

廃石膏ボードを用いた改良土によるため池改修の試み

(株)黒岩測量設計事務所 高橋 重剛 ○樋口 邦弘 関 晴夫
群馬大学工学部建設工学科 鶴飼 恵三

1. はじめに

建設廃棄物の再資源化率は 90%を超えるものの、建設廃棄物の 10%を占める建設汚泥は 2004 年における再資源化率が 45%と小さく、しかも建設廃棄物の最終処分量の約 4 割を占めることから“発生工事現場内で改良し、現場内で利用”することが求められている。ため池の改修で発生する堤体の掘削土や池内の浚渫土も建設汚泥の一つであり、現場内で再生利用することが重要な課題となっている。

一方、建築物の解体で発生する廃石膏ボードは毎年増加しており 2004 年で約 140 万トンに達した。廃石膏ボードは、今後、ひっ迫している管理型最終処分場での処分が求められることから、再資源化の促進が緊急な課題となっている。再生利用の一つとして、廃石膏ボードの粉を熱処理して得られる半水石膏が水と反応して固化する特性を地盤改良材に利用することが考えられる¹⁾。

半水石膏を改良材として地盤改良した施工例として群馬県内では、平成 17 年に路床改良の試験施工²⁾が最初である。今回、ため池の改修で発生する堤体の掘削土を半水石膏で改良し再生利用することを目的として試みた室内配合試験結果を報告する。

2. 廃石膏ボードの再資源化

(1) 廃石膏ボードから半水石膏へ

廃石膏ボードを破碎分離してできた粉末状の石膏（二水石膏）を 150℃前後で熱処理すると半水石膏ができる。熱処理の一例を図-1 に示す。

(2) 半水石膏の特性

半水石膏は二水石膏を熱処理することでできるが、逆に半水石膏は水と反応して二水石膏に戻り、短時間で固化する特徴がある。その化学反応式を下記に示す。

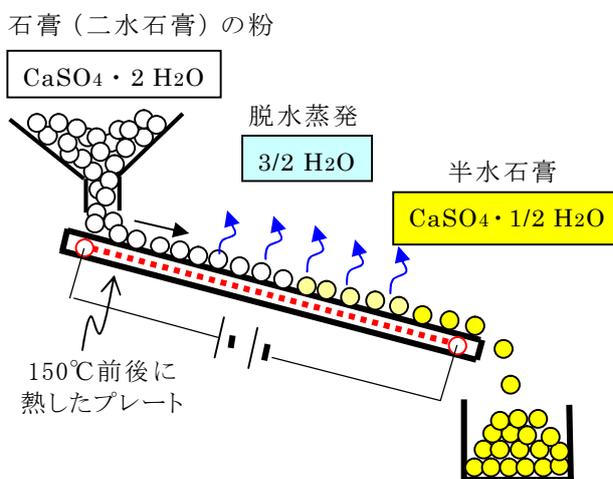


図-1 半水石膏ができるまで



また、中性で無害なことから肥料などに用いられている。

(3) 半水石膏と水の混合による固化状況

半水石膏に水の分量を変えて混合した供試体による一軸圧縮試験を行った。図-2 では、半水石膏 1 に対する水の混合割合を（水/半水石膏）容積比および重量比で示す。以後、容

積比および重量比と呼ぶ。

図-2 に示すように容積比 0.5（重量比 0.75）においてほぼ均一な固化状態となり、一軸圧縮強度も約 $qu=1,100\text{kN/m}^2$ と最も大きくなった。

容積比 0.3（重量比 0.45）では水が不足して反応できない部分が発生し、不均一な状態となり強度は小さくなった。また逆に水の容積が大きくなると、反応に加わることができずに余った状態の水が固化した二水石膏と共存するようになり、強度が小さくなった。容積比 1（重量比 1.5）の一軸圧縮試験後の供試体の状況を写真-1 に示す。

これらの状況から、地盤改良において土の含水比と半水石膏の混合量の関係がトラフィカビリティの確保に大きく影響するものと言えよう。

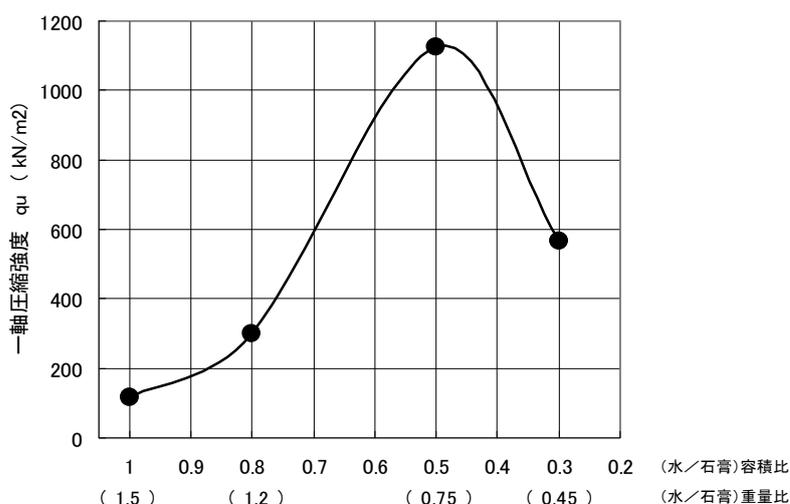


図-2 半水石膏の固化と一軸圧縮強度



写真-1 せん断後の供試体の状況
容積比 1 (重量比 1.5)

(4) 半水石膏を用いる場合の注意点と対応

半水石膏のみを用いた地盤改良では、土中水と反応してできた二水石膏は地下水下において一部溶出する可能性がある。不溶化方法として石灰系またはセメント系改良材を添加する必要があり、今回は石灰系改良材を用いた。

また、各地の安定型最終処分場で硫化水素の発生事故が起きている。建設混合廃棄物や廃石膏ボード類も嫌気性の環境の下、有機酸濃度が高く、かつ pH の中性化等の条件が加わると硫化水素が発生することが示されている³⁾。硫化水素の発生抑制方法として、鉄分の豊富な火山灰質土壌と鉄粉廃棄物が高い硫化物捕捉能力を有していることが研究で明らかとなっている⁴⁾。このことから、鉄分を多く含む土に対する半水石膏を用いた土質改良そのものが硫化水素抑制工法となる。

3. 堤体掘削土の物理特性

ため池改修において発生する堤体の掘削土は細粒分 59%で、含水比 58%と高含水比状態である。



写真-2 堤体掘削土の状況

現在の堤体土のコーン貫入抵抗値が $q_c=140\sim 320\text{kN/m}^2$ と小さな値を示している。含水比が高いこともあり写真-2 に示すように極めて軟弱な状態を呈し、掘削土は締固めができる状態ではなく建設汚泥としての取扱いとなる。

4. 堤体掘削土の鉄分含有量と硫化水素抑制効果

堤体の掘削土は鉄分を 2.6～2.9% 含んでいる。湿潤密度 16.5kN/m^3 の掘削土 1m^3 の重量 $1,650\text{kg}$ 当たり鉄分が最低でも 2.6% すなわち 42.9kg が含まれている。後述のように掘削土 1m^3 に対し半水石膏を $150\text{kg}\times 0.65=97.5\text{kg}$ を混合した場合、半水石膏に対する鉄分含有量は $(42.9\div 97.5)\times 100=44\%$ となる。

石膏ボード粉末に含鉄土壌を 10% 以上含むと硫化水素ガス濃度が 0 という研究結果⁴⁾がある。この試験の土壌は鉄分を 10% 程度含んでいることから、石膏ボード粉末に対し鉄分 1% 程度以上含まれておれば硫化水素は発生しないことになる。このことから、堤体の掘削土に半水石膏を配合した改良土は、硫化水素抑制効果が極めて高く、安全といえよう。

5. 堤体の掘削土を半水石膏で改良し、堤体盛土材料として再生利用する試み

突固めにより作成した供試体を用いた室内配合試験で得られる半水石膏の配合量（石灰系改良材を加えた総量）とコーン貫入抵抗値 q_c との関係を図-3 に示す。

図-3 には配合量に併せて半水石膏：石灰系改良材の比を (6.5 : 3.5)、または (7 : 3) として表示しており、以後この表示で説明する。

室内配合試験では、1 日で配合開始から締固めができるまでの時間を最大 4 時間とし、普通ブルドーザの走行可能に必要な q_c 値 $\geq 500\text{kN/m}^2$ ⁵⁾ を満足できる配合量を選定することを目的として実施した。

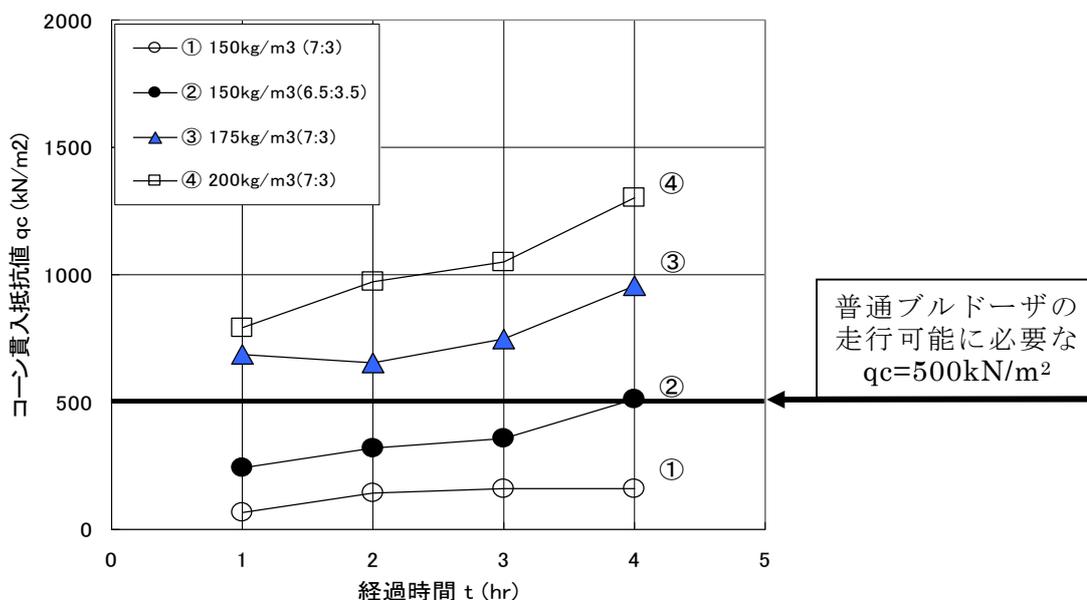


図-3 配合量とコーン貫入抵抗値 q_c との関係

配合試験結果をまとめると以下のようになり、配合量として②の 150kg/m^3 (6.5 : 3.5)

が適するものと判断できる。

- ① 配合量 $150\text{kg}/\text{m}^3$ （7：3）では、配合から 4 時間を経過した後の締固めでも q_c 値は $200\text{kN}/\text{m}^2$ 以下と小さく、しかも時間を経過しても強度増加はほとんど認められず、目標とする $q_c \geq 500\text{kN}/\text{m}^2$ を満たすことができない。
- ② 配合量 $150\text{kg}/\text{m}^3$ （6.5：3.5）は、配合から 4 時間経過した後の締固めで目標とする $q_c \geq 500\text{kN}/\text{m}^2$ を満たすことができ、1 日の中で配合から締固めまでの工程が可能となる。
- ③ 配合量 $175\text{kg}/\text{m}^3$ （7：3）は、配合から 1 時間後の締固めで既に q_c 値 $700\text{kN}/\text{m}^2$ 前後と目標とする $q_c \geq 500\text{kN}/\text{m}^2$ の強度があり、また、土も乾燥気味となることから配合量が過多と言えよう。
- ④ 配合量 $200\text{kg}/\text{m}^3$ （7：3）では、さらに q_c 値が大きく、締固め等の施工性に問題が生じる可能性がある。

6. おわりに

既存の堤体の掘削土を、廃石膏ボードを用いて改良し締固めて新しい堤体を築造する試みとして、その可能性を確認するために室内配合試験を実施した。この結果、含水比の高い掘削土においてもトラフィカビリティの確保が可能であり、改良土による堤体の築造が十分可能と考えられる。

今後は、堤体盛土材としての設計に必要な強度と透水係数を室内試験で確認していく必要がある。

また、ため池内の堆積土についても同様に室内配合試験を引き続き実施し、堤体盛土材としてまたは周辺の盛土施工に用いることのできる配合量を検討していく予定である。

ため池の堤体改修において、廃石膏ボードによる改良土を用いた施工例は、鹿児島での一例のみである。このことから、実際の施工にあたっては試験盛土による施工条件および施工管理方法を含めた確認が重要と考えられる。

なお、今回の室内配合試験を実施するにあたり、廃石膏ボード再資源化研究会（会長：鵜飼恵三）の根岸美好氏、後藤両市氏および井野隆氏にご協力を頂いた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 鵜飼恵三：石膏ボード廃材から生成された石膏粉末の地盤改良材としての有効性
- 2) 高橋和敏・樋口邦弘・鵜飼恵三・後藤両市：廃石膏ボードを再使用した地盤改良の試み，第 2 回地盤工学会関東支部研究発表会，2005 年 11 月，pp39～41
- 3) 小野雄策・田中信壽：建設廃棄物埋立における硫化水素ガス発生の可能性と管理方法に関する考察，廃棄物学会論文誌，2003 年，Vol.14，No.5，pp248～257
- 4) 小野雄策・成岡朋弘・康躍恵・松山道太・佐藤茂夫：廃石膏ボードの埋立における環境影響—含鉄廃棄物および含鉄火山灰土壌による硫化水素発生抑制効果—，埼玉県環境科学国際センター報 第 4 号，平成 15 年
- 5) 土地改良事業設計指針「ため池整備」，(社)農業土木学会，2006 年，pp167