

京都大学工学部 正会員 松尾新一郎
 京都大学工学部 正会員 嘉門雅史
 京都大学大学院 学生会員 ○ファム、ゴック、ラン

1. はじめに パンフロック工法は軟弱粘土の埋立時に均一に埋立てられることを目的とした工法であるが、この時、土粒子は凝集して間ゲキが大きくなる。そこで埋立完了時の間ゲキを小さくするようななんらかの改良が可能ならば地盤の支持力はさらに大きくなると考えられる。本研究においては凝集沈殿剤としてのパンフロックがセルロースの誘導体を含み、微生物によって分解できるものであることからパンフロック処理土に微生物の栄養源の添加を行ない、その土の工学的性質の改良を実験的に検討したものである。

2. 用いた試料 用いた試料は表-1のとおりである。パンフロック処理土(大阪南港粘土)、(Pグループ)に所定の添加物に加え、含水比が70%になるよう調整し、25°Cで養生した。そして、養生時間における微生物の影響による土の性質の変化を検討している。なお、パンフロックで処理しない試料(Mグループ)も対照として用いている。試料中に存在する菌の数は図-1に示す。しょ糖の添加量の増加に伴って菌の数が増加し、その数は2週間ピークに達し、それ以後は徐々に減少する。2週間後、Pグループの菌数はMグループに比較して増加しており、これはパンフロックの影響と思われる。

3. 実験および考察

(1) 粒度分析

図-2ではPグループのすべての曲線はほとんど一致し、未処理の曲線より右下方へ下がる。これより1日養生では微生物の影響は見られずパンフロックの添加による凝集のみが示されている。1週間後(図-3)では

P-1に比較してP-2～P-6の曲線は右下方へ下がっている。またP-6(0.20%しょ糖)はP-2(0.05%しょ糖)の曲線より下がった。これは微生物の代謝による団粒化と考えられる。さらに2週間後(菌の数はピーク)では、微生物による団粒やパンフロックによる凝集などが微生物によって破壊されP-1に比べP-2～P-6の曲線はほぼ一致するかやや上方に示される。それ以後は時間とともに菌の死滅と増殖による交代が繰り返され団粒も破壊されたり形成されたりして粒径の分布が変化するが、処理した試料の曲線は未処理曲線より下がる。これは菌の生成物質等の累積の団粒化によるものと考えられる。(図-5でP-4だけの3ヶ月間の曲線の変化を示す。)

図-2. 粒度曲線(一日養生)

さらに2週間後(菌の数はピーク)では、微生物による団粒やパンフロックによる凝集などが微生物によって破壊されP-1に比べP-2～P-6の曲線はほぼ一致するかやや上方に示される。それ以後は時間とともに菌の死滅と増殖による交代が繰り返され団粒も破壊されたり形成されたりして粒径の分布が変化するが、処理した試料の曲線は未処理曲線より下がる。これは菌の生成物質等の累積の団粒化によるものと考えられる。(図-5でP-4だけの3ヶ月間の曲線の変化を示す。)

図-4. 粒度曲線(二週間養生)

さらに2週間後(菌の数はピーク)では、微生物による団粒やパンフロックによる凝集などが微生物によって破壊されP-1に比べP-2～P-6の曲線はほぼ一致するかやや上方に示される。それ以後は時間とともに菌の死滅と増殖による交代が繰り返され団粒も破壊されたり形成されたりして粒径の分布が変化するが、処理した試料の曲線は未処理曲線より下がる。これは菌の生成物質等の累積の団粒化によるものと考えられる。(図-5でP-4だけの3ヶ月間の曲線の変化を示す。)

(11) コンシステンシー特性 LLはフォール・コーン試験で求めた。図-6よりLL(ファイネス・ナンバー、F値)はパンフロックの添加によって増加し、時間が経つと微生物の代謝による生成物質等の団粒化によって低下する。PLはわずかに上昇が見られ、PIはLLと同様の傾向を示し、栄養源の多い試料ほど低下が大きい。

表-1. 用いた試料

Sample No	CONTENTS
M-1	Osaka Nanko Clay wet (water content 70%)
M-2	M-1 + sucrose (0.05%) / "soil suspension" as
M-3	M-1 + sucrose (0.10%) / inoculum (garden soil)
M-4	M-1 + sucrose (0.20%) + $K_2HPO_4, MgSO_4, NH_4Cl$
M-5	M-1 + sucrose (0.30%) + $NANO, FeSO_4$
M-6	M-1 + sucrose (0.40%) (each 0.05%)
P-1	M-1 + panfloc (500 ppm)
P-2	M-2 + panfloc (500 ppm)
P-3	M-3 + panfloc (500 ppm)
P-4	M-4 + panfloc (500 ppm)
P-5	M-5 + panfloc (500 ppm)
P-6	M-6 + panfloc (500 ppm)

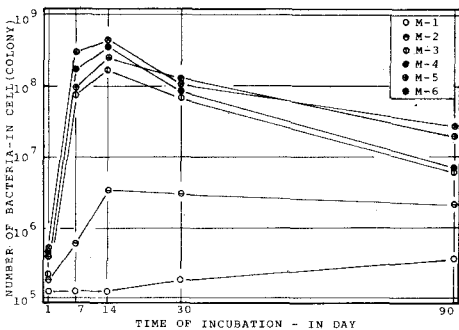


図-1 (a). 菌の数 (Pグループ)

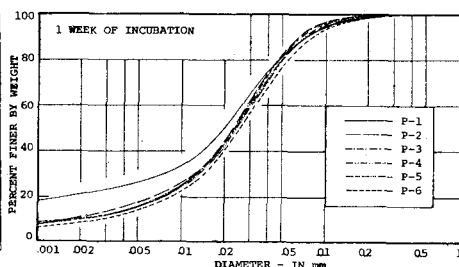


図-1 (b). 菌の数 (Mグループ)

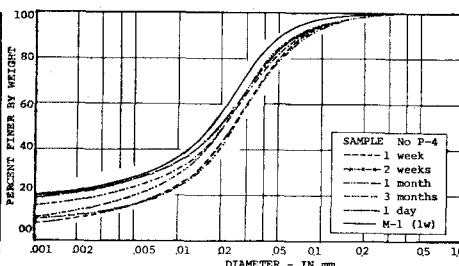


図-2. 粒度曲線(一日養生)

図-3. 粒度曲線(一週間養生)

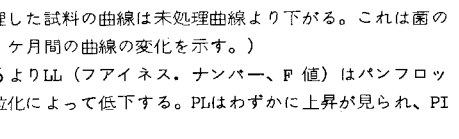


図-4. 粒度曲線(二週間養生)

図-5. 粒度曲線 (P-4試料だけ)

(111) 圧密特性 図-7

より間ゲキ比 θ は養生初期においてパンフロック添加による凝集化のため大きくなるが時間の経過とともに微生物の代謝によって小さくなり未処理土 (M-1) の値に近づく。これは微生物がパンフロックの凝集を破壊したためと考えられる。また図-8と図-9から圧密係数 C_v と透水係数 k も同様のことがいえる。すなわち初期でパンフロック添加した試料が無添加試料よりも C_v と k が大であり養生期間が長くなると微生物処理したものの C_v と k は小さくなる。

(1v) 一軸圧縮強度

容器で養生した試料をボーリングして、なるべく乱さないように採取して、1試料に対して6~7個の供試体を空気乾燥と乾燥炉 (50℃) により含水比を変化させ、高さ約6cm、直径約3cmとなるように成形したのち実験を行なった。図-10によると一軸圧縮強度は未処理土より微生物処理土のほうが高く、P-4の試料で最大の一軸圧縮強度を示した。(ここに示さないが他の養生期間の試料も同様の結果

が得られる。) これは微生物の代謝物質等が土粒子を結合して強度増加を示すものと考えられる。P-5とP-6の試料の場合は栄養源を与えすぎて菌の増殖が過大となり、生育過程で排出する多量のガスによって空ゲキが増加し土の強度が増加しなかったものと考えられる。また図-11と図-12のように養生期間が長くなると強度が増加することを示した。

時間が経つと生菌数が

減少するが土の強度が増加し、これは微生物の代謝による生成物質等の累積のセメンテーション作用によるものと考えられる。さらにMグループと比較するとPグループの試料のほうが強度が大きい。これはパンフロックと微生物の作用の相乗効果と考えられる。

4. おわりに パンフロック処理によって埋立堆積した土層のフロックを消去するため、栄養源を添加すると微生物の代謝によってパンフロックによる凝集などが破壊され、または菌の生成物質等のセメンテーション効果により、処理した土の強度が増加し、他の工学的性質も改良することが確かめられた。

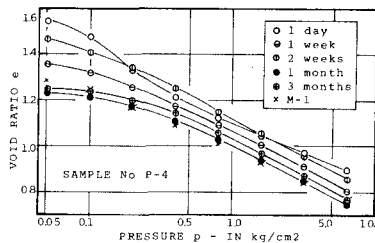


図-7. $e - \log P$

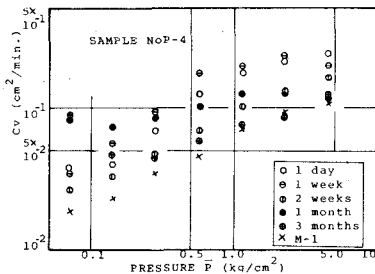


図-8. $\log C_v - \log P$

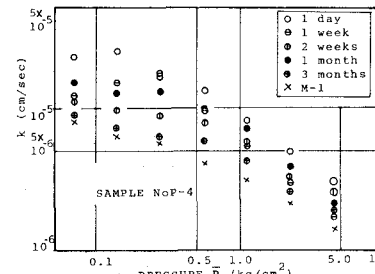


図-9. $\log k - \log P$

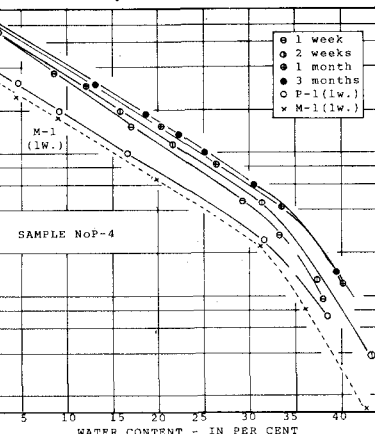


図-11. 一軸圧縮強度 (P-4試料だけ)

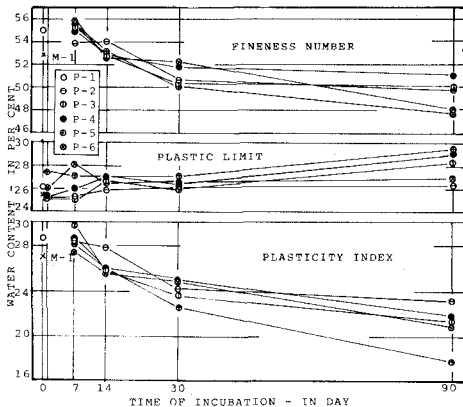


図-6. コンシステンシー特性

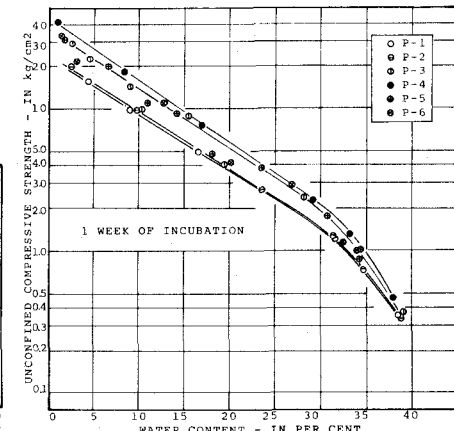


図-10. 一軸圧縮強度 (Pグループ)

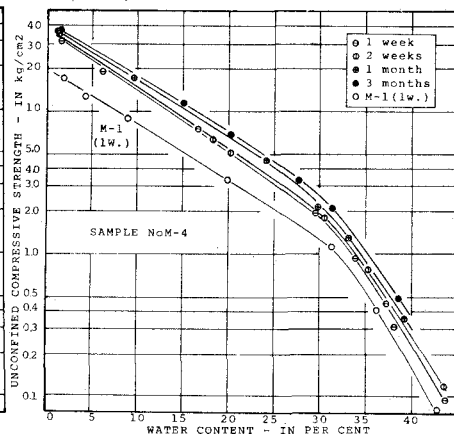


図-12. 一軸圧縮強度 (M-4試料だけ)

(参考文献) 1) 松尾新一郎編「土質安定工法便覧」 日刊工業新聞社、1972、pp. 37~42

2) 松尾、嘉門、ラン「軟弱粘土の工学的性質に及ぼす微生物の影響」 第30回土学会年次学術講演会、1975

3) Martin Alex. 「Microbiology of cellulose」, Introduction to Soil Microbiology, pp. 163~182,

John Wiley & Sons, New York, 1961