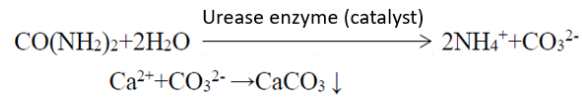


炭酸カルシウムの付着による泥岩風化に起因する盛土の長期沈下防止法の開発 (Development of a prevention method for long-term settlement of embankment caused by mudstone weathering with coating of calcium carbonate)

環境社会基盤工学専攻
環境防災研究室
ダニエル・スアレス・ルイス
指導教員：大塚 悟

1. -はじめに

風化とは石、土壌、鉱物が地球の大気、水、生物などの物理的・科学的作用によって分解される現象である。侵食と比較し風化は、雨や雪、風などによる、岩石や鉱物の動きはなく、同じ場所が発生する。



Equation 1-2: Hydrolysis of urea by urease activity. Calcium carbonate precipitation

2. -泥岩の採取

この研究のための泥岩は、燕市にある大河津分水路左岸から約 300Kg を採取しました。ポータブル XRF アナライザーなどのフィールドテストで、次のことを学びました。



Fig. 1: 大河津分水路左岸

泥岩の特性：

- アルカリ性
- S/Ca<1 は酸性化しない

- 過酸化水素の中に入れると激しく反応して白煙が発生していた。これは炭酸塩鉱物が多く含まれていると推察される。
- 重金属はPbが19mg/kgと検出されているが値としては非常に小さく非汚染土に分類される。

3.-目的

本研究では、炭酸カルシウム (CaCO₃) のコーティングによって、泥岩風化による盛土の長期的沈下を防ぐ技術の開発を目的とし、様々な加速クリープ試験を通じて、コーティングの影響を実験的に調査する。なお、本研究で示す実験結果は、炭酸カルシウム (CaCO₃) でコーティング処理された泥岩盛土の沈下に関する信頼できる実験データであり、風化対策の研究を継続できるようにしている。

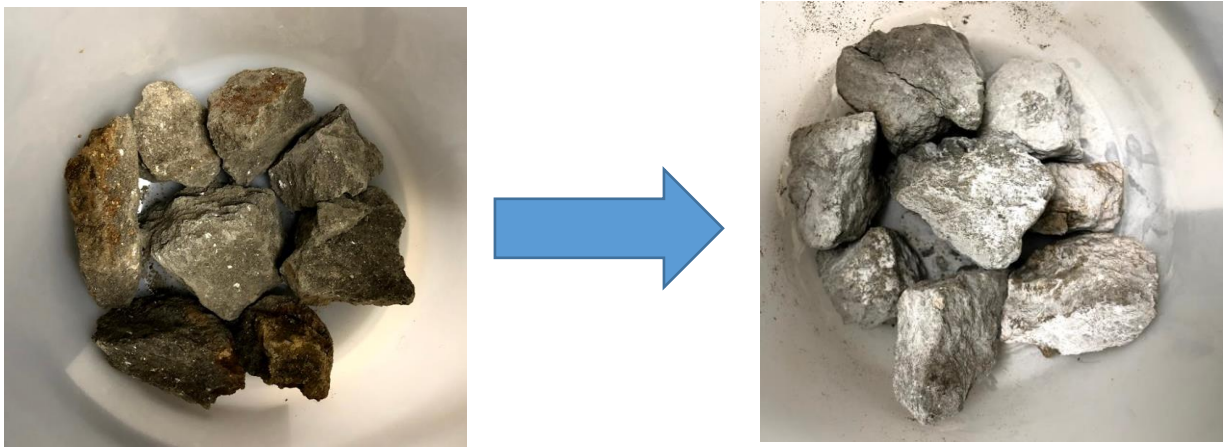


Fig. 2: コーティング

4.-試験方法

NEXCOの泥岩の風化特性試験の基準 (JHS110) に基づき、粒径範囲を19 mm~37.5 mmとする。泥岩は自然含水比状態で、ほぼ単粒土材 (同一粒径) である。試料の作成方法は径150 mmのモールドに詰めて、モールドを左右に傾斜して振動を与えるジッキング (左右交互に5回) により作成する。試料表面は碎石により凸凹するため、細粒分を間隙に詰めて平滑化する。試料は重量を量り密度を計測する。具体的には何回か試行して、目標とする体積及び密度の目安を調べておき、再現性のある試料作成に心掛ける。モールド内には吸排水を考慮して、ナイロンメッシュを試料上下部に配置する。濾紙は不可とする。

炭酸カルシウムコーティング :

Solution A (Graduated Cylinder 2L)	Solution B (Graduated Cylinder 100 ml)
Calcium Chloride 74g	Urease 14 mg
Urea 40g	
Water 1900 ml	Water 100 ml

炭酸カルシウムの析出は塩化カルシウムと尿素を含むA液とウレアーゼを含むB液を混合（固化液）して生じる。風化促進クリーブ試験は固化液を作成して、直ちに試料モールド下部から浸潤する方法を用いる。基本は浸潤して1 hr. 保持した後に排水し、1 hr. 通気乾燥させる。これを1サイクルとして繰返し回数を操作する。繰返し後に24 hrs.

（1 nightとの考えもある）養生して風化防止対策を終了とする。

コーティングの影響力を検証するために、本研究では6つの条件下で加速クリーブ試験を行った。泥岩の処理方法を変化させた3つの供試体（コーティングなし、3日間コーティング、4日間コーティング）を作製し、それぞれ20Kpaと40Kpaの荷重で加速クリーブ試験を行い、実験データを得た。最後に、スレーキング試験が実行されたことを確認するために、これらを荷重無しの状態で行った。試験では、荷重一定化において乾湿繰返し時の供試体の圧縮量について調べた。載荷した後、1 日水浸させ、2 日間空気を通気させる（1 回目）。さらに1 日水浸させ、2 日間空気を通気させる（2 回目）。この水浸と空気を通気サイクルでは試験体によって、3回-4日を行う

ケース名と特性：試験のため泥岩粒径範囲を 19 mm~37.5 mm にしました：

サンプル名	重さ (g r)	高さ (cm)
20Kpa Without Coating	2300	11.2
20Kpa With Coating (3Days)	2100	10.0
20Kpa With Coating (4Days)	2360	12.5
40Kpa Without Coating	2500	12.5
40Kpa With Coating (3Days)	2500	13.0
40Kpa With Coating (4Days)	2680	12.7

5.-結果

乾燥処理の泥岩への影響が大きい。乾燥過程と引き続く浸潤過程で大きな沈下生じる。繰返しによる沈下量は次第に小さくなる。初期に泥岩が含水しているので、浸潤しても大きな沈下は生じない。推測として、泥岩は周面が風化するもののコアの部分は残存する。風化した泥岩は粘性土化するために乾燥湿潤の風化効果を受けにくくなる。したがって、試験方法的に定常状態に到達し易いと考えられる。しかし、実務的にも同様の状況が考えられるために試験方法が悪いとも云いにくい。上載荷重を大きくすると風化作用による沈下量が増加する。初期荷重載荷時の沈下量も大きいですが、その後の風化サイクル時の沈下量も大きくなる。特徴的なのは1 回目の浸潤時にも大きな沈下が生じる。風化作用では乾燥過程で沈下の生じる傾向が見られる。乾燥後の浸潤過程でやや沈下が

生じるが、その影響は小さい。泥岩処理を3日から4日に変更した試験は、試料のばらつきの影響が沈下傾向は想定と逆転して大きくなった。沈下の傾向は3日処理と同様である。

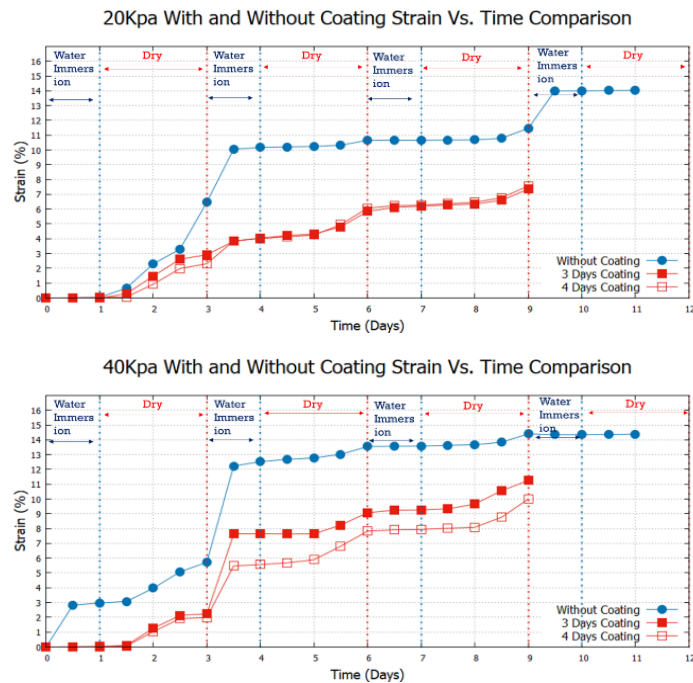


Fig. 2: Tests Behavior Through Water Immersion and Drying

5. -結論と今後の課題

まとめ：風化対策泥岩は対策処理時に沈下が発生するので、本来はその沈下量を考慮した比較を行う必要がある。処理を実施すると沈下を抑えることができるが、無処理地盤との沈下量の差異は風化サイクルの回数に伴って減少し、漸近する傾向が見られる。したがって、現行の風化処理は風化促進を遅らせる効果はあるが、沈下量を抑制する効果は小さい。想定では、風化処理は風化促進を遅らせる効果はあるが、風化を抑制する効果は小さいと考えられる。

今後の課題：コーティングの効果を確認するため、大きな荷重でテストを行う。蓋に大きな穴を開けるなど、テスト機器に少し変更を加える。コーティング作成中は、沈降を防ぐために乾燥を実行しない。盛土の準備中に、泥岩が完全に乾燥するのを防ぐために、材料または化学物質を入れる。他の締固め方法を試して、試験片の初期荷重に対する耐性を高める。初期状態の泥岩粒土の分布を調整するか、乾燥防止のために粘着性土を追加する。