の側方変位を最小限に抑えることが可能である。

## (2) 軟弱層の排水境界条件の影響

1次元圧密を想定して考える。盛土の場合、片面排水（図-1(a)）と両面排水（図-2(a)）の圧密速度は異なるが、最終沈下量はほぼ同じである。ところが真空圧密の場合、排水境界条件により圧密速度だけでなく、最終沈下量も異なる。片面排水の場合、底面が非排水なので最終的に全層に同じ真空圧を与えることができ（図-1(b)）、圧密終了時に地盤中に水の流動がない（動水勾配が0になる）。しかし、両面排水の場合、地表面に一定の真空圧を与えても、底面が排水（過剰水圧0）なので真空圧を与えることができない。最終的に地表面と底面の間に水頭差が形成され、地表面向きの定常流が生じる。その時、地盤中の真空圧の分布は三角形となる（図-2(b)）。従って、真空圧密の場合、両面排水より片面排水の方が最終沈下量が大きくなる。真空圧密の場合、バーチカルドレーンを下の砂層まで打設することは避けるべきである。

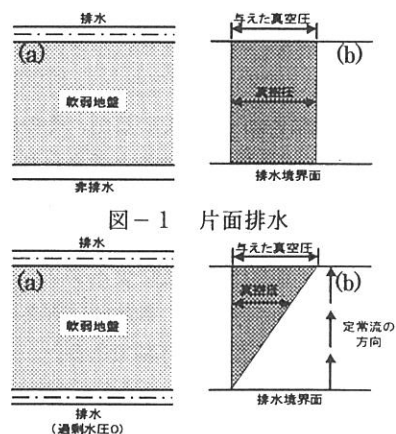


図-1 片面排水

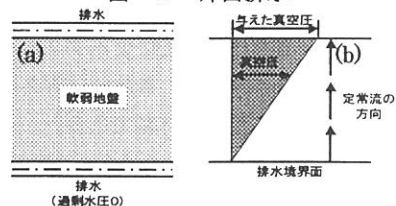


図-2 両面排水

## 3. 中国遥牆空港のケースの解析・検討

## (a) 試験方法

中国の遥牆空港で盛土荷重と真空圧密との比較試験を行った。軟弱地盤の厚さは20mで、土質パラメータは表-1に示している。2つのエリアをそれぞれ縦60m、横40mとし、互いの干渉を避けるため40mの間隔を設けた。盛土荷重の概要は図-3に示す。

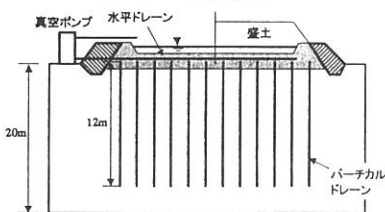


図-3 施工概要図

80kPa の盛土荷重が3段階に分けて载荷され、平均真空圧は盛土荷重と同じ約80kPaであった。盛土荷重と真空圧の载荷過程は図-4に示している。それぞれのエリアにおいて、バーチカルドレーンを12mの深さで、ピッチ1.3mの三角形配置であった。

| 地層  | 層名    | H   | w  | C <sub>h</sub>      | C <sub>v</sub>      | γ                    | C <sub>c</sub> | e <sub>0</sub> | M   | OCR |
|-----|-------|-----|----|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------|-----|-----|
| No. |       | (m) | %  | (m <sup>2</sup> /d) | (m <sup>2</sup> /d) | (kN/m <sup>3</sup> ) |                |                |     |     |
| 1   | 地下水位  | 1.0 | -  | 0.363               | 0.363               | 17.30                | 0.15           | 0.905          | 1.2 | 4.0 |
| 2   | シルト砂  | 2.0 | 18 | 0.363               | 0.363               | 17.30                | 0.15           | 0.905          | 1.2 | 3.0 |
| 3   | シルト粘土 | 2.0 | 31 | 0.363               | 0.363               | 19.25                | 0.25           | 0.865          | 1.2 | 1.2 |
| 4   | シルト   | 2.5 | 28 | 0.302               | 0.302               | 19.10                | 0.20           | 0.770          | 1.2 | 1.2 |
| 5   | 軟弱粘土  | 4.0 | 40 | 0.086               | 0.086               | 18.20                | 0.35           | 1.350          | 1.2 | 1.2 |
| 6   | シルト粘土 | 0.5 | 24 | 0.181               | 0.181               | 19.80                | 0.15           | 0.650          | 1.2 | 1.2 |
| 7   | シルト粘土 | 8.0 | 24 | 0.181               | 0.181               | 19.80                | 0.15           | 0.650          | 1.2 | 1.2 |

表-1 土質パラメータ

#### (b) 解析結果

このケースを1次元FEMで解析し、実測値との比較・検討を行った。その結果は図-4に示す。真空圧の実測値と解析値はほぼ等しいことがわかる(図-4(a))。盛土荷重における施工初期段階の実測値と解析値が異なっているが、施工最終段階の実測値と解析値はほぼ一致している。施工段階のずれについて、解析では荷重が線形的に増加すると仮定したが、実際は3段階で载荷したことが影響した。このケースの場合、真空圧はほぼ盛土荷重と同じ沈下量が発生した。

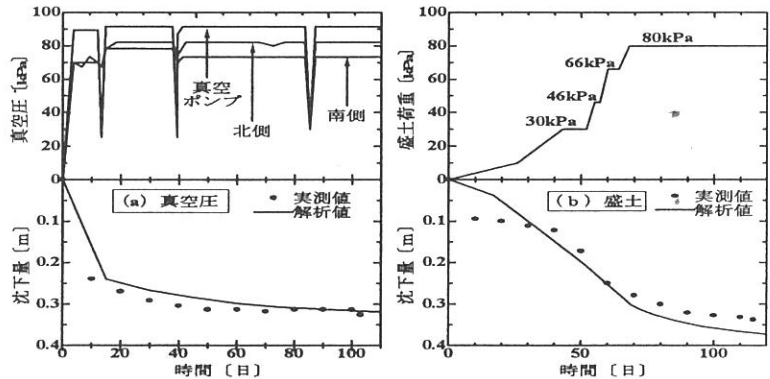


図-4 時間-沈下量の関係

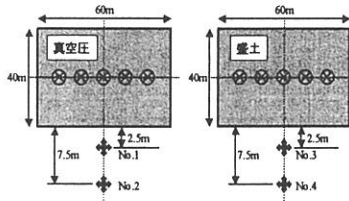


図-5 側方変位測定地点

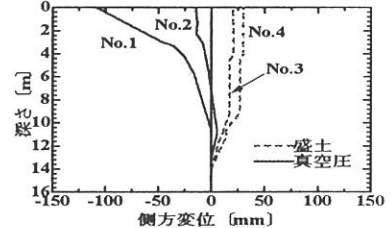


図-6 側方変位の実測値

側方変位については図-5に示す2つの地点で測定した。試験終了時での測定値は図-

6に示している。盛土荷重が外向き、真空圧は内向きの側方変位が生じていることがわかる。今回の解析は1次元で行ったので、側方変形の計算はできなかった。

#### 4. 結論

盛土荷重と真空圧の比較・検討により以下のことが分かった。

- ・盛土荷重の場合側方変位は外向き、真空圧密の場合は内向きの側方変位が生じる。よって、真空圧と盛土荷重を組み合わせることにより、地盤中における側方変位を最小限に抑えることが期待できる。
- ・軟弱層の排水境界条件の違い(片面・両面排水)により、盛土の場合では沈下速度に影響を与えるが、真空圧の場合では圧密速度だけでなく、最終沈下量にも影響を与える。
- ・中国の遥墙空港のケースを解析・検討した。このケースについて、真空圧と盛土荷重の最終沈下量はほぼ等しい。真空圧の有効性を確認できた。

#### <参考文献>

- 1) Tang, M. and Shang, J. Q. : Vacuum preloading consolidation of Yaoqiang Airport runway : Geotechnique 50, No. 6, 613-623 : 2000