

9. 有機酸浸透方式による腐食土地盤の無公害バイオ系改良

「増粘圧密加速材による土質改良工法」

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、各地で汚染の被害が報告されている。建設発生土の利用促進についても無公害での改良が必要とされはじめている。掘削汎用機械(バックホウ)を利用した土質改良機と有機酸から生る「コーン α 材」による土質改良法も、粘性土の他、腐食土にも対象を広げ、高含水比の対象に対しても、現位置での改良が可能で、建設発生土の利用拡大促進に貢献している。

千葉県内において実施した、地下水位GL-0.1mの腐食土地盤のバイオ系土質改良(コーン指数 $q_c=30\sim 40\text{kN/m}^2$ の腐植土地盤にコーン α 液を注入浸透させ、集積(地下水位上)により自由水の早期離脱と粘着力増強により、コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ へ改良)、今まで産廃処分としていた対象を公園用地や生産緑地用の植栽可能な盛り土材とする改良で、今回実施した施工例を基に各種データを交え紹介する。また、凝灰質粘土地盤で一年前に実施した、有機酸からなる「コーン α 材」による飛散防止、雑草抑制効果の検証も合わせ報告する。

2. 有機酸「コーン α 材」利用土質改良の概要

2.1 有機酸利用の土質改良の仕組み

改良前、軟弱な土は図-1の様な状態で、通常の転圧では土粒子の鎖を断ち切る事ができず密度は上がらない。

そこで、図-2の通り有機酸「コーン α 材」を散布攪拌、注入浸透により、土粒子に付着コーティングし、粘性が瞬時にアップ、鎖が断ち切れ、最小の間隔で全ての土粒子が結合できる準備が完了、この段階で転圧を実施する。

転圧後、図-3の通り、改良地盤では好気性バクテリアが増殖し、土中にある空気を消化、後に呼吸法を変え、硝酸呼吸に変化、土粒子は再配列で密になり、バクテリアが全体を繋ぎ合せ、地盤強度が増加する。改良地盤特性として、地山特性を持ち、透水性も地山と同等で変化せず、粘り強い性能を持ち、早期に地山化を実現出来る。

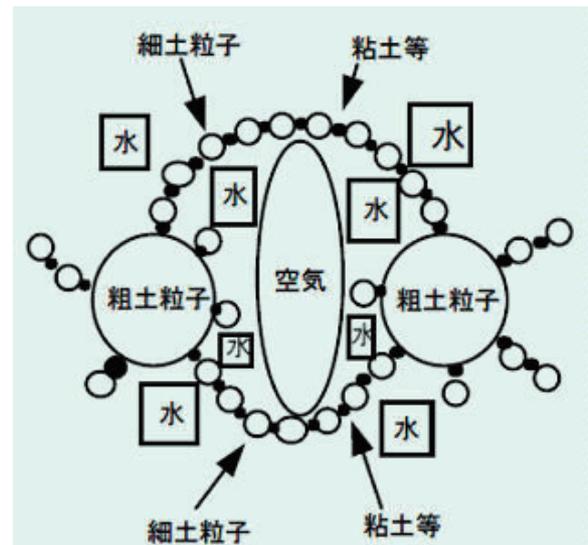


図-1 改良前の土粒子の状態

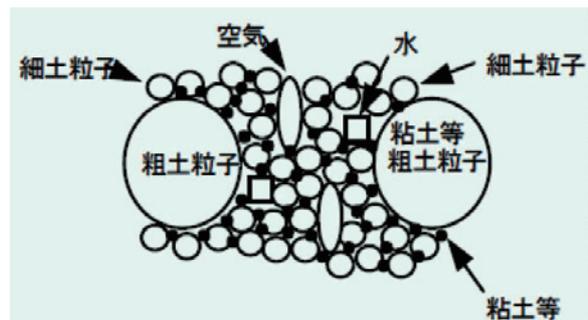


図-2 有機酸添加改良転圧直後の状態

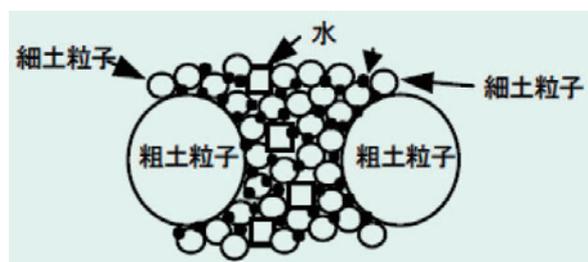


図-3 転圧後微生物安定後の状態

2.2 有機酸利用土質改良の特徴

- ・改良材は、リンゴ酸・クエン酸・ブドウ糖等食品添加物から成るもので、有機酸利用のバイオ系改良は、新しい考えの改良法である。
- ・混合転圧で粘着力を増やし、圧密を加速、微生物増殖効果により固化出来る。
- ・地山と変わらない透水性を短期に確保出来る。
- ・植性を脅かすことなく、転圧により高密度とすれば根の活着不能により雑草の繁殖を抑制出来る。
- ・改良土は、無公害で植生の良い一般残土として利用でき、産業廃棄物での処分は必要ない。
- ・セメント系等の投入物が固まる改良ではなく、有機酸を利用し粘着力を増強、転圧行為により、土そのものが主体で、粘性を増し、高密度化し安定する事による粘りの改良である。

2.3 有機酸利用土質改良効果の一例

過去実施した試験を基に各種データを図-4、表-1、表-2、表-3にて紹介する。

改良強度効果については、対象土質が粘性土か砂質土により大別される。図-4は、粘性土（ローム）、砂質土の一軸圧縮強度で、それぞれ強度に幅があり、採用については事前配合試験により確認する必要がある。また、レキ分の混入により強度増も調整出来る。

表-1は砂質土の三軸圧縮強度例で、 1m^3 当り 1kg 添加で粘着力 C が 16.2 kN/m^2 増加、 1m^3 当り 1.5 kg 添加では 24.7 kN/m^2 増加と同率で増加する事が確認できる。

表-2は凝灰質粘土のコーン指数強度例である、3層目は太陽光の当たる雨ざらしの条件での結果である、未改良土は1層目から3層目までコーン指数強度はほぼ一定で変化無い。これに対し、有機酸改良土は1層目から2層目は室内試験と同等のコーン指数 $q_c = 400\text{ kN/m}^2$ で、太陽光の当たる3層目はコーン指数 $q_c = 870\text{ kN/m}^2$ と2倍の強度を確保、これは温度上昇による微生物増殖からなる結果と考える。

表-3は凝灰質粘土の密度変化例で、有機酸改良土のスムーズな圧密性能を証明している。盛土での粘性土の管理は空気間隙率15%以下が基準である、施工直後に全て基準を満たしているが、翌日以降の経時変化を確認するため、5日経過後、7日経過後、10日後と計測した。3層目再転圧後の空気間隙率は7.7%から5日後6.5%、7日後-1.2%と上がっている。

また、耐久性については、加速的に圧密性能をアップした改良地盤で、土粒子間の有機酸の薄い被膜が接着剤となって、つなぎ止めている、有機酸の被膜はその後、微生物に置きかわり安定する。これは、土粒子が高密度で微生物により安定し、

固まりとなっている、固結土や軟岩の性状に似ている。施工実績でも、10年を経過している改良現場では、変形、障害もなく、その機能、効果を保っている事を付け加える。

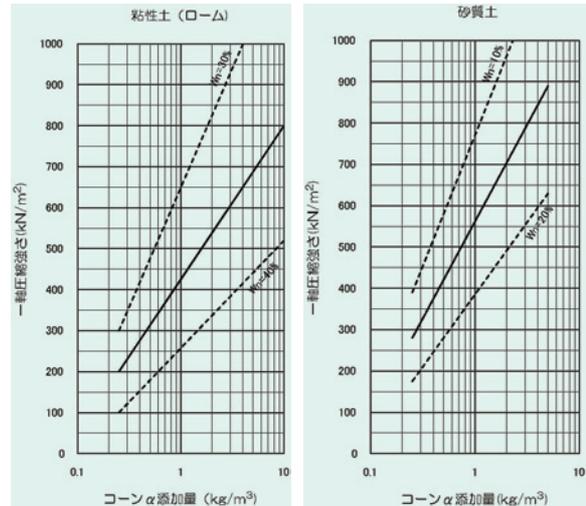


図-4 粘性土（ローム）、砂質土の一軸圧縮強度

表-1 砂質土の三軸圧縮強度例

試料番号 (コーンα添加量)		① (添加無し)	② (1kg/m^3)	③ (1.5kg/m^3)	
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm^3	1.920	1.953	1.938	
	乾燥密度 ρ_d g/cm^3	1.707	1.722	1.703	
	自然含水比 W_n %	12.5	13.4	13.8	
三軸圧縮	試験条件	CD	CD	CD	
	全応力	C kN/m^2	28.8	45.0	53.5
		ϕ 度	39.0	36.3	36.2

表-2 凝灰質粘土のコーン指数強度例

		コーン指数 q_c (kN/m^2)					
		1	2	3	4	5	平均値
改良土	1層目	403	454	414	358	398	405
	2層目	421	436	407	381	410	411
	3層目	898	859	855	873	883	874
未改良土	1層目	188	202	174	139	125	166
	2層目	205	247	266	216	193	225
	3層目	285	386	292	257	169	278

表-3 凝灰質粘土の密度変化例

測定時期		締固め度 (%)	空気間隙率 (%)	飽和度 (%)
3層盛土 施工時	1層目	56.0	3.2	95.5
	2層目	59.4	-0.8	101.2
	3層目	60.4	12.1	82.3
再転圧 測定結果	3層目再転圧	63.4	7.7	88.3
	5日後転圧前	65.2	6.5	90.0
	5日後転圧後	66.4	3.2	95.0
	7日後転圧前	71.0	-1.2	101.7
	7日後転圧後	70.5	-1.0	102.7
	10日後	70.5	-0.1	100.7

3. 汎用機械利用の有機酸浸透による腐植土地盤のバイオ系無公害改良工法の概要

現状の腐植土は高含水比であることと腐植土による粘着力不足が原因である。改良は有機酸(コーン α)により粘着力を増強し、コート作用による自由水の早期離脱作用を利用し改良、目標強度(コーン指数)を確保するものである。よって、コーン指数確保は、注入浸透後、掘削、地下水位上での集積よりの養生期間後となる。(図-5改良フロー図参照。)また、高含水比の対象への注入浸透となるが、土中の自由水と比べ注入する有機酸液はその比重が重いため、浸透する事を付け加える。コーン指数 $qc=30\sim40\text{ kN/m}^2$ 程度の腐植土地盤を対象とし、写真-1の油圧ショベル利用の貫入機により貫入した穴に有機酸液を写真-2、写真-3の様に注入浸透後、写真-4の様に掘削地下水位上で集積養生、乱した後も $qc=400\text{ kN/m}^2$ 以上を確保、転用可能な改良土とし、写真-5の通り盛土工区にて撒きだし転圧とし利用する。

4. 工法採用現場での実績

採用現場は、首都圏新都市鉄道沿線で行っている大規模開発において宅地地盤造成工事が行われている。当該地域には、厚さ1~2m程度の腐植土地盤を有する谷が分布しており、これを対象とし、有機酸利用の改良により $qc=400\text{ kN/m}^2$ 以上を確保、公園予定地での造成工事に利用する。地下水pH、植生の問題を考慮し、バイオ系土質改良材の採用となった。ここでは、有機酸「コーン α 材」による土質改良材としての適正を実施工で検証した結果を報告する。

本施工前に事前の室内配合試験を行った。

改良目標強度 400 kN/m^2 を得るためのコーン α 添加量は、注入浸透方式により、ばらつき等は発生しないため(現場/室内)強さ比を1.00として、室内配合試験で $400 \div 1.00 = 400\text{ kN/m}^2$ を満足するコーン α の添加量を採用し施工を実施した。

結果、盛土工区での施工も、品質を満足し完了している。(表-4、写真-6参照。)



写真-1 油圧ショベル利用の貫入機



写真-2 有機酸注入状況



写真-3 腐植土地盤での改良状況



写真-4 改良腐植土の地下水位上集積養生状況

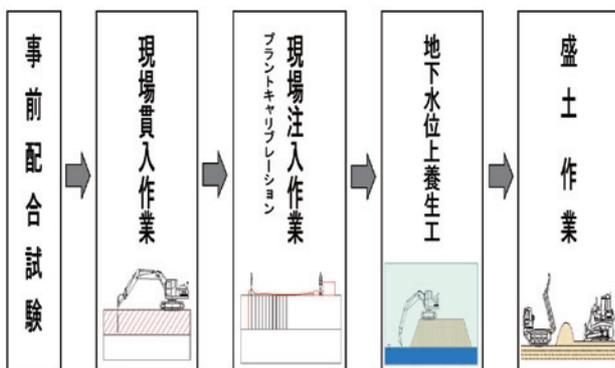


図-5 改良フロー図



写真-5 改良腐食土の盛土工区での撒きだし転圧状況

表-4 コーン α 添加によるコーン指数試験結果

室内添加量 (kg/m ³)	試料No.			単位 (kN/m ²)
	No. 1	No. 2	No. 3	最低値
現土	43	34	38	34
0.6	269	269	260	260
1.0	432	447	408	408
2.0	553	538	529	529



写真-6 事前配合試験状況

5. 凝灰質粘土地盤で一年前に実施した、有機酸からなる「コーン α 材」による飛散防止、雑草抑制効果の検証

写真-7、写真-8、写真-9は平成19年度工事で有機酸浸透改良を実施した、切土工区現場の画像である。有機酸浸透面全体に苔が繁殖、粘性土地盤でのバイオ系改良の特徴である。これにより、飛散防止、雑草抑制の効果を自然な状態で満足している。切土法面についても同様に苔が繁殖、斜面を保護している事、ゲリラ豪雨も多く発生したが、浸食による斜面崩壊も無く確実に保護している。盛土工区の法面についても苔の繁殖は無いものの、写真-10の通り切土法面と同様、飛散も雑草の繁殖も無く、確実に保護している事を検証した。

6. まとめ

有機酸利用のバイオ系改良も 200,000m³/年程度のペースで実績を積んでおり、毎年増加傾向にある。利用工種は、土質改良(コーン指数改良)、路床改良、地盤改良、土舗装、飛散防止、雑草等の防草処理と多工種で利用頂いている。今後は、貫入機械、注入機械、散布機械の更なる改良、効率化を図り、工事費の削減を目指し、全国に有機酸利用のバイオ系改良を広めるため活動して行く所存である。最後に、関係機械器具の改善改良にあたり、キャタピラージャパン(株)に協力頂いた事を付け加える。



写真-7 有機酸浸透地盤1年経過全景



写真-8 切土工区 有機酸浸透法面1年経過状況



写真-9 有機酸浸透地盤1年後苔繁殖状況



写真-10 盛土工区有機酸浸透法面1年経過状況