

有限要素法による真空圧密工法の沈下挙動予測とその評価 ～その2：検証編～

清水建設株式会社 正会員 小林 勝
 清水建設株式会社 正会員 河田 雅也
 清水建設株式会社 正会員 ○山田 典弘
 株式会社ジオデザイン 正会員 橋爪 秀夫

1. はじめに

真空圧密工法は、ドレーン材と真空ポンプを用いて地盤内を減圧することで、地盤に含まれる水や空気を強制的に排出し、圧密促進・強度増加を図る工法であるが、その理論に関しては、現時点においては十分に解明されていない部分もある。

本報告では、真空圧密工法（真空単独方式）の施工に当たり、二次元の土／水連成弾塑性解析を用いて事前解析を実施し、実測データを基に解析の妥当性の検証を行った事例について紹介する。本稿では、「その1：解析編」を受け、実測データとの比較およびフィードバック解析を行い、モデル化の妥当性の検証を行った結果について解説する。

2. 検証位置

解析結果との比較検証を行った地表面沈下量および真空圧の計測位置を図-1 および図-2 に示す。真空圧の計測は、鉛直ドレーン打設時にドレーン上端と下端に設置しておいた負圧計により行った。

3. 解析値と実挙動の比較結果

動態観測結果を図-3に示す。同図には、有限要素法による解析値も併記している。载荷圧の調整は、排水管に設置されたバルブの開閉により行ったため（図-4）、微調整が難しく、 35kN/m^2 前後で比較的大きな計測値を示している。当初は、 35kN/m^2 の载荷を30日継続した後、 70kN/m^2 まで载荷圧を上昇させる計画であったが、周辺影響の程度が予想より小さかったことから、载荷圧の上昇期日を早め、7日間経過後に载荷圧を 70kN/m^2 に上昇させている（表-1）。载荷開始から94日後に沈下量 59.4cm に達した時点で、所定の品質を確保できたことを確認し、

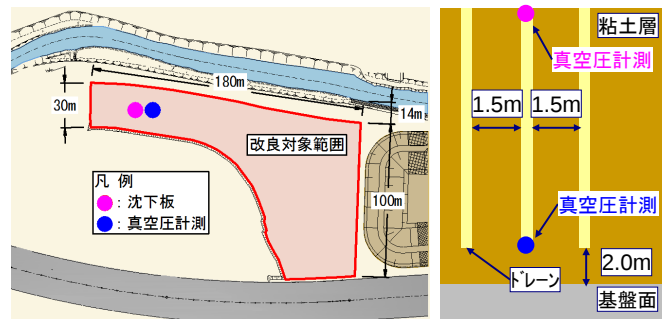


図-1 検証位置平面

図-2 真空圧計測深度

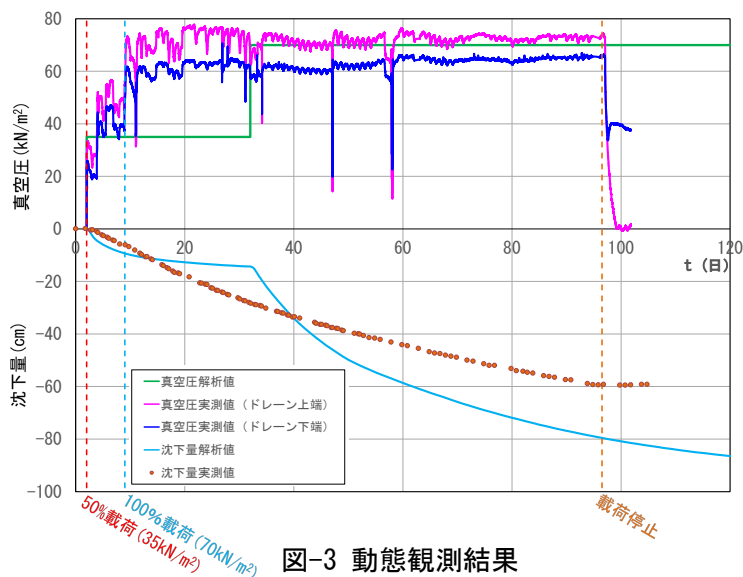


図-3 動態観測結果

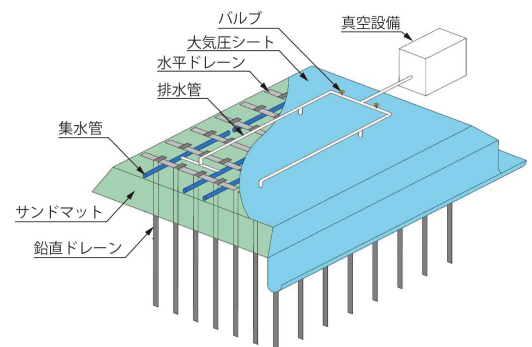
図-4 SPD 工法の原理¹⁾

表-1 载荷圧の計画と実績

STEP	真空载荷圧	载荷期間	
		計画時	実施工
1	35.0	1日～30日	1日～7日
2	70.0	31日～	8日～

キーワード 真空圧密、有限要素法、フィードバック解析

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株)土木技術本部基盤技術部 TEL 03-3561-3916

載荷を停止した。事前解析による最終沈下量は $S_f=97.8\text{cm}$ であったのに対し、実測値から双曲線法によって予測した最終沈下量は $S_f=108.1\text{cm}$ となっており、誤差は 10%程度に収まっている。一方、沈下速度に関しては、解析値と実測値の乖離が大きく、実際の沈下の進行が遅れる傾向となった。段階載荷に対する感度も、解析上は鋭敏であったが、実測値としては明確に表れなかった。

4. フィードバック解析

解析手法の妥当性を検証するために、動態観測結果を踏まえたフィードバック解析を実施した。解析値と実測値が異なった原因としては、①入力パラメータが実地盤の状況と異なっていた、②真空圧密工法をモデル化するに当たって負圧の伝播状況等の条件が再現できていなかった、の2つが考えられる。このうち前者については、最終沈下量の再現性が高かったことから主要因ではないと考え、本事例では後者に絞り、解析上の諸条件を修正することで、実挙動と一致させることを試みた。

(1) 載荷条件の修正

真空圧密工法の原理は、地上に設置した真空ポンプによりドレーンを介して負圧を伝播させるものであるため、深層部に負圧が伝わるまでには時間を要する。採用した SPD 工法においては、圧密理論による計算値に関わらず、標準的な載荷期間を 2~4 ヶ月程度としている。そこで、浅層の Ac1 層、Ac2 層については実施工条件に則し、7 日で真空圧が最大となるように設定した。ただし、段階的に載荷させるのではなく、7 日間かけて漸増させる設定とした。真空載荷圧の最大値はドレーン上端の真空圧実測値の 7 日目以降の平均とした。一方、深層の Ac3 層、Ac4 層については真空載荷圧の最大値をドレーン下端の真空圧実測値の 7 日目以降の平均とし、載荷開始から 60 日後に真空圧が最大となるように載荷圧を漸増させる設定とした (表-2)。

(2) 透水係数の修正

負圧がドレーン周辺の地盤に伝播する現象を解析結果に反映させるために、解析上の透水係数の低減を試みた。具体的には、換算透水係数を「その 1 : 解析編」の設定値から 1/2 倍した値とした (表-3)。

(3) フィードバック解析結果

フィードバック解析結果を図-5 に示す。上記の解析条件修正を行うことで、実挙動を精度よく再現できる結果となった。

5. まとめと考察

事前解析値と実測値の比較においては、最終沈下量は概ね一致していたが、沈下速度は乖離が大きかった。真空圧密の理論は通常の圧密理論と同義ではなく、既往の解析モデルではドレーンや周辺地盤への負圧の伝播履歴を適切に評価できないためであると推察される。そこで、解析上の条件設定として、深層部が最大載荷圧に達する期間を 60 日とし、地盤の透水係数を 1/2 倍とすることで、

実挙動を再現することができた。今後は、盛土併用方式の場合や他の真空圧密工法を適用した場合も含めて検証事例を増やすことで、真空圧密工法による挙動予測の精度向上を図って行きたい。

参考文献

- 1)SPD 工法研究会：SPD 工法技術資料、平成 23 年 4 月
- 2)小林他：真空圧密工法における近接構造物の変位抑制対策、土木学会第 70 回年次学術講演会、平成 27 年 9 月

表-2 真空圧載荷条件

	漸増期間	真空載荷圧
Ac1 層、Ac2 層	0 日~7 日	72.2kN/m ²
Ac3 層、Ac4 層	0 日~60 日(2 ヶ月)	62.9kN/m ²

表-3 透水係数条件変更

土層名	換算透水係数 (cm/sec)	
	変更前	変更後
B	1.65×10^{-7}	8.25×10^{-8}
Ac1	1.29×10^{-7}	6.45×10^{-8}
Ac2	9.08×10^{-8}	4.54×10^{-8}
Ac3	5.23×10^{-8}	2.62×10^{-8}
Ac4	3.91×10^{-8}	1.96×10^{-8}

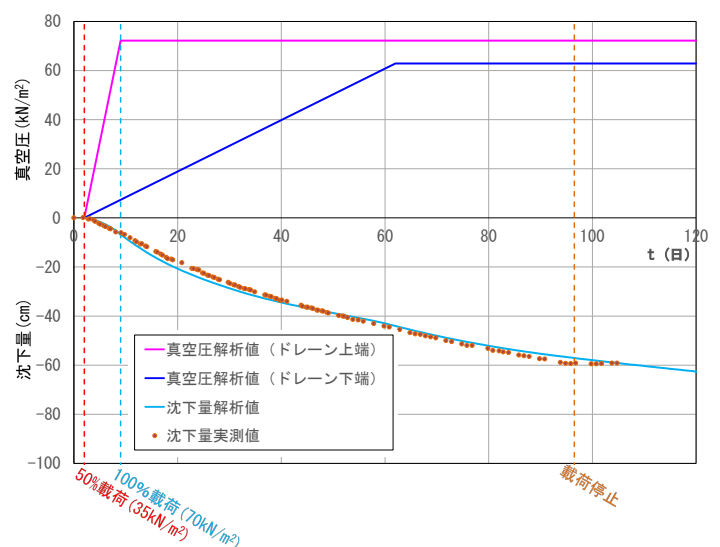


図-5 フィードバック解析結果