

CS-104

酸性雨による地盤への影響評価

京都大学防災研究所 正会員 嘉門雅史

同 上 正会員 ○勝見 武

京都大学大学院 学生会員 応 長雲

1. はじめに

現在、地球的規模で降雨のpHのオーダーが4まで低下しつつあり、工業化による降雨の酸性化がさらに加速化される傾向が続くことは間違いなく、地盤環境への影響が懸念されている。環境地盤工学上の重要な課題の一つとして酸性雨による地盤への影響の評価に関する問題を挙げることができ、酸性雨が地盤に及ぼす影響についての詳細な研究が求められている。

本研究は、主に著者らの行ってきたこれまでの実験的研究の成果¹⁾²⁾に基づき、酸性雨が地盤と化学安定処理地盤に及ぼす影響について、地盤の固有の緩衝能力の観点から、その評価の手法を提案するものである。

2. 土層の酸性化とその予測

著者らは模擬酸性雨が土に及ぼす影響に関して検討したが、そこでは酸性雨の浸食が土の工学的性質に及ぼす影響は少ないが、土そのもののpHと交換性陽イオン量(以下に交換性 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} 及び K^{+} イオン量の合計をSEC (Sum of exchangeable cations)と略称する。)の低下には強く影響することを示した。得られた酸性雨による土への影響の実験結果に基づき、以下に土の酸性化の予測を行う。酸性雨のpH'と土のSECの減少量 ΔSEC (meq/100g)とに想定期間を $T(y)$ として、 $\Delta\text{SEC} = 1.43 \times e^{-0.37\text{pH}'} \times T^{0.5}$ なる関係が実験結果の相関関係より求められる。一方、年間降雨量の平均値1760mmの1/3が地盤中に浸透すると仮定すると、単位面積当たりの降雨からの H^{+} の供給量 $176/3 \times t \times 10^{\text{pH}}$ (meq)と、所定量の土($D\rho_d$: D は深さ、 ρ_d は乾燥密度)のイオン交換によるSECの減少量 ΔSEC の比 $\lambda = (\Delta\text{SEC} D\rho_d) / (176/3 \times t \times 10^{\text{pH}})$ の値もpH'と T に依存し、同じく実験結果から λ を求めてこれを消去すれば、土のリーチング率 $\Delta\text{SEC}/\text{SEC}_0 = (14.3 \times e^{-0.37\text{pH}'} \times T^{0.5}) / (D \times \text{SEC}_0)$ となる(但し $\rho_d = 1.55 \text{ t/m}^3$ と仮定した)。図1は酸性雨による土のリーチング率の変化を示したものである。現在のpHレベルの酸性雨が30年にわたって継続すれば、リーチング率が0.5以上である土層の深さは15cmに達することが予測される。一方、pHが3.0である酸性雨が同じく30年間にわたって継続すれば、リーチング率が0.5以上に達する土層の深さは20~30cmとなる。また、土のpHとリーチング率 $\Delta\text{SEC}/\text{SEC}_0$ についても実験結果から $\text{pH} = \text{pH}_0 - 3.82\Delta\text{SEC}/\text{SEC}_0$ の関係(図2)が得られるため(pH_0 , SEC_0 はそれぞれ $T=0$ のときのpH, SEC), pH'の酸性雨による深さ D の土のpHの変化は $\text{pH} = \text{pH}_0 - (54.6 \times e^{-0.37\text{pH}'} \times T^{0.5}) / (D \times \text{SEC}_0)$ で示される。図3はpH'が現在の降雨の平均値4.5および3.0の場合を示しており、現状の酸性雨が継続すれば30年後に土のpHが1低下する土層の深さは20cm程度に留まるが、pHが3.0である酸性雨の浸食によって土のpHが1低下する土層の深さは倍以上に達する。今後、降雨の酸性化が進むと酸性雨によ

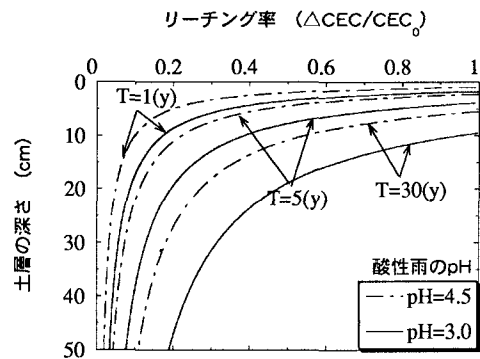


図1 酸性雨による土のリーチング特性

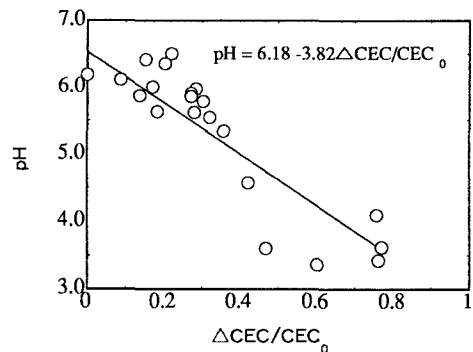


図2 土のpHとリーチング率の関係

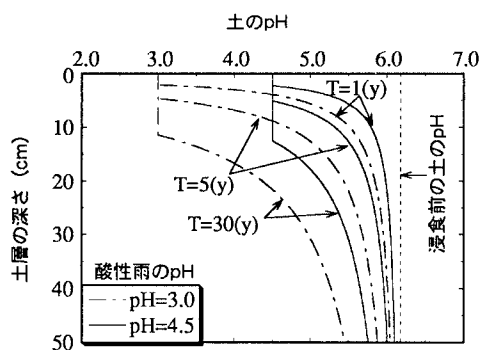


図3 酸性雨による処理土のpHの変化

る地盤の酸性化深さが急激に増加することが懸念される。

3. 安定処理土の中性化進行の予測

酸性雨による石灰安定処理土の中性化は、安定処理土からの陽イオンの溶脱と酸性イオンの吸着が原因である。図4は嘉門ら²⁾の実験結果に基づいて得られた石灰処理まき土中の Ca^{2+} イオン溶出の予想結果を示したものである。図から、同じく深さにおける土からの Ca^{2+} イオンの溶出はpH4.5の酸性雨よりpH3.0の酸性雨によって浸食した方が大きい。また、処理土の深さが小さいほど酸性雨による Ca^{2+} イオンの溶出は著しくなることが予測されている。実験より求めたイオンとpHの相関関係(図5)から、2章と類似の方法により、安定処理土のpHの変化は $\text{pH} = \text{pH}_0 - (29.1 \times e^{-0.31\text{pH}} \times T^{0.5})/D$ と表される。図6は降雨のpHが4.5および3.0の場合の中性化の進行を図示したものである。図6によると長期間にわたって現在の酸性雨が継続すれば安定処理土の表層の十数cm程度が中性化による強度低下の影響を受けるものの、30cm以深での影響は少ないと考えられる。しかし、pHが3.0である酸性雨の場合には、同じく期間にわたる酸性雨の浸食による処理土の中性化深さは倍以上に達する。要するに、降雨の酸性化の進みに伴い、石灰処理地盤の中性化が著しくなることを意味する。

4. おわりに

本研究では、近年問題となっている酸性雨による地盤環境への影響に関する予測について検討を行った。本研究で得られた主な成果は下記の通りである。

- (1) 実験結果に基づき、酸性雨による地盤のリーチングの予測式を立て、酸性雨のリーチング特性に及ぼす影響予測手法の提案を行った。
 - (2) リーチングとpHの関係を求め、地盤の酸性化及び中性化の過程への影響についての予測方法を提案した。
- (参考文献) 1) Kamon, M., Ying, C. and Katsumi, T.: Effect of acid rain on physico-chemical and engineering properties of soils, Soils and Foundations (in Submitting). 2) Kamon, M., Ying, C. and Katsumi, T.: Effect of acid rain on lime and cement stabilized soils, Soils and Foundations (in Submitting).

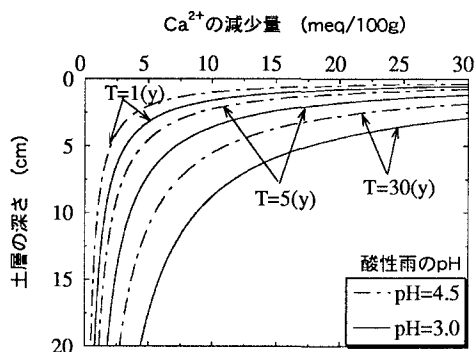


図4 酸性雨による処理土のリーチング特性

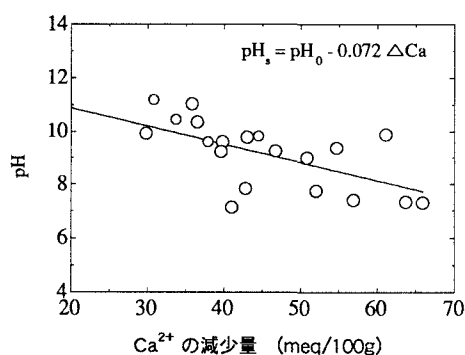
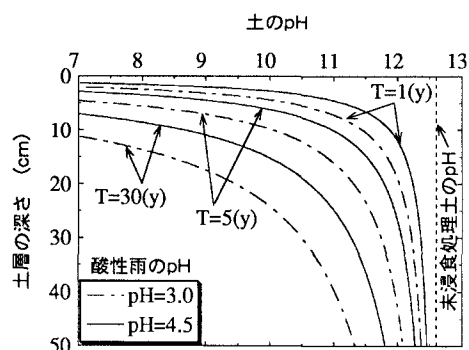
図5 処理土のpHと Ca^{2+} の減少量の関係

図6 酸性雨による処理土の中性化の予測