

Ⅲ-712

安定処理を施した酸性土の強度特性に関する一考察

石川工業高等専門学校 正会員 ○佐野博昭

金沢工業大学 正会員 山田幹雄

金沢工業大学 正会員 太田 実

1. まえがき 不良な現場土を路盤材料や盛土材料として用いる場合、セメントや石灰等の安定材を添加して土の性質を改善する、いわゆる土質安定処理を行うことがある。その際に期待される改良効果は、安定材の種類、量や経過日数とともに対象土の性質、例えばpHの高低や有機物量の多少によって異なることが報告されている¹⁾。このうち土のpHに関連して、最近では酸性雨と呼ばれるpHの低い雨(pH 5.6以下)が長期間地盤内に浸透した場合の土の強度、支持力特性の変化を検討した研究が行われている^{2), 3)}。一方、これとは別に、地盤内では中性あるいはアルカリ性を示す土が掘削等によって空气中に曝されると、土のpHが徐々に酸性側へ移行し、最終的にはpHが2～3の強酸性状態にまで変化する土の存在が報告されている^{4), 5)}。しかしながら、このような酸性土に対して安定処理を施した例は見当たらず、未だ不明な点を残しているようである。

そこで、本研究では自然に酸性化した土に対してセメントあるいは石灰安定処理を施した場合の基本的な強度特性について調べてみることにした。また、この土に強アルカリ性材料の一種であるフライアッシュや製紙スラッジ焼却灰(以下、パルプアッシュと称する)のような産業副産物を、pHを高める意味での「アルカリ雰囲気気材」として混合した場合の強度特性についても同様に調べてみることにした。

2. 材料の性質および試験方法 室内試験には、石川県河北郡津幡町内の道路切土部より水平方向に1.2～1.5m掘削して採取した粘性土(以下、津幡粘土と称する)を使用した。採取直後の津幡粘土のpHは約6.5の中性であったが、採取後1週間が経過した時点でpH4と徐々に酸性側へ移行する傾向を示し、1カ月後にはpH3となり、それ以降低下の兆候は認められなかった。そこで、室内試験には採取直後の津幡粘土を温度20℃、湿度90%の恒温恒湿室内で約2カ月の間空气中に放置し、pH3の強酸性状態になった土を2mmふるいでふるい分け、これを通過した部分のみを試料土として用いた。表-1は津幡粘土の物理的性質を示す。津幡粘土に対する安定処理方法としては、①津幡粘土に安定材としてpH12.8の普通ポルトランドセメント(以下、単にセメントと称する)や消石灰(pH12.8)を添加する方法、②津幡粘土にアルカリ雰囲気気材としてフライアッシュやパルプアッシュを混合し、さらにこの混合材料にセメントあるいは消石灰を添加する方法の2種類を用いた。なお、パルプアッシュについては製紙工場から排出されたままの状態では粒径の不揃いな顆粒状であり、均一な供試体を作製することが困難であると判断したため、これを粉砕機により粉末度4000cm²/gに調整して用いることにした。

表-2、3はフライアッシュとパルプアッシュの物理的性質、化学成分組成を示す。表-4は今回の試験に用いた津幡粘土単体および津幡粘土に2種類のアルカリ雰囲気気材を混合した場合の配合条件とそれぞれの締固め特性を示す。供試体(直径5cm、高さ10cm)は表-4に示した最適含水比と最大乾燥密度とを目標にすることとし、混合材料を二つ割りモールドに入れて静的に締固めることにより作製した。作製した供試体はビニール袋に入れて密封し、温度20℃の恒温器内で最長14日間空气中養生を行った。一軸圧縮試験はひずみ速度1%/minのひずみ制御方式により行った。

表-1 津幡粘土の物理的性質

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.68
液性限界 w_L (%)	68.6
塑性限界 w_p (%)	41.6
塑性指数 I_p	27.0
砂 分 (%)	7.4
シルト分 (%)	75.6
粘土分 (%)	17.0

表-2 フライアッシュおよびパルプアッシュの物理的性質

物理的性質	材 質	材 質
	フライアッシュ	パルプアッシュ
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.38	2.50
砂 分 (%)	4.5	36.6
シルト分 (%)	89.5	61.3
粘土分 (%)	6.0	2.1
均等係数 U_c	4.33	4.00
曲率係数 U_c	0.67	0.78

表-3 フライアッシュおよびパルプアッシュの化学成分組成

化 学 成 分 等	材 質	材 質
	フライアッシュ	パルプアッシュ
化 学 成 分		
シリカ[SiO ₂]	54.4	36.1
アルミナ[Al ₂ O ₃]	21.8	32.1
酸化第二鉄[Fe ₂ O ₃]	7.8	1.5
酸化カルシウム[CaO]	7.1	10.4
酸化マグネシウム[MgO]	1.2	12.0
(%) 強 熱 減 量 [L]	1.7	4.3
水素イオン濃度指数[pH]	12.2	9.5

表-4 混合材料の締固め特性

シリーズ	アルカリ雰囲気気材	最大乾燥密度	最適含水比
	種 類	ρ_{max} (g/cm ³)	w_{opt} (%)
A	—	1.60	20.9
B	フライアッシュ		
B-1	1.0	1.57	20.2
B-2	4.0	1.51	21.2
C	パルプアッシュ		
C-1	1.0	1.46	24.6
C-2	4.0	1.32	32.9

添加率: 津幡粘土の乾燥質量に対するアルカリ雰囲気気材の乾燥質量の百分率

3. 試験結果 一軸圧縮試験に先立って、pH3の津幡粘土にアルカリ雰囲気材や安定材を加えた場合のその後の日数の経過に伴うpHの推移を調べてみることにした。具体的には所定の含水比になるように調整した混合材料をビニール袋に入れ、温度20℃の恒温器内で最長14日間保存した混合材料についてpHを測定した。測定結果の一例を図-1に示す。この図は津幡粘土単体（Aシリーズ）にセメントや消石灰を2ないし4%添加したときのpHの推移を示したものである。当初pH3であった津幡粘土に安定材を数%添加することにより混合材料のpHが8～12のアルカリ性となり、配合条件によらず概ね保存日数が3日を越えるとpHはほぼ一定になることがわかる。図-2（a）は津幡粘土単体（Aシリーズ）にセメントや消石灰を添加した場合、（b）は津幡粘土にフライアッシュを10%混合（B-1シリーズ）し、さらにセメントや消石灰を添加した場合の一軸圧縮強さ q_u の推移を示す。図より、強度の発現が比較的大きいのは消石灰の添加率が4%の条件（記号：■）であり、セメントを添加（△，□）した供試体の強度増加は僅かであることがわかる。図-3は津幡粘土にパルプアッシュを10%混合（C-1シリーズ）し、さらにセメントや消石灰を2ないし4%添加した供試体の一軸圧縮強さ q_u と一軸圧縮試験終了後のpHとの関係を示す。供試体作製時のpHが高くなると供試体作製当日の q_u は僅かずつ大きくなること、また、その後の日数の経過（“→”の方向）に伴って q_u は着実に増加し、その程度は供試体作製時のpHが高いほど顕著であることがわかる。今回行った試験ではアルカリ雰囲気材の種類（フライアッシュ、パルプアッシュ）による強度発現状況の違いについて明らかにすることはできなかったが、それでも混合材料のpHは安定処理効果を左右するものであり、安定処理の対象となる土のpHの高低に応じてアルカリ雰囲気材の混合量を加減することが処理土の強度発現効果を高めるためにも必要であると考えられる。

4. あとがき フライアッシュやパルプアッシュを混合した酸性土においても通常の安定処理土に近い強度特性を示すことが確かめられた。しかしながら、このような土に対する安定処理効果をより詳細に調べるためには、長期材齢の供試体を用いた一軸圧縮試験やX線回折装置による反応生成物の確認を今後行っていく必要がある。また、中性やアルカリ性の土に酸性溶液を滴下することによって人工的に酸性化した土の安定処理効果についても検討を行う予定である。【参考文献】1)Thompson, M. R. :Lime Reactivity of Illinois Soils, Proc. ASCE, Vol. 92, No. SM5, pp. 67～92, 1966. 9. 2)嘉門・勝見・応：酸性雨が土の界面体イオン及び一軸圧縮強さに及ぼす影響，第29回土質工学研究発表会平成6年度発表講演集，102，pp. 243～244，1994. 6. 3)古河・藤田・平山：安定処理したまき土へ及ぼす酸性雨の影響，土質学会論文報告集，Vol. 34，No. 3，pp. 123～135，1994. 9. 4)佐々木：新第三系強酸性硫酸塩土壌に関する研究，岩手県立農業試験場研究報告，第20号，pp. 23～54，1977. 3. 5)志田・大山・千木良：砂質泥岩の化学的風化のメカニズム，電力中央研究所報告，No. U94001，1994. 6.

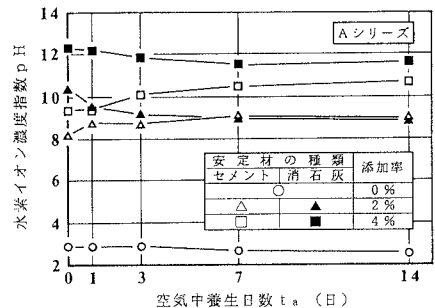


図-1 空气中養生日数の経過に伴う水素イオン濃度指数の推移

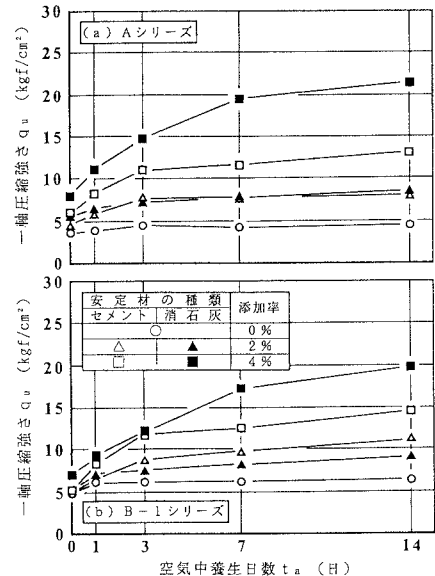


図-2 空气中養生日数の経過に伴う一軸圧縮強さの推移

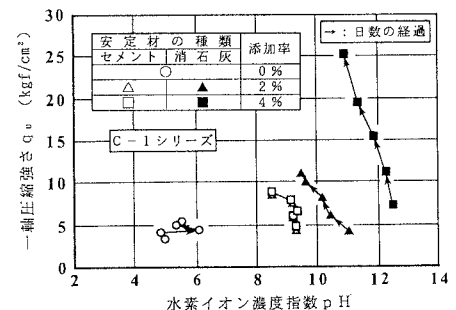


図-3 水素イオン濃度指数と一軸圧縮強さとの関係