

建設発生土の緑化利用に関する研究 (その4)

— 緑化を目的としたセメント固化処理土の改良 —

岡田 俊也 辻 博和

Studies on Application of Surplus Soils from Construction as Revegetation Soils (Part4)

— Improvement of Cement -Stabilized Soil for Revegetation Use —

Shunya Okada Hirokazu Tsuji

Abstract

This report describes two methods that improve the condition of cement-stabilized soil for revegetation use. One is stimulating carbonization of calcium hydroxide that is the origin of high alkalinity, the other is converting calcium hydroxide to slightly soluble compounds, using reagents that react with calcium hydroxide. Drying conditions promoted the carbonization reaction of calcium hydroxide and was an effective way to modify the soil available for revegetation. Wet soil condition, on the other hand, delayed the carbonization. We demonstrated that some chemical fertilizers effectively improved cement-stabilized soil. Single superphosphate, concentrated superphosphate, and magnesium sulfate were useful for this purpose. Use of these fertilizers has many advantages compared with the currently available methods.

概要

セメント固化処理土を緑農地に使用可能な土に改良するために、炭酸化の促進及び化学肥料を使用した薬剤処理の二つの方法を試みた。炭酸化の促進のためには、固化処理土を乾燥しやすい条件におくことが重要であった。土が湿潤状態に保たれると炭酸化は遅延した。セメント・石灰による固化処理によって高アルカリとなった土に対しては、カルシウムと難溶性の塩を形成する薬剤を添加することで、土中のイオン濃度を上昇させることなく pH を低下させることが可能であった。この目的のために市販の化学肥料を適用する事ができた。化学肥料をセメント・石灰処理の改良資材として使用することで、これまでの薬剤による中和処理の問題点を解決する事ができた。

1. はじめに

建設発生土はこれまで埋め立て処分されるのが普通であった。しかし環境保全の問題、さらには資源の有効利用の面からも、現在ではこれらの土を有効に利用する方法の開発が強く求められている。

本報告ではセメント固化処理によって発生した高アルカリ、高塩類濃度の土に対して、1) アルカリの原因である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を CO_2 と反応させることによって CaCO_3 とし、pH と EC (Electrononic Conductivity : 電気伝導度) を下げる方法、及び2) 薬剤を添加することで $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を難溶性の塩とし、土の EC の上昇を抑制しながら pH を下げる、という二つの方法によってセメント・石灰固化処理土を緑農地に使用可能な

土に改良することを試みた。

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ が CO_2 と反応して CaCO_3 を生成する反応を、以下「炭酸化」と呼ぶことにする。 CaCO_3 は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に比べさらに溶解度が低く、酸性土壌の改良材として多用されていることからわかるように、植物に対して障害がでる可能性も小さく、実際、炭酸化が進行した安定処理土では、緑化木が障害なく生育している例も報告されている¹⁾。

炭酸化処理には特別の資材を必要としないが、一定の処理時間と処理のための用地が必要となる。固化処理後の土を速やかに植物が生育可能な状態に改良するには、「炭酸化処理」に加えて、簡便で安全な薬剤処理法の開発が必要であり、この点についても新たに検討した結果を報告する。

2. 炭酸化処理の室内試験

2.1 方法

2.1.1 試験に使用したセメント固化処理土 セメント固化処理土として某地下ダム工事の現場で発生した S.M.W.(ソイルセメント柱列壁の一つ)工法の発生土を使用した。その化学的性状を Table 1 に示す。セメント未添加の掘削土、現場付近の畑土の分析結果も併記した。固化処理土では pH, EC, 塩基飽和度、全カルシウム含量などに、添加されたセメントの影響が顕著であった。

2.1.2 水分条件と pH, EC の変動 粉碎後 4.75mm の篩を通したセメント固化処理土 0.5kg をバットに拡げ、無風、室温条件 (20~30℃) で風乾した。湿潤処理として同量のセメント固化処理土を同じ大きさにバットに広げ、全体を市販の食品包装用ラップで被い、適宜蒸留水を噴霧しながら同一条件で静置した。

処理開始日より 8 日目まで風乾、湿潤の両条件にある固化処理土の含水比、pH、EC を測定した。EC、pH、含水比の測定は土壌物理試験法 (養賢堂 1978) の方法に従った。

2.2 結果及び考察

「炭酸化」反応の速度を支配する要因として、固化処理土の水分状態に注目し、固化処理土が、1) 乾燥が進行する状態におかれた場合と、2) 湿潤状態を保った場合、での両者の pH の変化を比較した。乾燥状態に置いた場合の固化処理土の含水比と pH の変化を Fig.1 に示す。実験開始時にほぼ 100%であった含水比は 3 日目から急速に低下して 5 日目には 7.4% となり、その後は、ほぼこの値を保った。含水比が 83% から 41% に急激に低下した 2 日目から 3 日目には、pH も 11.6 から 10.2 に低下したが、含水比が 7.4% となり、ほぼ一定の値となった 5 日目には pH も 9.8 となり、以後 8 日目まで大きな変化は生じなかった。湿潤条件においた固化処理土の含水比はおおむね 100%~110% を維持していたが、この間の pH は 12 前後で、ほとんど変化しなかった。(Fig. 2)

炭酸化反応は気体-個体間の直接反応ではなく、反応に関与する物質が水に溶解することが必要であり、したがって炭酸化反応に水が必要であるということは多くの報告が指摘している。²⁾ この点からすると固化処理土が湿潤状態にあった場合、土粒子の表面あるいは間隙の水に溶解した二酸化炭素との反応によって、「炭酸化」反応がより促進されるという可能性は十分考えられる。湿潤状態で「炭酸化」反応が促進されるのであれば、固化処理土の炭酸化反応の促進のためには、散水処理等の作業が必要となる。コンクリートの炭酸化に最適の水分条件は相対湿度 50~70% で、これは細孔の表面に「薄い」水膜が形成される程度の水分条件に相当する。コンクリートの炭酸化の過

Table 1 セメント固化処理土の化学的性状
Chemical Properties of the Cement-Added Soil

	pH	EC (H ₂ O)(ms/cm)	交換性カチオン (meq/100g)				塩基飽和度 (%)	全Ca (%)
			Ca	Mg	K	Na		
固化処理土	11.8	1.96	131	4.85	2.06	2.54	421	7.9
掘削土	8.1	0.094	13.2	2.71	0.34	0.1	160	0.48
畑土	6.7	0.226	14.3	2.89	1.29	0.18	116	0.39

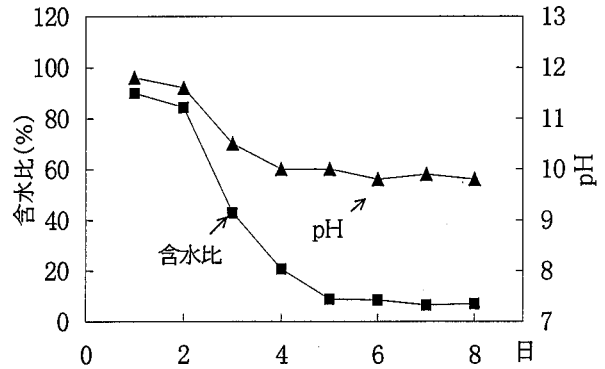


Fig. 1 乾燥状態に置いた固化処理土の pH 減少のグラフ
Decrease of the pH of the Cement-Added Soil Drying Under Room Condition

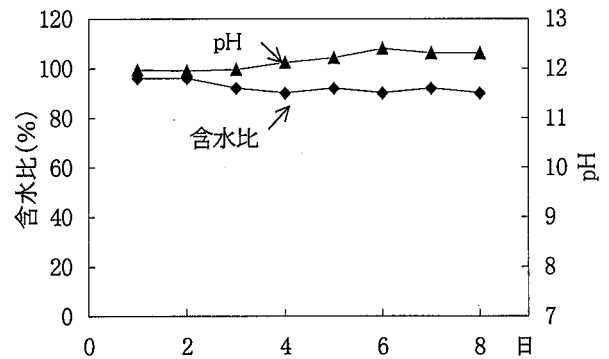


Fig. 2 湿潤状態に置いた固化処理土の pH 変化のグラフ
Change of the pH of the Cement-Added Soil Under Wet Condition

程において、細孔中の過剰の水の存在は炭酸化を遅延させるとされているが、²⁾ 今回設定した湿潤条件は含水比約 100% であり、この条件は過剰の水が存在する条件に相当したと思われる。

今回の結果は、炭酸化反応に適した水膜を持つ土壌表面を大きくすることが反応の促進に有効であることを示唆しており、処理現場においては、砕いた処理土を乾燥条件におくことで炭酸化が十分達成されることを示している。

室内風乾条件では、3~4 日で pH は 1.0 以下に、EC 1ms/cm に低下した。したがって乾燥のために適した条件を維持することができれば、固化処理土は数日という期間で植栽可能な土に改変することが可能で

ある。しかし現場では多量の土を取り扱い、また天候にも左右されることを考えると、十分な炭酸化にはより長い時間を要することもあると考えられる。

3. 化学肥料の添加によるセメント固化処理土の改良

3.1 はじめに

セメント・石灰固化処理土を、その場で短時間のうちに植栽可能な土に改良するには、何らかの薬剤処理が必要となる。緑化を目的とした薬剤処理における課題は、土壌中の塩類濃度を上げることなく土のpHを低下させることにある。また添加する薬剤は安全なものでなければならない。これらの問題を解決するために、アルカリの原因となっているCa(OH)₂と難溶性の塩を形成する化学肥料を添加することで改良を行うという方法について検討した。

3.2 方法

3.2.1 薬剤添加による固化処理土のpH, ECの変化 固化処理土30gに同量(w/w)の蒸留水を加えてスラリーとした。これをスターラーで攪拌しながらチューブポンプを用いて1Mの硫酸を一定速度で添加し、ベックマンISFET-φ110pHメーターとHORIBA CM-30電気伝導度計を用いて変化を記録した。

3.2.2 化学肥料添加固化処理土での生育試験 セメント固化処理土に対して2, 5, 10%(w/v)の割合で対象とする肥料を添加し、十分混合した後約200mlを試験用ポットにとり、コマツナ種子を1ポットあたり20粒播種した。これを照明付きのインキュベータ内に移し、9,000lux, 25℃, 16時間明, 8時間暗の条件で4週間の生育試験を行った。施肥には500倍希釈のハイポネクス(5-10-5)を適宜施用した。

3.3 結果と考察

3.3.1 薬剤添加による固化処理土のpH, ECの変化

1Mの硫酸を滴下した場合、Fig.3に示すように懸濁液のECは6ms/cm程度まで上昇したが、この値をピークに低下し、pHが11から7に低下する間、懸濁液のECは変化せず、4.7ms/cmの値を保った。リン酸溶液(10%)を滴下したときも同様の結果が得られた。一方、セメント系固化剤を添加していない土(現場付近の畑土)では、Fig.4に示すように、硫酸の添加によって急激なpHの低下と、ECの上昇が生じた。

3.3.2 化学肥料を添加した固化処理土のpHとEC

3.3.1に示した結果から硫酸、リン酸に代わる適当な薬剤を見出すことができれば、土壌中のイオン濃度を上昇させることなく固化処理土のpHを低下させる

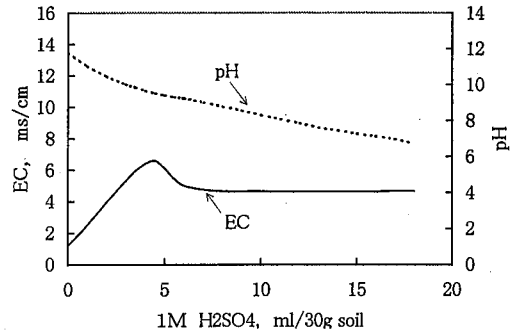


Fig. 3 硫酸の添加による固化処理土のpHとECの変動
Changes of pH and EC of the Cement-Added Soil by Addition of H₂SO₄

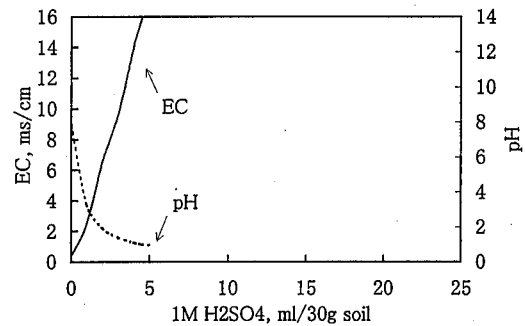


Fig. 4 硫酸の添加による未処理土のpHとECの変動
Changes of pH and EC of the Untreated Soil by Addition of H₂SO₄

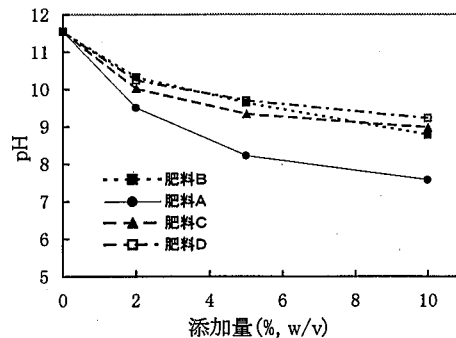


Fig.5 肥料の添加によるpHの低下
Decrease of the pH of the Cement-Added Soil by Addition of Chemical Fertilizer

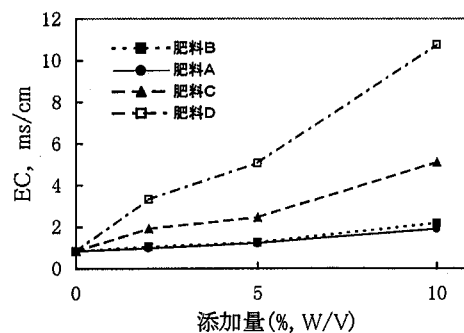


Fig. 6 肥料の添加によるECの上昇
Increase of the EC of the Cement-Added Soil by Addition of Chemical Fertilizer



左：固化処理土，中央：肥料A添加土
右：乾燥処理土

Photo 1 コマツナ生育試験
Growing Test of Komatsuna

処理が実現可能であると思われた。そこで硫酸基，リン酸基を供給する化学肥料を使用して，目的とする改良効果が得られるかどうかを検討した。

肥料として市販の化学肥料4種を用いた。以下これらを肥料A，肥料B，肥料C，肥料Dとする。添加量は固化処理土の2，5，10% (各々 w/v) とした。このときの固化処理土のpH，ECの変化を Fig. 5，Fig. 6 に示す。pHの低下効果をもっとも大きいのは肥料Aで，2%の添加で11.7 から 9.4 に，10%添加で7.8 まで低下した。他の肥料でも5%の添加でpH 10 以下となった。また肥料A，肥料Bでは ECの上昇もほとんど認められず，10%添加においても2 ms/cm を超えなかった。肥料Cでは5%添加で2 ms/cm、10%添加で4 ms/cm であり、植物に直接の障害を与えないということではこの値が限界に近い。この4種の肥料の中では，ECの上昇の大きい肥料Dは，今回の目的のためには不適である。

3. 3. 6 化学肥料添加固化処理土での発芽・生育試験

肥料A，肥料B，肥料C，肥料Dの各肥料を2，5，10% (W/V) の割合で添加，混合した固化処理土を用い，コマツナの生育試験を「最大容水量」条件で行った。結果を Fig. 7 に，生育試験の状況を Photo 1 に示す。グラフ中に挿入したのデータは，添加した肥料の種類と添加量 (%，W/V)，及び添加混合土のEC(ms/cm)を示す。

無処理の固化処理土をそのまま使用した場合，収量は0.2 g にすぎず，対照とした砂耕での収量が3 g であったことと比較すると，明らかな生育障害が生じていた。一方 10%肥料A添加改良土では5 g の収量があり，その他にも肥料A，肥料Bの各々5%添加で，砂耕の場合と同等又はそれを上回る高い収量が得られた。肥料Cにも改良効果が認められたが，肥料Dでは効果が認められないか，10%添加では顕著な生育

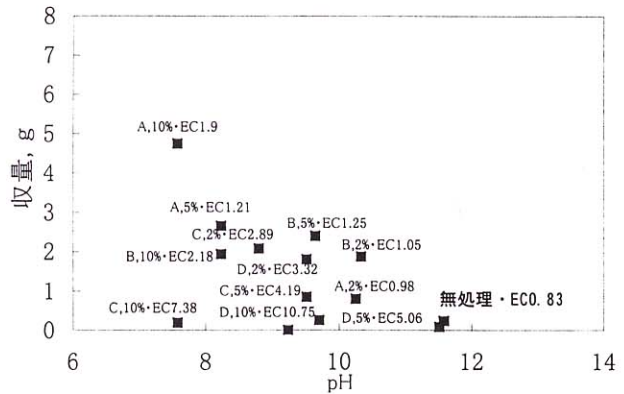


Fig. 7 肥料添加固化処理土でのコマツナの生育
Growth Yield of Komatsuna Rrowing on
Fertilizer-Added Soil

障害があらわれた。この障害の主要な要因は，ECの増大(土壤中のイオン濃度の増大)にあると思われる。

これまで薬剤によるアルカリ土の改良法として採用されていたのは，硫黄華，硫酸，硫酸第一鉄などの散布である。しかしこれらの方法には，薬剤自体が危険物で，取り扱いに有資格者が必要であったり，pHを所定の値に制御する事が困難で植物に障害がやすいなど，多くの問題があった。しかしセメント・石灰処理土については，ある種の化学肥料を添加することで，安全かつ容易に，緑地，農地に適用可能な状態に改良することが可能である。

4. まとめ

セメント・石灰による固化処理を緑農地に使用可能な土に改良するために，炭酸化的促進及び薬剤によるpHの低下の二つの方法を試みた。炭酸化的促進のためには土に乾燥条件におくことが重要であり，薬剤による改良では，難溶性の塩を形成する薬剤を添加することで，土のイオン濃度の上昇させることなくpHの矯正が可能であることを示した。この目的のために市販の化学肥料を用いることができ，化学肥料を使うことで，これまでの薬剤による中和処理の問題点を解決する事ができた。

参考文献

- 1) 北村他：石灰安定処理地盤における植穴客土による植栽工法の一事例，大林組技術研究所報，No.52, p.163~168, (1996)
- 2) 炭酸化研究委員会：コンクリートの炭酸化に関する研究の現状，(社)日本コンクリート工学協会，(1993)