

戸建て住宅におけるACPD工法の地盤改良効果

環境保全型工法 機械の小型化 複合型地盤改良

株式会社 西山工務店

正会員 西山 嘉一

正会員 ○ 青山 智香乃

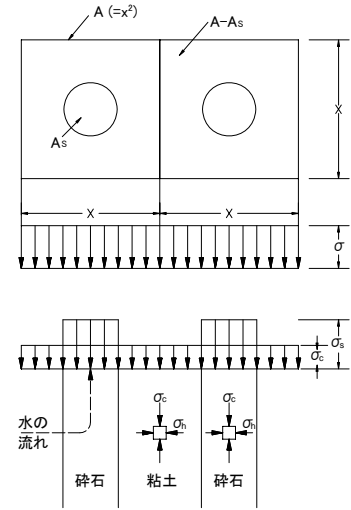
株式会社 古川組

花田 康隆

1. はじめに

耐震性の向上、支持力向上を目的とした複合地盤改良工法はすでに数多く開発されているが、広域改良および重量構造物支持を対象としたものが多い。本報では、それらに比して、戸建て個人住宅などの小規模構造物を対象に、安価で簡便な複合地盤改良工法（ACPD 工法）を考案し、実地施工例を得たので報告する。アクパド（ACPD：Air Compaction Pile Drain）工法は、軟弱地盤中にケーシングを用いないで地中孔を築造するコンプレッソールタイプの工法である。このコンプレッソールタイプの施工法にコンポーザ方式の一部を取り入れたのが ACPD 工法であり、「環境に優しい」を主眼に、宅地用小規模地盤改良工法として開発された。掘削は改良機の回転翼による圧入掘削と同時に、ロッド先端部より圧縮空気及び圧力噴射水を吐出させる。圧入掘削はロッド先端についた螺旋状の回転翼にて行う。孔の掘削が完了後清掃を行い碎石を投入する。碎石は、静・動圧荷重をかけながら充填圧入を行い、締め固められた複合地盤を築造する。このことによる地盤支持力の向上、沈下の抑制、液状化防止等を期待する工法である。その特徴は、

- ① 固化剤を使用しないため、六価クロムの溶出がなく地盤を汚染せず、建て替え時の地中障害にもならず環境に優しい工法である。
 - ② 機械が小型で、振動・騒音が低い。狭小区画への搬入も容易である。
 - ③ 使用材料が碎石なので、液状化対策として有効である。
 - ④ 常時加圧荷重施工なので、完成時即強度が発現する。
 - ⑤ 圧縮空気と圧力噴射水使用により、ケーシングが不要である。
 - ⑥ 削孔時の圧縮空気のリフトアップ効果により、地盤内のコロイド分、微粒子、有機質土等が排除された状態の孔が構築される。
- 以上により、投入された碎石に混入した不純物も排除され、強固な複合地盤の構築が期待できる。



A: 分担面積, As: 碎石面積
 σ : 上載荷重, σ_s : 碎石応力
 σ_c : 粘土応力, σ_h : 水平応力

図-1 複合地盤の荷重分担の考え方

2. 基本原理と設計の考え方

サンドまたはグラベルコンパクションパイル工法に習い、本工法においても、原地盤の強度増加は、粘性土と碎石杭からなる複合地盤としての効果を考慮して設計を行うものとする（すなわち、軟弱な粘性土中にサンドまたはグラベルコンパクションパイルが打設された複合地盤に対して、荷重が載荷されると、粘性土と碎石杭の圧縮特性が異なる為各々の分担する応力が異なり碎石杭に応力が集中する。これによって粘性土が負担する荷重は大幅に減少することになり支持力の増大、沈下の抑制が達成されると考える）。図-1 に ACPD 工法における荷重分担の考え方を示す。

- ① 応力集中効果は、 as を置換率（ $=As/A$ ）、 n を応力分担比（ $=\sigma_s/\sigma_c$ ）として、釣り合い： $A\sigma=(A-As)\cdot\sigma_c+As\cdot\sigma_s$ より、 $\sigma_s=\mu_s\cdot\sigma_c=n/\{1+(n-1)as\}\cdot\mu_c$ と書ける。ここに、 μ_s : 応力集中係数（ ≥ 1 ）、 μ_c : 応力低減係数（ ≤ 1 ）である。
- ② 地盤中の応力状態は、同様に、 $\sigma_s\cdot(1-\sin\phi_s)/(1+\sin\phi_s)\leq\sigma_c+2C$ と書ける。ここに、 ϕ_s : 碎石パイルの内部摩擦角、 C : 粘着力である。
- ③ さらに、複合地盤の強度は、 $\tau=(1-as)\cdot\tau_c+as\cdot\tau_s$ と示される。ここに、 τ_c : 粘土強度、 τ_s : 碎石強度である。

以上の算定式を用いることによって、改良地盤に対する直接基礎の支持力が「テルツァギーの支持力公式」より算定される。

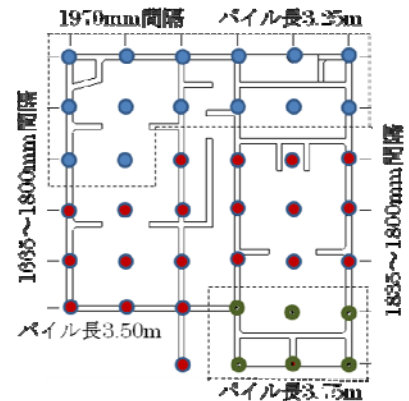


図-2 改良杭の配置図

3. 施工事例(戸建て新築住宅の地盤改良工事)

地盤改良工法の実施に先立ち、スウェーデン式サウンディング試験(JIS A1221)を、敷地内5ポイントにて実施し、換算式 $q_a=30+0.6N_{sw}$ によって、地盤内強度分布を得た。この地盤調査データを基に、改良深度及び改良範囲の分担幅を設定し、碎石パイルの配置・杭長を図-2のように設定した。施工は、図-3に示すように、①掘削準備→②オーガ逆回転・空気・水・噴射・掘削開始:加圧回転(逆回転)→③掘削圧密・掘削完了→④碎石投入開始(オーガは常に逆回転状態、碎石投入厚約30cm)→⑤アクパド杭築造→⑥アクパド杭構築完了、なる手順で実施した。施工中は、パイル1本毎の掘削深度・押し込み力・碎石投入量を施工管理一覧表及び管理グラフに表示し、施工管理計測装置にて管理を行った。

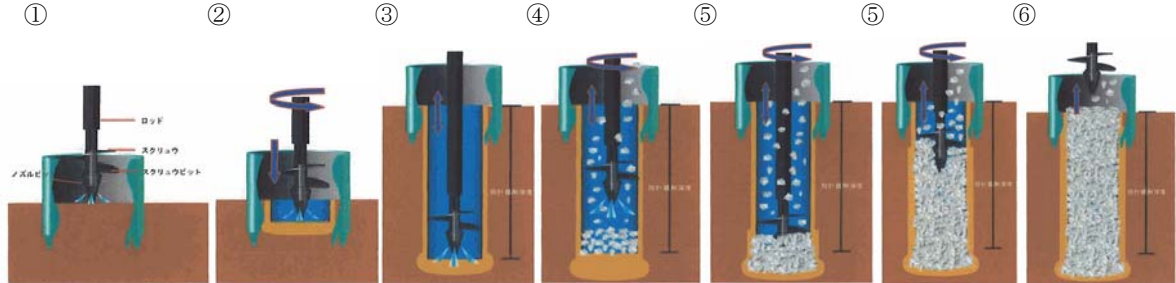


図-3 施工手順

4. 地盤改良効果の確認

住宅などの施工前地盤調査には、通常 SS(スウェーデン式サウンディング)試験が用いられるが、それでは改良前後の地耐力変化を比較しづらい。そこで、地盤改良の効果の確認を表面波探査法で行った。横波速度 V_s と一軸強度 q_u との関係は、 $V_s=134 \cdot q_u^{0.443}$ と考えられている。地盤を非圧縮(ポアソン比 0.5)と仮定すると、表面波速度 V_r は、 $V_r=0.955 \cdot V_s$ が成り立つから、表面波速度 V_r から一軸強度 q_u が推定できる。一軸強度 q_u が推定できれば、地盤支持力(地耐力) q_a は、支持力公式から推定できる。図-2で示した現場における表面波探査結果の一例を図-4に示す。この表面波速度から、支持力(地耐力)を推定した結果が、図-5である。それぞれ、施工箇所の中で改良していない箇所(未改良部)と改良部(杭頭及び杭間)での調査結果を示す。地耐力が杭頭では未改良部の4~5倍、杭間でも未改良部の2~3倍の向上していることが確認される。また、地盤全体の地耐力の向上がみられることから、本工法は支持杭としての効果のみならず、地盤全体を安定した複合地盤として改良できると期待される。

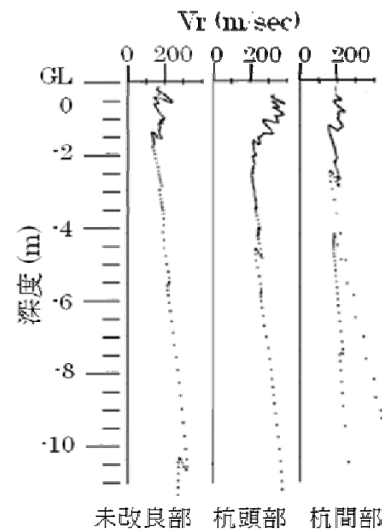


図-4 表面波探査結果

また、施工中の騒音と振動についても、音圧レベル(JIS Z 8731 騒音)および振動加速度レベル(JIS Z 8735 振動)を測定したところ、音圧に関しては、現場 10 測点において、75~78dB、振動に関しては、現場 100 測点において、52~63dB となり、宅地における基準管理値(音圧:基準値85dB(A)以下、振動:基準値75dB以下)を下回っていることが確認された。

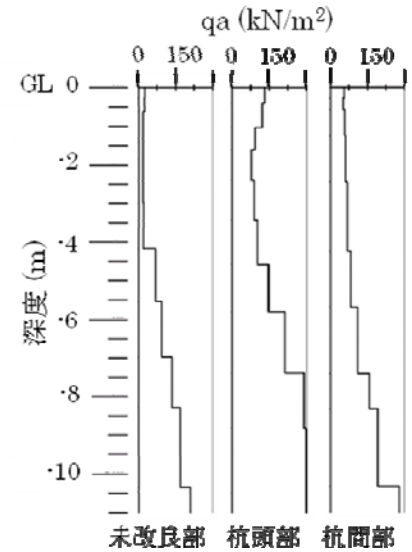


図-5 換算支持力の深度分布

5. おわりに

戸建て個人住宅などの小規模構造物を対象に、安価で簡便な複合地盤改良工法(ACPD「アクパド」工法)を考案した。地震災害から家屋を守りたいと願っての開発であった。家屋本体は耐震性能の向上が著しい。しかしながら、その家屋を支える地盤に対しては、あまり考慮が向けられていないように感じる。アクパド工法は、現在、全国で約 2,000 棟の施工実績を積み重ねている。グラベルドレーンの小型類似工法であるが、小規模・小型であるところに特徴がある。狭小地の住宅の地盤改良や大型機械が入れない場所での利用に価値があるものと考えている。今後、施工管理計測装置などによって、実績データを集積し、住居等の小型建設物の耐震性の向上に寄与してゆきたい。なお、本論文をまとめるのに、神戸大学の飯塚敦教授に助力を賜った。記して謝意を表す。

6. 参考文献

- 1)小規模建築物基礎設計の手引き, 日本建築学会, 1983、2)建築基礎のための地盤改良設計指針案, 2006、3)軟弱地盤対策工法—調査・設計から施工まで—, 1988