

多価カチオンによる軟弱粘土の安定処理について

京都大学工学部

松尾新一郎

齋門雅史

○川上慎二

五百蔵良平

1. はじめに

軟弱粘土に多価カチオンを添加することにより、工学的性質を改善し、土質を安定化することが可能である。本報告では、還元鉄粉とPAC（ポリ塩化アルミニウム）を用い、鉄粉の酸化とPACの凝集作用の相乗効果による安定処理に関して考察したものである。

2. 実験の方法

本研究では、大阪姫島粘土（粘土，LL=76.0%，PL=31.4%，PI=44.6%，Gs=2.722）を用いている。これを気乾し、2000 μ mフルイ通過分を初期含水比40%に調整し、締固めた後一軸圧縮試験に供している。なお、締固め特性は既報と同様である（Wopt.=30%）。また、初期含水比76%（液性限界に相当）に調整したものを圧密試験に供している。

表-1 一軸の試料条件

Fe(mol) PAC(mol)	0.00	0.05	0.10
0.000	A-1	A-2	A-3
0.005	B-1	B-2	B-3
0.010	C-1	C-2	C-3

る。添加剤の量は、表-1および表-3のとおりで、粘土乾燥重量100gに対するモル数で示し、PACについてはAl₂O₃ 10%溶液として換算している。養生は、シールをして水分の蒸発を許さない条件で行っている。

3. 実験の結果と考察

(a) 一軸圧縮強度—実験結果を図-1、図-2に示す。鉄粉添加のみでは大きな強度増加が認められないが、PACを添加することにより、鉄粉添加量の増加に従い強度の伸びが大きくなり、8週間養生では3~5倍の強度を示している。また、養生期間が長くなると強度増加率が大きくなっており、PAC添加により鉄粉の酸化が促進され酸化鉄のセメンテーション効果が発揮されている。なお鉄粉添加量を増加すると含水比の低下が大きくなり、酸化鉄の生成過程における水分の消費を示している。添加剤のもつ強度増強効果をみるために、無処理試料の強度を1とした時の処理土の強度を初期含水比（ w_L ）の違いによって示したものが表-2である。鉄粉添加量が多いほど、初期含水比が高いほど、添加剤の効果が発揮されることが明らかである。

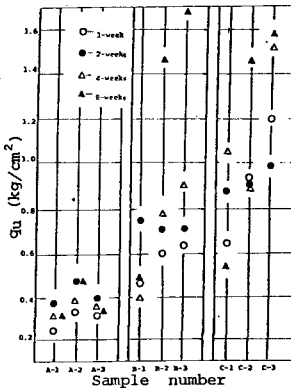


図-1 一軸圧縮強度

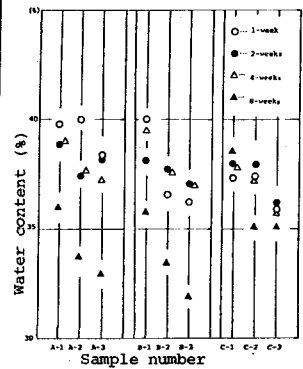


図-2 含水比

表-2 強度増加率

Fe(mol) PAC(mol)	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10
0.000	1.0	0.7	0.9	1.0	1.1
0.002	1.1	0.7	0.6	1.1	1.3
0.005	0.7	0.9	0.9	1.9	1.8
0.020	0.7	1.0	1.1	1.9	1.6

Fe(mol) PAC(mol)	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10
0.000	1.0	1.9	1.1	1.7	1.9
0.002	1.2	1.7	1.1	1.7	2.6
0.005	1.1	1.6	1.5	1.7	2.1
0.010	1.1	1.4	1.4	1.9	1.5
0.020	1.2	1.7	1.6	2.4	4.0

PAC(mol) Fe(mol)	0.00	0.05	0.10
0.000	1.0	1.2	1.1
0.005	1.7	2.2	2.3
0.010	2.7	4.2	6.0

(b) 圧縮特性および強度増加率

無養生，1ヶ月養生試料について標準圧密試験を行い、圧密終了後、水平変位速度1mm/min. で急速一面せん断試験を行った。図-3は、荷重段階ごとの圧縮性を示したもので、処理土は、無養生で0.5 kg/cm²，1ヶ月養生で1.0 kg/cm²あたりに降伏荷重Pyを生じており、これはP<Pyで変形量が、無処理>鉄処理>PAC処理>鉄・PAC複合処理となり、P>Pyではこの

表-3 圧密の試料条件

Fe(mol) PAC(mol)	0.00	0.05
0.000	1-A	1-B
0.005	1-C	1-D

系列が逆転していることから明らかである。次に、圧密係数 C_v と平均圧密圧力 $\bar{P}$ との関係を図-4 に示す。 C_v 値は、複合処理 $> PAC$ 処理 $>$ 無処理 (=鉄処理) となり、養生すると、鉄粉添加による C_v 値の増大は著しい。以上の結果より、 PAC の添加により間げきの大きな凝集構造が作られ鉄の酸化が促進され、一次圧密終了時間が短縮され、さらに、小さな荷重範囲では圧密沈下量が小さくなり、施工に有利な土質に改善されることが明らかである。表-4 に圧縮指数を示す。 PAC 添加により間げき比の大きな構造をもった処理土は、圧密荷重が増加するに従って粒子配列をかえ、無処理土と同じような配向構造をとる結果 C_c が大きくなる。養生

表-4 圧縮指数 C_c

	0-month	1-month
無 処理 A	0.52	
鉄 処理 B	0.50	0.54
PAC 処理 C	0.62	0.56
複合処理 D	0.67	0.65

によって C_c に減少傾向がみられているが、ほとんど微量である。

表-5 に C_u/p を示す。 PAC の添加が、鉄粉の

表-5 圧密による強度増加率

	C_u/p		C_u/p
0-A	0.304		
0-B	0.293	1-B	0.371
0-C	0.280	1-C	0.330
0-D	0.323	1-D	0.325

酸化を促進する構造を作り、鉄粉と PAC の相乗作用による強度増加率が大きなることを示している。図-5 は、1ヶ月養生試料の粒度分布である。鉄・ PAC 複合処理土において粘土粒子分の団粒化が顕著であり、これら処理土における強度および圧縮性の改善が、鉄粉と PAC の相乗作用に基づく団粒(ベッド)化に起因していることが明白である。

4. おわりに

本研究では、 Fe イオンと Al イオンの相乗効果により、軟弱粘土の強度、圧縮性が改善されることを示した。今後は、これらのイオン添加によるベッド化機構の変化と工学的性質との相関を明らかにして本手法の安定処理原理を確立する予定である。

参考文献：

- 1) Matsuo, Kamon: Engineering Properties of the Inferior Clayey Soil Material and Its Improvement, Proc. 1st. Conf. Engineering Materials, 1974, PP. 385~410.
- 2) 松尾, 嘉門: 多価カチオンによる軟弱粘土の土質安定, 土木学会年誌, IIL, 1973, 1974, 1975, 1976.
- 3) 松尾, 嘉門: 多価カチオンによる軟弱粘土の安定処理(I), 土木学会年誌, IIL, 1977, 1978.

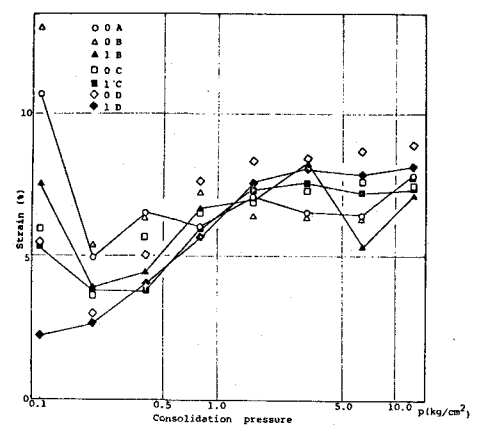


図-3 圧縮特性

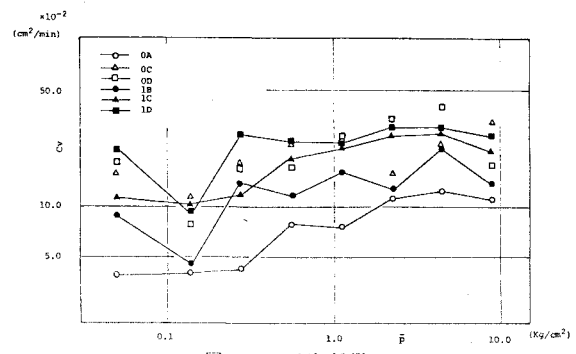


図-4 圧密係数

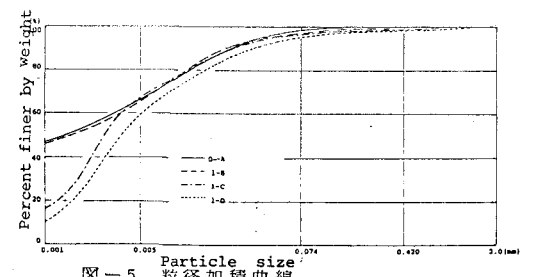


図-5 粒径加積曲線