

プレローディング工法による埋立地盤の即時沈下抑制効果の評価

関西国際空港株式会社 吉見 昌宏

中岡 清貴

大久保 要

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○門田 浩一

伊藤 正純

1. まえがき

プレローディング工法は圧密促進によって強度増加及び残留沈下の抑制を図る静的な締固め工法であり、主に粘性土地盤を対象として用いられるが、礫地盤の沈下抑制対策にも有効と考えられる。礫地盤では荷重除荷時の膨張が小さく、再度荷重を載荷させた場合でも先に働かせた荷重までの変形は小さいため、プレローディング工法による即時沈下抑制効果が期待できる。本論は、礫を主体とする埋立地盤（以降は埋立地盤と記す）において、燃料タンク建設時に実施された土質調査結果、プレロード盛土及び水張り試験時の沈下計測データを基に、3次元FEM解析（弾性解析）を用いて、プレローディング工法の即時沈下抑制効果について評価したものである。

2. 埋立地盤の変形特性

燃料タンクの施工ヤードでは、液状化対策としてサンドコンパクションパイル工法（以降はSCP工法と記す）、即時沈下対策としてプレローディング工法による地盤改良が実施されている。SCP工法による改良前後において、標準貫入試験、孔内水平載荷試験及び平板載荷試験が行われており、それぞれの原位置試験より得られたN値と変形係数Eの相関関係は、図-1に示すとおりである。SCP改良前では、 $N=7\sim 13$ 、 $Ea_0=1800\sim 7600\text{kN/m}^2$ （孔内水平載荷試験：水平方向変形係数）、 $Eb_0=7170\sim 9300\text{kN/m}^2$ （平板載荷試験：鉛直方向変形係数）、SCP改良後は、 $N=12\sim 27$ 、 $Ea_1=3700\sim 14450\text{kN/m}^2$ である。また、N値と変形係数の相関関係は、SCP改良前では $Ea_0=250\sim 620\text{N}$ （平均390N） kN/m^2 、 $Eb_0=7170\sim 9300\text{N}$ （平均1310N） kN/m^2 、SCP改良後では $Ea_1=310\sim 780\text{N}$ （550N） kN/m^2 である。SCP改良前における水平方向変形係数（ Ea_0 ）と鉛直方向変形係数（ Eb_0 ）の比は、 $Eb_0/Ea_0=3.4$ 程度になっている。

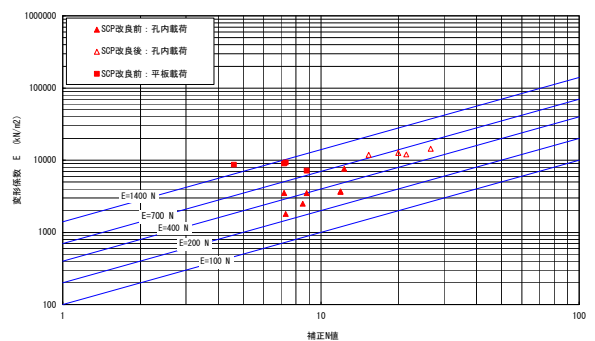


図-1 N値と変形係数Eの相関関係

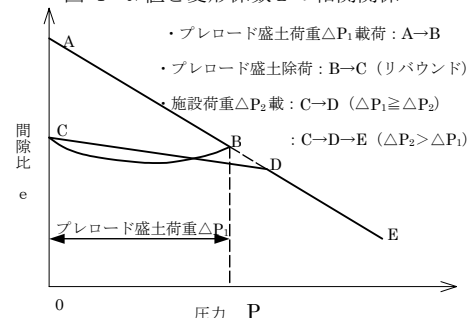


図-2 プレロード盛土載荷・除荷時の埋立地盤の圧縮特性

3. プレローディング工法の改良効果の検討

1) プレロード盛土載荷時の埋立地盤の圧縮性：プレロード盛土荷重の載荷・除荷、施設荷重載荷時の埋立地盤の圧縮特性は、図-2の模式図に示すようになる。プレロード盛土の載荷・除荷によって、土の骨格構造は基本的に変化しないが、埋立地盤の圧縮性（プレロード荷重 ΔP_1 の範囲まで）は小さくなり、見掛け上の変形係数Eは大きくなる。これが、プレローディング工法の改良効果となる。プレロード盛土載荷後の埋立地盤の変形係数Eは、 $E = (\text{プレロード盛土載荷前の埋立地盤の変形係数 } E_0) \times (\text{補正係数 } \beta)$ の関係式で求める。補正係数 β については、SCP施工後に行われたプレロード盛土の実測沈下データ、及びプレロード盛土撤去後に実施された燃料

キーワード プレローディング工法、埋立地盤、3次元FEM解析、即時沈下、変形係数

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島4丁目3番24号 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 06-6886-8438

タンクの水張試験時の実測沈下データを基に、3次元 FEM 弾性解析モデルを用いて、変形係数のパラメータスタディで設定する。

表-1 解析定数

深度 (m)	N 値	γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	ν
0-5	23.6	20.8	E = 700 ~ 2800N (kN/m ²)	0.3
5-10	21.8	21.0		0.3
10-15	25.6	21.0		0.3
15-21	14.5	21.3		0.3
21-31	18.0	22.0		0.3

2) 盛土载荷前の変形係数：プレロード盛土（高さ 6m）
 载荷時に計測された埋立地盤の即時沈下量を基に、3次元 FEM 解析を用いて盛土载荷前の埋立地盤の鉛直方向変形係数 E_{b1} を推定した。解析定数及び解析モデル図をそれぞれ表-1、図-3 に示す。変形係数 E_{b1} は N 値との相関関係 ($E_{b1}=A \times N$) で示し、相関係数 A の

ケーススタディで沈下解析を行い、解析値と実測値の比較を行った。解析結果は、図-4 に示すとおりであり、解析値と実測値は $E_{b1}=1600 \sim 1750N$ (平均 $A=1680N$) kN/m^2 の関係で最も近似した。また、SCP 改良後の孔内水平载荷試験より得られた水平方向変形係数 $E_{a1}=310 \sim 780N$ (550N) kN/m^2 と、解析結果 E_{b1} との比は $E_{b1}/E_{a1}=3.1$ となり、SCP 改良前の比 $E_{b0}/E_{a0}=3.4$ と同程度の関係が得られた。よって、解析結果は、概ね妥当であると判断した。

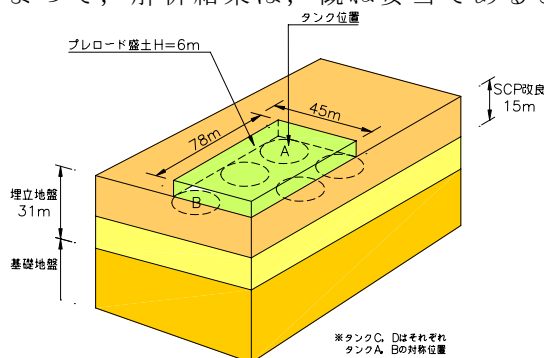
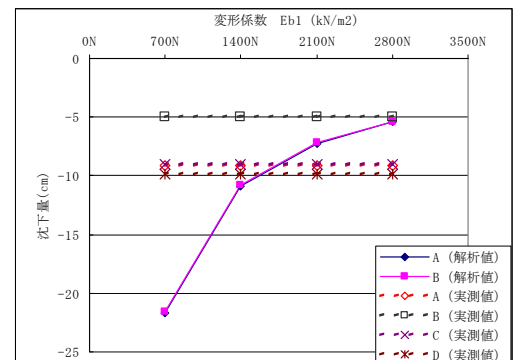


図-3 盛土载荷前の変形係数検討モデル（1/4 モデル）

図-4 盛土载荷前の埋立地盤の変形係数 E_{b1}

3) 盛土除荷後の変形係数：上記 2)と同様の解析方法により、燃料タンクの水張試験時の実測沈下データを用いて、プレロード盛土除荷後の埋立地盤の鉛直方向変形係数 E_{b2} を推定した。解析モデル図及び解析結果は図-5、図-6 に示すとおりであり、解析値と実測値は $E_{b2}=3700 \sim 5500N$ (平均 4600N) kN/m^2 の関係で最も近似した。盛土载荷前の変形係数 $E_{b1}=1600 \sim 1750N$ (平均 1680N) kN/m^2 と比較すると、 $E_{b2}/E_{b1}=2.3 \sim 3.2$ (平均 2.7) となった。よって、プレローディング工法の改良効果により、埋立地盤の変形係数（見掛け上）は約 3 倍となり、即時沈下量の低減に役立ったといえる。

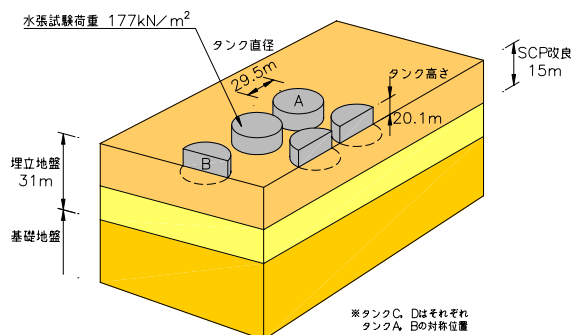
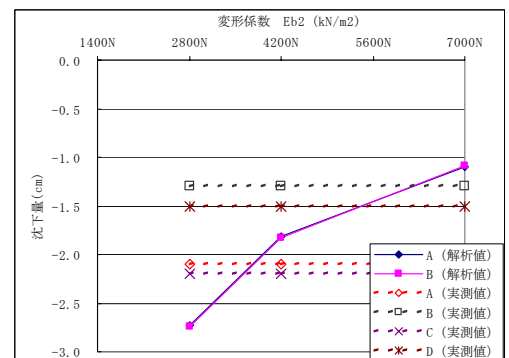


図-5 盛土除荷後の変形係数検討モデル（1/4 モデル）

図-6 盛土除荷後の埋立地盤の変形係数 E_{b2}

4. おわりに

今回の検討結果により、礫を主体とした埋立地盤において、静的な締固め工法であるプレローディング工法を用いても、構造物の即時沈下低減効果を期待できることが確認された。また、即時沈下量の予測及びプレロード後の変形係数の推定において、3次元 FEM 解析（弾性モデル）は有効であった。今後は、同じ埋立地盤内で計画されている新設構造物の即時沈下低減対策として、今回の検討結果を役立てていく予定である。