

静的圧入締固め工法の隆起抑制効果のある施工方法の検討

三信建設工業（株）	正会員	○飯川	聡美
（独）港湾空港技術研究所	正会員	山崎	浩之
みらい建設工業（株）	正会員	小西	武
復建調査設計（株）	正会員	高田	圭太
東興ジオテック（株）	正会員	岡見	強
九州大学大学院	フェロー会員	善	功企

1. はじめに

静的圧入締固め工法(以下、CPG 工法)とは、低流動性のモルタルを地盤に静的に圧入して周辺地盤の密度を増大させる地盤改良工法のひとつである。本工法は、施工時に発生する隆起が問題となる場合がある。これまでに模型実験および実施工において、載荷と除荷を繰り返す圧入方法(以下、除荷圧入)により、隆起が抑制されることを確認した¹⁾。著者らは、除荷圧入よりさらに隆起を抑制する施工方法を検討するため、圧入方法を検討し、模型振動台実験を行った。本稿では、施工時の挙動を報告する。

2. 実験概要

図-1に土槽の概要図を示す。使用した土槽、鉛直圧入装置、圧入材料および模型地盤の作製方法はこれまでの模型実験と同様である²⁾。基盤層の上に相馬珪砂6号($\rho_s=2.674\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.327$, $e_{\min}=0.792$)により層厚400mmの地盤を作製した。地盤作製は、50mmの層厚毎に水中落下法で行った。初期相対密度は30%を目標とした。

表-1に固結体の仕様を示す。主な仕様は従来と同様で、鉛直圧入で行った²⁾。改良率、換算改良径、1本当りの圧入量、改良本数は一定とした。1本当りの圧入量は改良範囲の体積から算出した。表-1に示した換算改良径は固結体を円柱状と仮定した場合の直径である。また、改良順序は図-1(c)に示す通りである。また、それぞれの圧入は、下から上に向かって施工するボトムアップ方式とした。実験は、表-1に示す通りで、圧入方法を変化させた5ケースを行った。

それぞれの圧入の手順図を図-2に示す。(1)通常圧入は、1ステップ当り、規定量まで一定に圧入する方法である。(2)除荷圧入は、圧入材に載荷と除荷を繰り返しながら圧入する方法である。(3)中UD圧入40回は、圧入管をアップダウン(4往復)させながら圧入を行う方法である。(4)後UD圧入40回および130回は、1ステップ当りの圧入完了後に、圧入管のみをアップダウン(4往復および13往復)させる方法である。中UD圧入および後UD圧入のアップダウンの範囲は、1ステップの高さとした。1本の固結体は10ステップで造成するため、1ステップ当りのアップダウン回数が4往復および13往復では、

1本当りの総アップダウン数はそれぞれ40回、130回となる。地表面高さは、圧入1本毎に計測した。また、固結体1本当りの施工中の隆起を定点で計測した。いずれもレーザー変位計を用いた¹⁾。

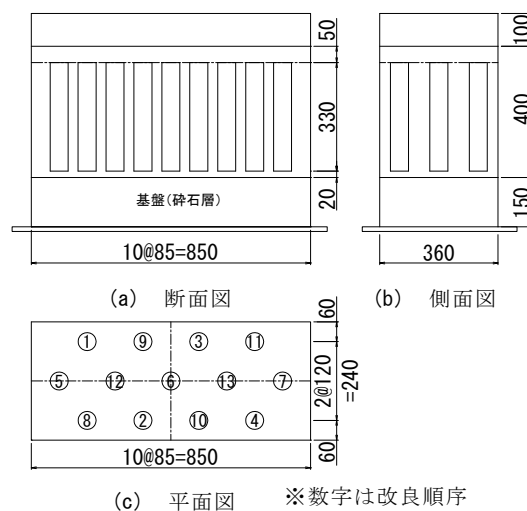


図-1 土槽概要図

表-1 固結体の仕様

圧入方法	改良率 (%)	換算改良径 (mm)	1本当りの圧入量 (cm ³)	改良本数 (本)	1ステップ当りの繰返し数 (回)	圧入後の相対密度 (%)
通常圧入	10	51	780	13	1	53.0
除荷圧入					4	51.9
中UD圧入40回	10	51	780	13	4	53.5
後UD圧入40回					4	58.4
後UD圧入130回					13	63.9

キーワード：静的締固め、土槽実験、隆起

連絡先：〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6

三信建設工業（株）技術本部

Tel.03-5825-3707

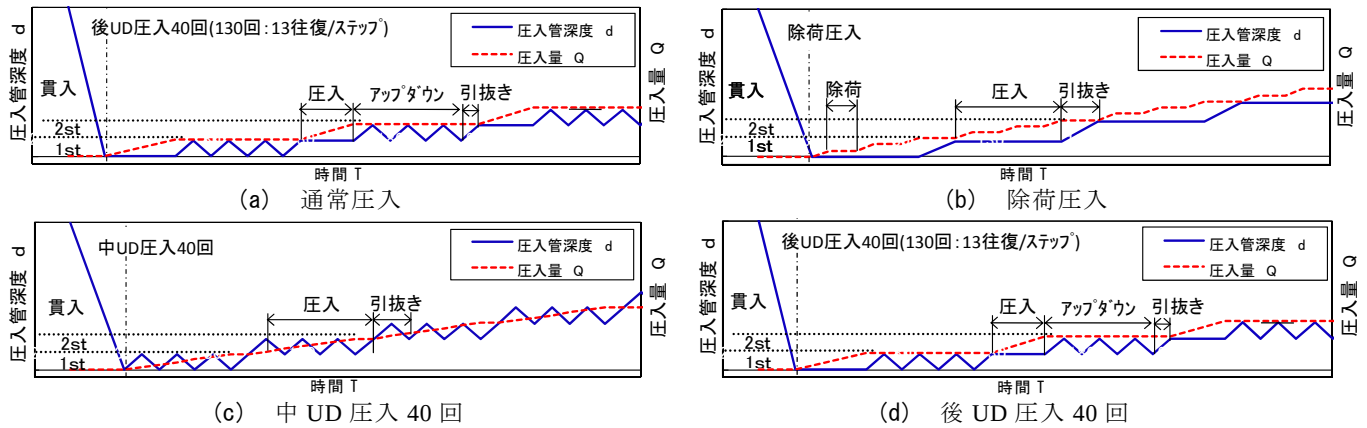


図-2 圧入の手順図

3. 実験結果

図-3に改良率と隆起量の関係を示す。図中の隆起量は、1本圧入毎に計測した地表面高さの平均値から、初期の地表面高さの平均値を差し引いたもので、累計量として表している。通常圧入、除荷圧入、中UD圧入40回を比較すると、明確な差は見られない。一方で後UD圧入は、隆起が小さい。特に後UD圧入130回では、最終的な隆起量は通常圧入の約1/3である。前半では沈下が見られ、隆起に転じる施工本数は他のケースに比べて遅い。この沈下と隆起に転じるタイミングが、最終的な隆起量に関係していると考えられる。

沈下の要因として、1本当りの隆起量に着目する。図-4に経過時間と1本当りの隆起量の関係を示す。図中の隆起量は、圧入管の直近における地表面高さの経時変化である。いずれのケースも圧入3本目のデータである。通常圧入では沈下は見られない。一方で後UD圧入では、モルタル圧入中は通常圧入と同様に隆起が発生しているが、アップダウン時に沈下している。これは、圧入管と周辺地盤の摩擦によるものと考えられる。後UD圧入40回と後UD圧入130回を比較すると、後者の方がアップダウン時の沈下量が大きくなっており、アップダウンの回数と相関があるといえる。しかし、施工終盤になると、どちらのケースも沈下は頭打ちとなり、次第に隆起に転じている。アップダウンによる沈下の効果によって、隆起に転じるタイミングは施工中盤となり、最終的な隆起が小さくなったと考えられる。

4. まとめ

CPG工法において、隆起抑制効果のある施工方法を検討するため模型実験を行った結果、次のことがわかった。(1)後UD圧入を行うことにより、施工時の隆起を抑制することができる。(2)後UD圧入の中でも、アップダウンの回数が多い方が効果が大きい。しかし、後UD圧入を実施で行った場合には施工時間が長くなることが懸念される。今後は、後UD圧入の隆起抑制効果だけではなく、施工能率を考慮した施工方法を検討していきたい。

＜参考文献＞1)原田・山崎・足立・森河・山田・善：静的圧入締固め工法の繰返し圧入による振動台実験，土木学会第64回年次学術講演会，pp.531-532，2009。2)原田・善・山崎・小西・高橋・山田：静的圧入締固め工法の振動台実験(その1)－改良後のK値－，土木学会第62回年次学術講演会，pp.713-714，2007。

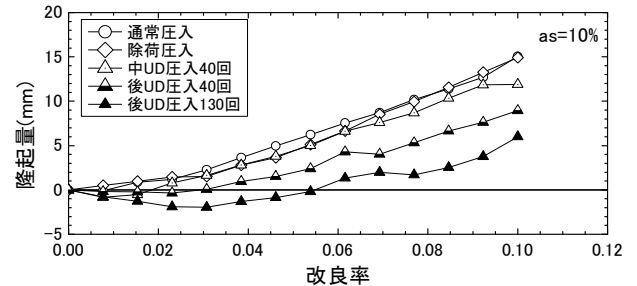


図-3 改良率と隆起量の関係

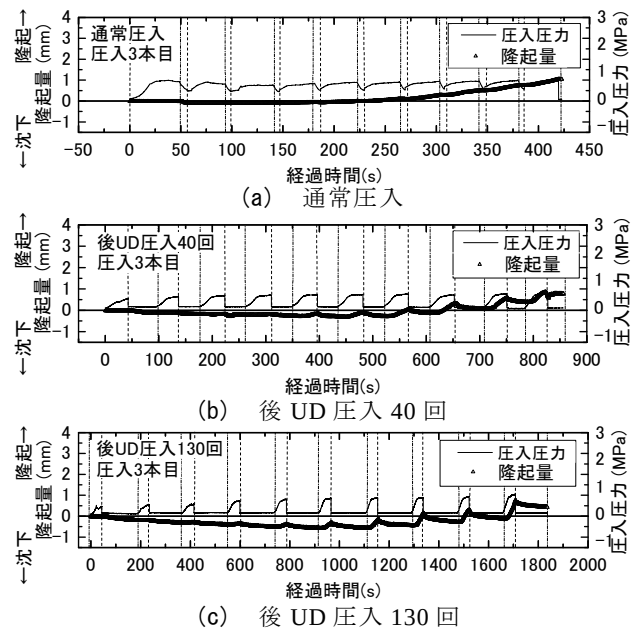


図-4 経過時間と1本当りの隆起量の関係