

関西大学工学部 正会員 西田一彦
関西大学工学部 正会員 西形達明
関西大学大学院 学生員 ○北相模剛
関西大学大学院 学生員 西川幸樹

1. はじめに

近年、土木工事の急速な増加とともに、粗骨材および細骨材として碎石、砕砂の活用が積極に行われている。しかし、これらの製造過程で副産物として産出する碎石粉の処理と処分が重要な問題となっている。そこで、本研究ではその有効利用を考え、碎石粉にセメントを混入した柱体による軟弱地盤安定処理工法についてモデル地盤を用いて、圧密中の軟弱地盤の間隙水圧ならびに周辺の軟弱地盤の含水比変化と、柱体の強度について考察した。

2. 試料および実験方法

実験における軟弱地盤には笠岡粘土を、柱体には碎石粉を用い、それぞれの物性値を表-1に示す。この粘土を初期含水比80%に調整した後、円筒状の土槽（内径110cm、深さ55cm）に高さ30cm入れてモデル地盤を作成した。その実験装置を図-1に示す。セメントを混入した碎石粉の袋詰柱体（直径 $d_w=5\text{cm}$ 、高さ30cm）をモデル地盤に正三角形配置で打設した。柱体の袋には、ジオテキスタイル（厚さ2.46mm、透水係数 0.59mm/s ）を用いた。その打設条件は、一定間隔 $d=19.0\text{cm}$ でセメント添加率を2%、4%、8%と変化させたもの、またセメント添加率4%について打設間隔を $d=9.5\text{cm}$ 、 19.0cm 、 24.0cm と変化させた。さらには、柱体を打設せず粘土地盤のみの実験も行った。実験は粘土地盤の上に層厚10cmの砂を敷くことで片面排水条件とした。載荷方法はエアバックにより 19.6kPa 一定で圧密した。圧密時間は15日間とし、圧密中の間隙水圧の変化を測定した。実験後には、粘土地盤の含水比測定およびコーン貫入試験、さらには柱体の一軸圧縮試験を行うことで、改良効果を調べた。

表-1 試料の物理的性質

	笠岡粘土	碎石粉
密度 ρ_s (g/cm^3)	2.484	2.722
液性限界 W_L (%)	74.0	33.4
塑性限界 W_P (%)	20.4	17.7
塑性指数 I_P	53.6	15.7
含水比 w (%)	6.05	1.20
平均粒径 D_{50} (mm)	0.005	0.012

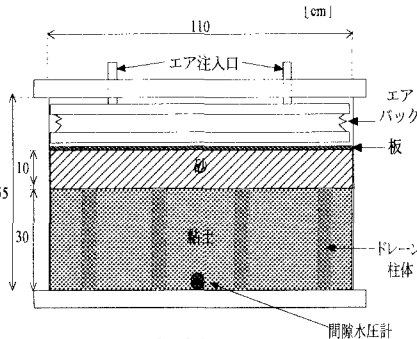


図-1 実験装置断面図

3. 結果と考察

図-2は異なるセメント添加率と打設間隔について、圧密中の過剰間隙水圧と時間の関係を示したものである。図-2(a)より、圧密時間1000分経過後からドレーン柱体を打設した場合は、打設しない場合に比べて

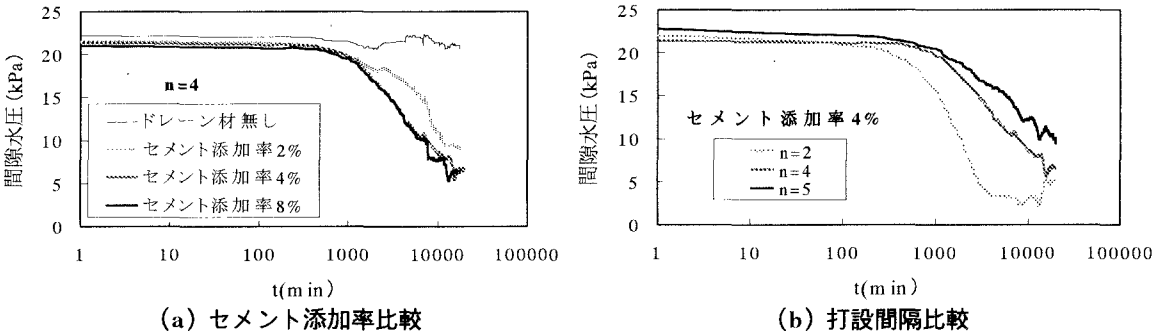


図-2 過剰間隙水圧の変化曲線

Kazuhiko NISHIDA, Tatsuaki NISHIGATA, Takeshi KITASAGAMI, Kouki NISHIKAWA

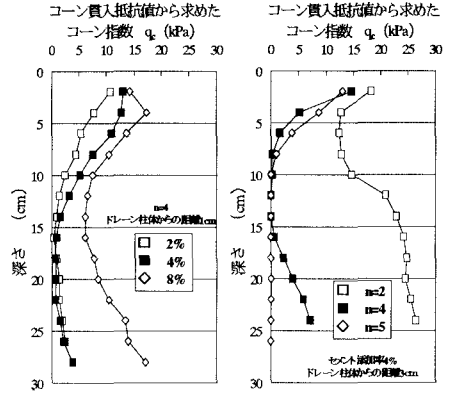
明らかに過剰間隙水圧が小さくなっており、ドレーン柱体打設による効果を見ることができる。しかし、セメント添加率が異なっても間隙水圧の変化には大きな違いが見られない。一方、図-2 (b) では、打設間隔 $n (=d_c/d_w)$ 、有効径 $d_e = 1.05d$ が小さくなるほど間隙水圧の消散する開始時間が速く、また消散速度も大きいことがわかる。これらのことから、圧密促進効果はセメント添加率よりも打設間隔に影響を受けるといえる。

図-3は粘土地盤のコーン指数と深さの関係を示している。上部の砂層への排水のため、表層部ほどコーン指数が大きくなっている。セメント添加率の違いの影響を見た図-3 (a) では、セメント添加率が高いほど地盤強度も大きくなっていることがわかる。(a) セメント添加率比較 (b) 打設間隔比較 打設間隔の違いの影響を見た図-3 (b) では、 $n=2$ のときに地盤強度が最も大きくなっている。これは、 $n=2$ の場合は柱体打設間隔が非常に狭いため、隣接するドレーン柱体の吸水効果に干渉が生じたものと考えられる。しかし、 $n=4$ 以上では軟弱地盤の強度増加が見られない。

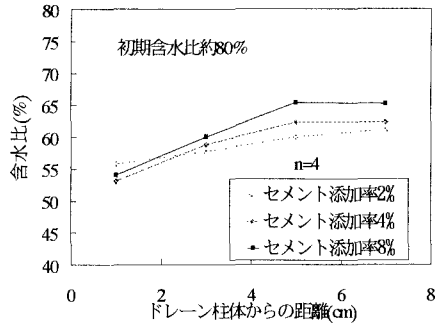
図-4は粘土地盤のドレーン柱体からの距離と含水比の関係を示したものである。これより、ドレーン柱体に近くなるほど含水比の減少量が大きくなっているが、5cm 以上離れるとそれほど含水比に変化が見られない。セメント添加率の違いの影響を見た図-5 (a) では、セメント添加率が低くなるほど含水比の減少量が大きくなっていることがわかる。これは、セメントにより柱体が固化する過程において、セメント添加率が高くなるほど透水性が低くなり、柱体の吸水・排水効果が減少するものと考えられる。打設間隔の違いの影響を見た図-5 (b) では、打設間隔が狭くなるほど含水比の減少量が大きくなっていることがわかる。したがって、地盤の含水比低下の観点から考えると、できるだけ打設間隔を小さくすることが望ましいことは明らかである。

図-5は実験終了後の柱体の一軸圧縮強度と打設間隔の関係を示したものである。セメント添加率が大きくなると一軸圧縮強度も大きくなっていることがわかる。打設間隔について見ると、 $n=4$ のときに最も大きな値を示している。これは打設間隔が狭すぎると軟弱地盤からの水分供給量が不十分となるために、水和反応のための水分が不足しセメントの固化効果が発揮されないものと考えられる。一方、打設間隔が大きくなると軟弱地盤からの水分供給量が過剰となるために強度が十分に発揮されないものと考えられる。したがって、最適なセメント添加率には打設間隔が密接に関係しており、それぞれについて最適な組み合わせを考える必要がある。

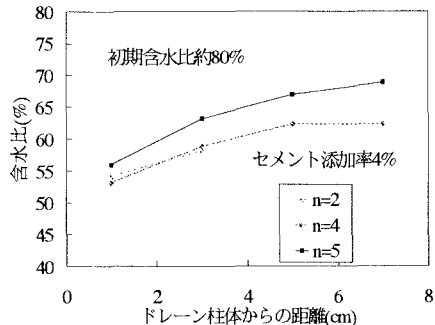
<参考文献>久保井利達, 西田一彦: 砕石粉の土質安定処理への有効利用に関する研究, 1998



(a) セメント添加率比較 (b) 打設間隔比較
図-3 粘土地盤のコーン指数



(a) セメント添加率比較



(b) 打設間隔比較

図-4 圧密後地盤の含水比

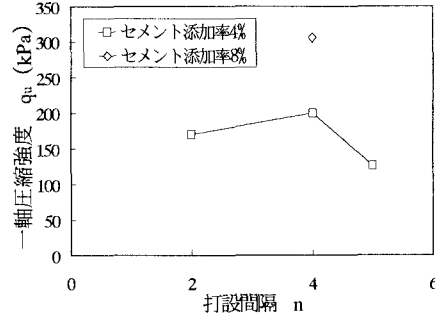


図-5 柱体の一軸圧縮強度