

盛雪を上載荷重とした真空圧密ドレーン工法による軟弱地盤の減容化試験施工（その2）

ー実測沈下と一次元圧密理論およびFEM解析との比較および盛雪の考察ー

(株)中山組

政田 博康

遠藤 達也

錦城護謨(株)

正会員 山内 義文

真空圧密ドレーン工法研究会

正会員 ○白神 新一郎

1. はじめに

札幌市を流れる豊平川の下流域において、掘削土の減量化を目的として盛雪を併用した真空圧密ドレーン工法の適用が検討され¹⁾、平成21年度および平成22年度に試験施工が実施された。このうち平成21年度に実施された試験施工では、その結果より盛雪および凍土の剛性が大きい場合は最終沈下量が小さくなることが指摘され、盛雪を圧密荷重として有効に利用するための方策が提案された^{2),3)}。本文では、平成22年度に実施した試験施工について、実測沈下と一次元圧密理論およびFEM解析との比較結果と盛雪荷重についての考察を報告する。

2. 試験施工の概要

試験施工の概要図を図-1に示す。また土層構成と真空圧密ドレーン工法に用いたキャップ付ドレーン材の仕様を図-2に示す。工事概要と改良効果に関しては、(その1)を参照されたい。

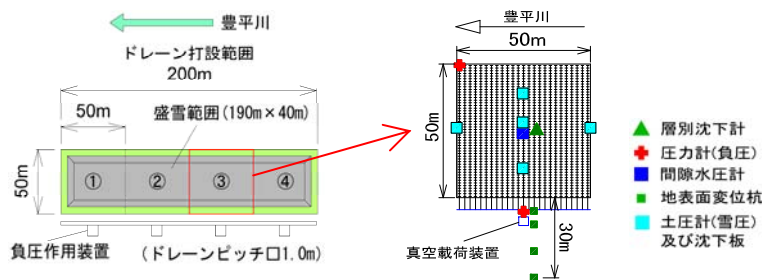


図-1 試験施工概要図

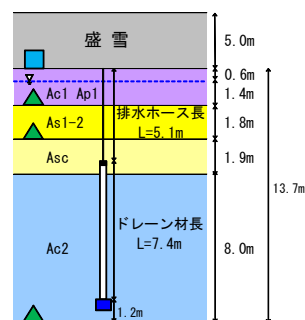


図-2 土層構成とドレーン材仕様

3. 盛雪施工の概要

平成21年度に実施された試験施工では、改良範囲外までの盛雪が施工された断面で、盛雪と凍土の剛性が大きい場合は最終沈下量が小さくなることが報告され、盛雪荷重を有効に利用するための具体的な方策が提案された^{2),3)}。本試験施工では、このうち地盤改良の範囲を盛雪の法部の外側にまで拡げて、盛雪の自重をすべて改良地盤に作用させる方策を適用し施工を行った。図-3

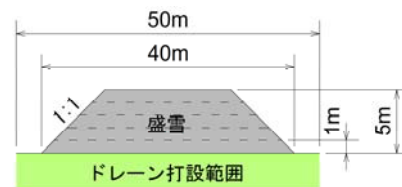


図-3 盛雪断面図

に盛雪の断面図を示す。盛雪の範囲はドレーン改良範囲の5m内側とし、高さ5m、法勾配1:1で築造した。施工は1層のまき出し厚さを1mとし、湿地ブルドーザにて転圧を行い、密度 $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ 程度とした。また盛雪に散水を行うことで密度を $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ 程度に増大することが可能だが、盛雪の剛性が大きくなり沈下への追随性が低下する可能性が考えられたことから、本試験施工では盛雪への散水は行わなかった。

4. 実測沈下と一次元圧密理論およびFEM解析との比較

一次元圧密理論はCc法とBarron(バロン)の近似解により算出した。FEM解析(プログラム名:Dacsar)における土の構成モデルは、Ap層とAc層を関口・太田モデル、As層とAsc層および盛雪は線形弾性体と設定した。盛雪の弾性係数については、剛性の影響を検証するため表-1に示す3ケースとした。圧密荷重については作用負圧をドレーン先端の間隙水圧計測結果より $80\text{kN}/\text{m}^2$ 、盛雪荷重を土圧計および雪密度の計測結果より $30\text{kN}/\text{m}^2(0.6\text{g}/\text{cm}^3)$ と設定した。図-4にFEM解析に用いたメッシュ図を示す。また土質定数およびFEM解析に用いた材料パラメーターをそれぞれ表-2と表-3に示す。

盛雪, 真空圧密, 軟弱地盤, 減容化, 理論沈下

〒581-0068 大阪府八尾市跡部北の町1-4-25 錦城護謨株式会社 土木事業本部技術部 Tel:072-992-6630

表-1 FEM 解析ケース

ケース	雪の剛性	弾性係数 E (kN/m ²)	備 考
Case-1	小	1, 000	
Case-2	小	7, 000	一般的な盛土と 同程度の剛性
Case-3	大	90, 000	平成21年度試験施工の散水 を行った盛雪の評価数値 ³⁾

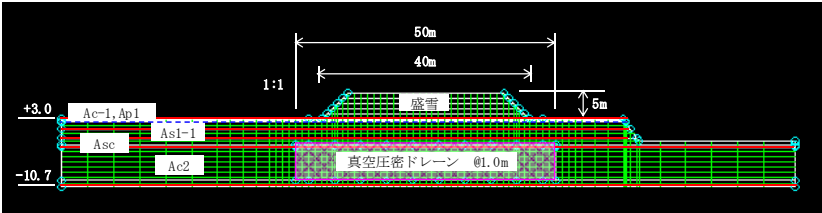


図-4 FEM 解析に用いたメッシュ図

表-2 土質定数

土質 区分	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	初期 間隙比 e_0	圧縮指数 Cc	圧密係数 Cv (cm ² /day)	圧密降伏 応力 Pc (kN/m ²)
Ac-1	14.5	2.305	0.675	210	30.0
Ap1	14.5	2.305	0.675	210	30.0
As1-2	18.0	-	-	-	-
Asc	17.6	1.177	0.349	2000	202.5
Ac2	16.0	1.775	0.821	40	92.6

表-3 FEM 解析に用いた材料パラメーター

領域名	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	初期 間隙比 e_0	限界 応力比 M	非可逆比 Λ	ダイレイタ ン係数 D	静止土圧 係数 K ₀	ポアソン 比 ν	透水係数 k (m/s)
Ac-1, Ap1	14.5	2.305	1.20	0.686	0.0507	0.50	0.33	1.27E-08
As1-2	18.0	-	弾性係数: E = 16000 (kN/m ²)				0.33	1.00E-06
Asc	17.6	1.177	1.20	0.686	0.0398	0.50	0.33	2.61E-08
Ac2	16.0	1.775	1.22	0.695	0.0734	0.50	0.33	5.73E-10
盛雪	6.0	-	弾性係数: Case-1~Case-3の3ケース				0.33	1.00E-06

図-5 は地表面沈下形状について、実測値と FEM 解析の比較を示したものである。盛雪の剛性が小さい Case-1, Case-2 が実測沈下と一致する傾向を示し、N 値 10 相当の盛土と同程度の剛性である Case-2 で地盤の挙動が精度よく再現できていると判断される。図-6 は Case-2 における改良域中央の実測沈下と一次元圧密理論および FEM 解析との比較を示したものである。なお実測沈下については双曲線法による解析により、将来の沈下予測値を表記した。実測沈下と理論値、FEM 解析値はよく一致していると判断される。

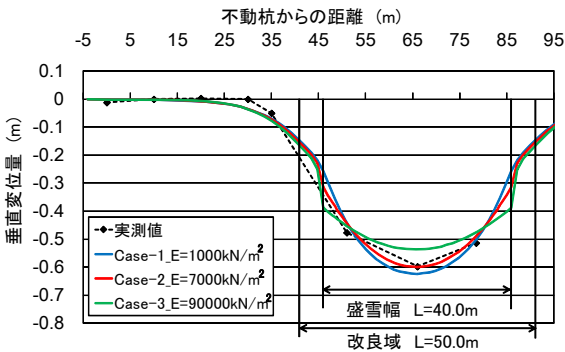


図-5 地表面沈下形状

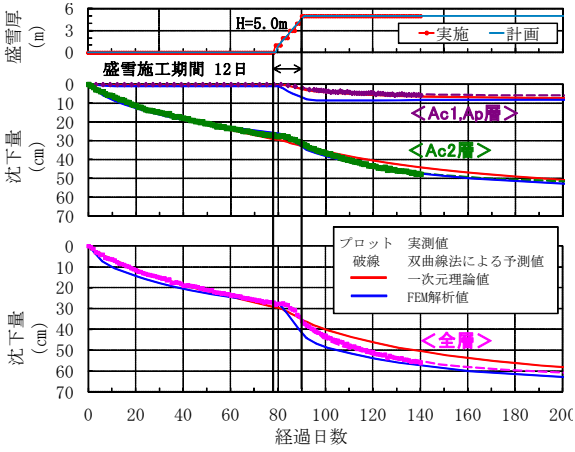


図-6 沈下実測と理論値および FEM 解析値の比較

5. まとめ

- 平成 22 年度に実施された、盛雪を圧密荷重に併用した真空圧密ドレーン工法の試験施工について、実測沈下と一次元圧密理論および FEM 解析を比較し盛雪による圧密荷重について考察した。主な結果をまとめると、次のようである。
- (1) 実測沈下と一次元圧密理論および FEM 解析との比較を行った結果、動態観測値から得られた作用負圧:80kN/m²、盛雪荷重:30kN/m²を用いた解析から沈下形状の再現ができた。
 - (2) 盛雪による圧密荷重について、FEM 解析で盛雪の剛性(弾性係数)を N 値 10 相当の盛土と同程度の E=7000kN/m² とすると実測沈下とよく一致することから、剛性の影響による沈下量の低減は極めて小さかったと判断された。
 - (3) 盛雪の範囲をドレーン改良範囲の 5m 内側としたこと、盛雪に散水を行わなかったことにより、盛雪の剛性を N 値 10 相当の盛土と同程度とすることができた。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、北海道開発局札幌開発建設部には貴重な資料を使用させていただいた。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

1) 渡辺雅裕他：豊平川下流部における河道掘削工について-真空圧密工法による掘削土砂の減量化の検討-, 平成 22 年 2 月, 北海道開発技術研究発表会。 2) 新舎博他：盛雪と真空圧密を併用した軟弱地盤の減容化施工, 地盤工学ジャーナル, Vol. 6, No. 3, 427-438, 2011. 2) 新舎博他：盛雪と真空圧密を併用した軟弱地盤の減容化施工, 地盤工学ジャーナル, Vol. 6, No. 3, 427-438, 2011. 3) 鈴木健治他：盛雪と真空圧密併用による軟弱地盤の減容化試験施工(その 1)~(その 5), 平成 23 年 7 月, 第 46 回地盤工学研究発表会, pp. 843~852.