

35. 粘性土地盤の有機酸浸透による無公害改良法の開発

コーン α 工法

大崎建設株式会社 ○清野昭博

1. はじめに

近年、地球環境保全、土壌汚染関連の法規制の流れと共に、建設発生土の利用促進についても無公害での改良を必要とされはじめている。

コーン指数 $q_c=200 \text{ kN/m}^2$ 以下の対象では従来、セメント系・石灰系固化材が主流であったが、植生配慮では、砂混合などの無公害での改良法がありましたが、砂の購入を伴いコストが問題であった。無公害はコスト高となっていた。混合し難いシルト粘土を対象として、既存改良剤 有機酸液を利用し、改良機開発により改良法を考え、無公害でありながら従来改良法と変わらない施工費用となる様、開発に着手した。

着手後、我々を取り巻く環境は、厳しい機械施工費、燃料の高騰により、より厳しくなっている。

新たに改良機本体を開発する費用は高額であった。

そこで、厳しい施工価格にある土工事で良く使用されている油圧ショベルをベースマシンとして使えないか検討、改良作業費用の軽減と用途拡大による、機械費用の改善、稼働効率の改善を考え、油圧ショベル用貫入機を開発製造し、本工法を開発した。

2. 本工法の説明

本工法は、非常にシンプルな考えの基、乱すと扱い、難く混ざり難くなる対象に対して、鋼棒により穴を空け、有機酸液を注入浸透させ、改良する、攪拌も混合もしない、浸透後掘削し利用する、土質改良です。

コーン指数 $q_c=200 \text{ kN/m}^2$ 以下の凝灰質粘土・シルト粘土地盤を対象とし、改良剤は有機酸を利用し、写真1の油圧ショベルをベースマシンとして利用、そのバケット部に開発した貫入機を取り付け貫入した穴に有機酸液を注入する事で、掘削し乱した後も $q_c=400 \text{ kN/m}^2$ 以上を確保、転用可能な改良土とする改良法である。

(図1 施工フロー図参照)

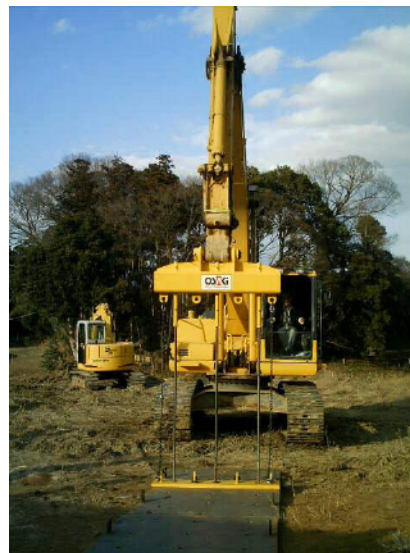
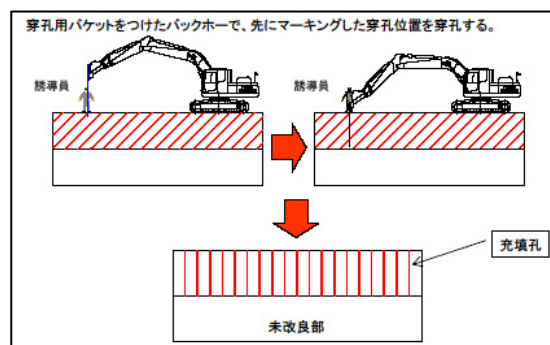
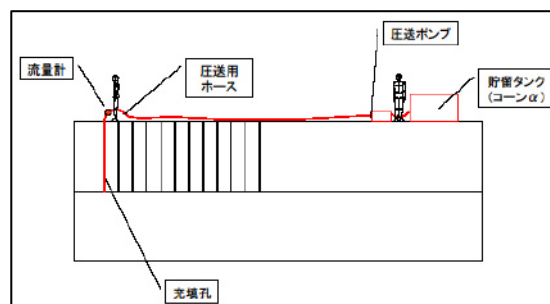


写真1 貫入機装着機械

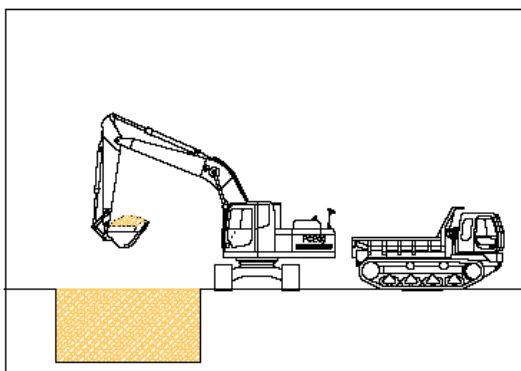
貫入作業



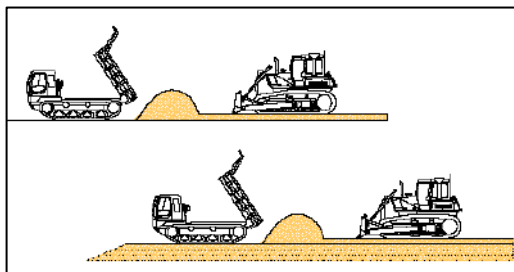
有機酸液注入



試験施工結果による浸透期間15日間養生改良は完了



盛土地へ運搬 ↓コーン指数確認 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上



敷き均し転圧（土工事作業となる）

図1 施工フロー図

3. 本工法の特徴

①改良に使用するベースマシンは写真1の油圧ショベルでバケット部の交換で簡単に貫入機となり、大きな設備投資は必要ない。貫入機と垂直監視カメラ用配線と運転席モニターが必要。

②貫入作業後はバケット交換により掘削作業へ利用でき、経済的でトータルコスト軽減に貢献出来る。

③本工法は粘性土地盤（乱されていない地盤）に限定した工法であり、砂質地盤等貫入穴変形の恐れのある対象には利用出来ない。この場合は従来の混合攪拌方式により施工する。又、浸透期間決定については対象地の地盤で試験施工により、図2 浸透確認試験要領図の通り決定する必要がある。

④写真4と、図1施工フロー図の通り、改良養生後掘削により改めて改良する事で改良厚さを調整出来。1回当りの貫入改良深さは $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以下の凝灰質粘土層で油圧ショベル0.7 m^3 写真2を利用し

た場合最大2,500 $\text{mm}\times 3$ 本であった。貫入鋼棒（ジゼル）写真3の強度により左右される事を付け加える。



写真2 貫入作業の状況



写真3 貫入鋼棒（ジゼル）

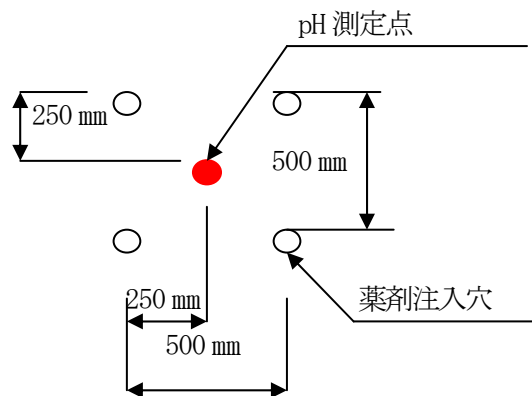


図2 浸透確認試験要領図

⑤有機酸による改良により植生を脅かさない無公害の改良で改良後も産廃とならず、運用できる。

⑥貫入機本体は軽量でコンパクトです。未使用時の保管もモーター等が無く、監視カメラを外せば維持管理費用もあまりかからない。



写真4 改良対象範囲

4. 従来の無公害改良法との比較

従来法には砂混合改良が主に採用されていた、対象粘土に $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上を確保出来る量の砂を混合する方法である、これは均一な混合が難しく、混合機械併用の必要もあった。粘土が細かく砕けない事が弊害となっていた。粘土地盤は乱す事で扱い難くなる事が原因である。本改良は有機酸液を浸透させる事で混合攪拌した状態とした。これにより、改良作業中の降雨の影響も受けず施工出来、改良後の盛土作業でも作業に併せ改良師板を掘削敷き均し転圧により、天候の影響を受けずに施工する事を可能とした。容積の変化も少なく管理しやすい利点がある。品質の確認では現土を乱したコーン指数 $q_c=200\text{ kN/m}^2$ に対して、写真5 改良土の乱したコーン指数 $q_c=500\text{ kN/m}^2$ 平均（盛土試験3層 900 mm内平均）の結果で、これより写真6 10日経過時に実施した載荷試験では長期許容支持力度 129.6kN/m^2 を確認、造成の中を広げる結果を得た。



写真5 密度試験・コーン指数確認



写真6 載荷試験

砂混合改良法と本工法とのコスト面での比較では、下表1の通りである。

表1

	砂混合改良	本工法
直接工事費 1m ³ 当りの価格	材工共 3,000 円	材工共 1,600 円

参考として、従来改良材使用の場合も本工法と同等の価格である。

改良コストを抑えられた要因として、既存の機械を利用、ベースマシンとし鋼棒を押し込み穴を開ける方法により従来主流の削孔に比べ格段に効率が良くなり全体のコストを抑える結果となった。

5. 問題点とその改善

貫入作業について、ベースマシンに油圧ショベルを採用しているため、アーム全ての動きが円運動となっている、貫入作業は垂直に押し込む運動でそのままで鋼棒に負担が掛かり変形や破壊につながる事が判明。開発当初は、写真7 のバケットに鋼棒を取り付けていた為、判明、改善案を多くもたらした。



写真7 試験貫入施工

改善点

- ① バケット用シリンダーが貫入途中と引抜き時鋼棒に曲げ応力をかけ、垂直行動を阻害する為、このシリンダーを使用しないこととした。
- ② 垂直運動を誘導員を配置しても短い鋼棒に対してハッキリした判断が出来ない為、貫入機内に垂直確認カメラを設置、運転席よりモニターにて確認出来るようにした。
- ③ 鋼棒ジゼルの強度不足も考えられるため焼き入れと先端処理により従来鋼棒の強度向上と曲げ応力に対応出来るようにした。
- ④ 有機酸液の注入について、その流量管理が必要となり、流量計とその記録システムを有機酸に対応出来るもので、メーカーに発注製造した。

写真 7 → 写真 1

6. 実績

- ① 千葉県内区画整理事業において造成対象現場に凝灰質粘土層が 6m の厚さに分布 ($q_c = 200 \text{ kN/m}^2$ 以下) で、改良の必要があった。

現場は湧水箇所を多く抱え、稀少種植物もあり、計画段階より改良は pH 他湧水への影響の無いものとし、無公害改良にて $q_c = 400 \text{ kN/m}^2$ 以上に改良し利用する事となった。各種の改良法が検討され、改良面を流れる雨水排水の pH の問題と植生により本工法による $23,400 \text{ m}^3$ の改良が採用された。養生期間については事前試験施工により、図 2 浸透確認試験要領図により測定点の測定管内の pH 値が弱酸性 (5 以下) を確認、決定した。

今回浸透試験により決定した養生期間 15 日の時間的ロスも貫入注入作業後 16 日目より掘削作業を開始出来たため、問題とならなかった。 $23,400 \text{ m}^3$ の改良は 4 層に分割して改良した。1 層の最大改良深さは $2,500 \text{ mm}$ で、貫入作業は 900 本/機/日であった。これは 1 日当り 562.5 m^3 の改良土量であり、養生期間を除けば、従来改良 1 日当りの施工量 350 m^3 (平均) に比べ効率の良い改良法と判断できた。又、貫入作業後バケット交換によりベースマシンを掘削機として使用したため、効率の良い施工を可能に出来た。施工品質についても、全て合格判定となる、

コーン指数 $q_c = 400 \text{ kN/m}^2$ 以上を確保し満足した。



写真 8 実績現場での改良状況

- ② 宅地造成工事において宅地造成完了地盤の不良層の改良についても実施し、サウンディングの結果より自沈不良層に本工法にて、有機酸液を注入養生後、再度試験を実施自沈不良層を改善出来た。写真 9



写真 9 実績宅地での補修改良状況

7. まとめ

専門工事業の大崎建設が新たな商品を設定するため実施した土質改良法を建設機械の改良を交え、改良品質結果とともに紹介した。次年度工事でも今回改良剤が設計採用となっており、施工機械の更なる改良が必要と考えている。シルト粘土の地域の開発が手付かずになっている場合が多く、本改良を広める為、活動して行く予定である。最後に、貫入機開発にあたり、コマツ東京(株)・新キャタピラー三菱(株)に協力いただいた事を付け加える。