

2. 補強土壁に使用する現地発生土の化学的特性評価

The Analytical Evaluation for Chemical Properties of Soil Applying for Reinforced Earth.

(株) エイトコンサルタント ○高田 隆行 磯野 陽子

1. はじめに

補強土壁への現地発生土の適用においては、細粒分含有率やスレーキングなど土質特性のほか、化学的特性の把握が必要である。特に間隙水の酸性化が予測される場合には鋼材の腐食が懸念されるため、後者の評価が重要となる。

そこで今回、現地発生土である第三紀泥岩・砂岩において、地球化学計算コード PHREEQC¹⁾を利用した pH の定量的評価を実施した。

2. 評価手順

今回用いた試料は、新第三紀泥岩・砂岩の2種である。これらの評価は以下の手順で行った。なお、①②の詳細については磯野ほか(2008)²⁾により報告されている。

- ① CNS 分析にて、pyrite, calcite の含有量を推定。
- ② 簡易溶出試験を実施し、pH の経時変化を測定。
- ③ PHREEQC 上で、 A_0/V パラメーターのフィッティングを実施。
- ④ 不飽和モデル(反応)での pH 算定。
- ⑤ 計算結果を用いて、現地発生土使用の適否を判定。

現段階では、不飽和モデルによる移流・分散・反応の同時解析が困難なため、降雨浸透がない安全側の状態で反応計算を実施した。判定は平衡状態とみなせる1年経過後の値を使用した。飽和度は深度方向を考慮し、 $S_r=20\%$ 、 50% の2種で計算した。また、 O_2 、 CO_2 の供給については Open System, Closed System の両方でモデル化した。

3. 結果と考察

(1) 溶出試験結果へのフィッティング

CNS 分析結果、簡易溶出試験結果、PHREEQC によるフィッティング結果を表-1、図-1に示す。

フィッティングパラメーターは Appelo et al. (1998)³⁾と同様に、初期表面積と溶媒量の

表-1 CNS 分析結果

Sample	A	E
粒径	20mm 以上	20mm 以上
TS (mol/g)	1.15×10^{-4}	3.12×10^{-5}
TIC (mol/g)	1.67×10^{-4}	ND

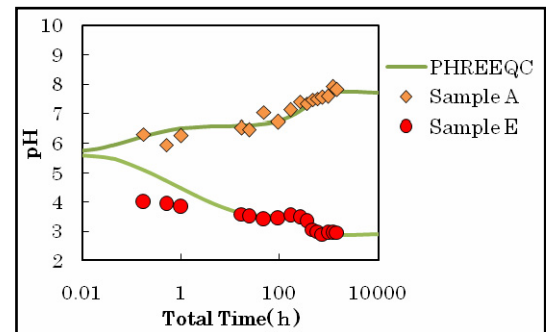


図-1 簡易溶出試験結果と計算結果

比 (A_0/V) とした。反応式、平衡定数、reaction enthalpy などのデータベースは、PHREEQC に付属する phreeqc.dat を使用した。また、kinetic rates は簡易溶出試験結果をもっとも精度良く再現できたものとして、phreeqc.dat にも収録されている Williamson et al. (1994)⁴⁾および Plummer et al. (1978)⁵⁾の報告を採用した。

簡易溶出試験の結果、試料 E は酸性側で平衡に達した。これは calcite をほとんど含まないためと考えられる。

この結果を PHREEQC で検証したところ、calcite 含有量を無視したケースでは平衡時の pH が試験値よりも低くなった。そこで calcite 含有量をパラメータスタディで求め、図-1に示すように CNS 分析の検出限界以下となる $6 \times 10^{-6} \text{ mol/g}$ でフィッティングした。

(2) 不飽和モデルでの反応計算

フィッティング結果を用いて、不飽和モデルでの計算を実施した。使用したモデルの緒元を表-2、計算結果を表-3に示す。なお、 A_0/V パラメーターは飽和度によって補正した値を使用した。

計算の結果、pH は飽和度や系の開閉には大きく左右されず、Sample A で 6.2、Sample E で 3.3程度となった。

表-2 不飽和モデル諸元

状態量	土粒子の密度	Gs	2.7g/cm ³
	乾燥密度	γd	1.8t/m ³
	間隙比	e	0.50
	間隙率	n	33 %
	飽和度	Sr	20%、50%
初期水質	水素イオン指数	pH	4.64
	水温	T	23°C
平衡相	Open, Closed 共通	Goethite	
		Gypsum	
	Open-System	O ₂ (gas) 0.21 atm	
		CO ₂ (gas) 3 × 10 ⁻⁴ atm	

表-3 pH 計算結果一覧表

Sample		A		E		A+E	
System		Open	Closed	Open	Closed	Open	Closed
pH (1年後)	Sr = 20%	6.26	6.24	3.29	3.29	5.76	5.78
	Sr = 50%	6.25	6.20	3.42	3.42	5.76	5.78
補強土壁への適否 (pH5 以上)		○		×		○	

補強土壁の場合、多くの工法で pH5以上の材料が求められる。これを目安とすると Sample A は適用可能と判定できるが、Sample E は pH3付近となり、補強土壁には適さないことが判明した。

しかし磯野ら²⁾が指摘しているように、混合材料によって Sample E も補強土壁に適用できる可能性がある。そこで、Sample A と Sample E を1:1で混合した場合の計算も実施した。結果、pHは5以上となり、Sample E も混合材料として利用できることが判明した。

4. まとめ

地球化学計算コード PHREEQC を使用し、現地発生土の化学特性評価を実施した。

結果、以下の事項が判明した。

- ① 施工後、pH5以下に移行するかどうかを事前に判定可能。
- ② 適用不可と判定された材料を、混合材料として利用できるか定量的に把握することが可能。

今回の結果は、安全側のモデルを用いて導いている。今後はモニタリング結果の収集を通し、モデルや評価法を修正して行く必要があると考える。

《引用・参考文献》

- 1) Parkhurst et al. (1999) User's Guide to PHREEQC (Version 2), USGS Water Resour. Inv. Rep., p.99-4259.
- 2) 磯野ほか(2008) 酸性水発生岩対策の基礎検討, 第43回地盤工学研究発表会平成20年度発表講演集, p. 2055-2056.
- 3) Appelo et al. (1998) A hydrogeochemical transport model for an oxidation experiment with pyrite/calcite/exchangers/organic matter containing sand, Applied Geochem., v. 13, p. 257-268.
- 4) Williamson et al. (1994) The kinetics and electrochemical rate-determining step of aqueous pyrite oxidation, Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 58, p. 5443-5454.
- 5) Plummer et al. (1978) The kinetics of calcite dissolution in CO₂-water systems at 5 to 60 C and 0.0 to 1.0 atm CO₂, American Journal of Science, v. 278, p. 179-216.