

フライアッシュを混入した地盤改良剤の改良効果に関する実験

東北学院大学工学部 環境建設工学科 学生会員 ○鈴木 俊
学生会員 安藤 昌輝
学生会員 田中 泰樹
正会員 飛田 善雄

1. はじめに

現場で用いられている地盤改良剤の力学的特性を室内実験で明らかにすることを目的とする。

セメントにフライアッシュ、石膏を混合した材料 DF1 号、DF2 号を利用した。DF1 号は強度の改善を期待しているためセメント量の割合が多く、DF2 号はフライアッシュの割合が多い配合となっている。また、改良効果を比較検討するために、セメント単体での安定処理も実施した。

2. 試験に利用した土の特性

今回試験に使用した泥土（秋田県）、泥炭（北海道）の物理的性質を記す。

泥土は自然含水比が 54.5%、土粒子の密度が 2.61g/cm^3 であり、粒度は砂分 ($0.075\sim 2\text{mm}$) が 64.8%、シルト分 ($0.005\sim 0.075\text{mm}$) が 25.7%、粘土分 (0.005mm 未満) が 0.6% である。コンシステンシー限界は液性限界が 49.6%、塑性限界が 30.0%、塑性指数が 19.6 である。締固め特性は湿潤法を用いた場合、最大乾燥密度 1.51g/cm^3 、最適含水比が 22.4%、乾燥法を用いた場合、最大乾燥密度 1.56g/cm^3 、最適含水比 19.6% となった。この結果から、泥土は砂質系の土であることがわかる。

泥炭は自然含水比が 414.0%、土粒子の密度が 1.85g/cm^3 、強熱減量が 117.9% となった。高含水比で土粒子の密度が低い、植物繊維の多い土であった。

3 実験結果

3.1 試験項目

今回試験に使用する泥土、泥炭に対して、一軸圧縮試験を中心に実験を行った。養生日数は、3 日、7 日、28 日を標準とし、含水比の変化、一軸圧縮強度の変化を調べた。泥土に関しては、路床土としての適否を調べるため、CBR 試験も行った。

3.2 添加剤を投入した泥土 CBR 試験

図-1 は添加剤を投入した泥土の材齢 7 日の CBR 試験の結果である。DF1 号・セメントの場合は乾燥質量に対して、7%の添加で CBR 値が 4 を超え、DF2 号の場合も同様に、乾燥質量の 10%を添加したときに CBR 値が 4 を超えた。今回使用したセメント、DF1 号、DF2 号の全てで路床土として利用(CBR 値が 2 以上)できることが分かった。

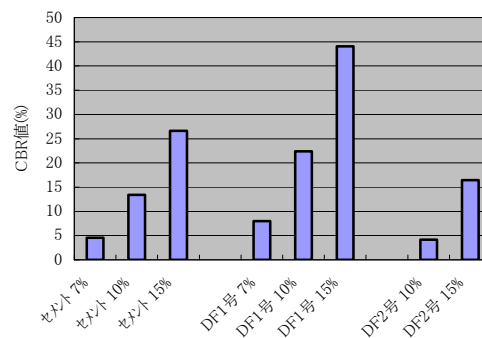


図-1 CBR 試験結果の添加剤による比較

3.3 泥土と泥炭の一軸圧縮試験の結果

図-2、図-3 は泥土と泥炭に添加剤を加えた試料をサミットモールドに詰め、7 日間養生させた供試体の一軸圧縮試験の結果である。

添加剤の添加率は、泥土が乾燥質量に対する比率であり、泥炭は湿潤質量に対する比率である。

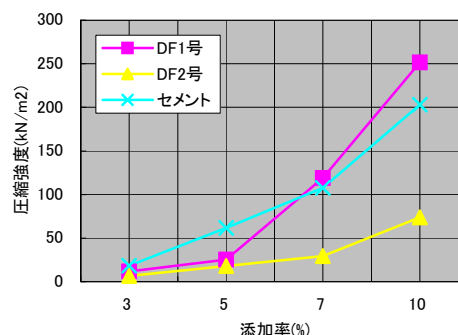


図-2 泥土の添加剤ごとの一軸圧縮試験結果の比較 (7 日間養生後の強度；図-3 も同様)

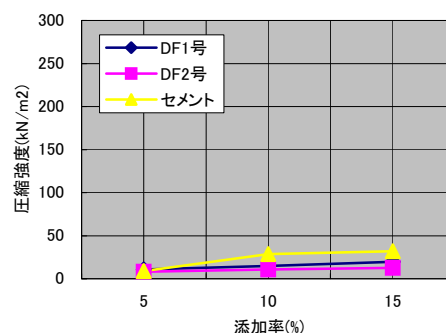


図-3 泥炭の添加剤ごとの一軸圧縮試験結果の比較

表-1.泥土(左)と泥炭(右)の湿潤密度および含水比

	湿潤密 (g/cm ³)		含水比 (%)	
	7 日	初期	7 日	
DF1 号 3%	1.69	55.4	53.4	
DF1 号 5%	1.69	53.5	53.2	
DF1 号 7%	1.69	53.8	49.6	
DF1 号 10%	1.73	54.5	48.6	
DF2 号 3%	1.72	52.6	54.2	
DF2 号 5%	1.68	51.7	35.6	
DF2 号 7%	1.69	51.7	32.4	
DF2 号 10%	1.7	51.7	33.2	
セメント 3%	1.75	49.2	44.5	
セメント 5%	1.77	49.2	45.1	
セメント 7%	1.76	49.2	43.7	
セメント 10%	1.78	49.2	41.3	

	湿潤密 (g/cm ³)		含水比 (%)	
	7 日	初期	7 日	
DF1 号 5%	1.1	362	283	
DF1 号 10%	1.15	362	322	
DF1 号 15%	1.15	362	197	
DF2 号 5%	1.11	381	291	
DF2 号 10%	1.13	381	232	
DF2 号 15%	1.17	381	206	
セメント 5%	1.1	389	292	
セメント 10%	1.15	389	227	
セメント 15%	1.18	389	200	

図-2 より、添加量 3%では、全ての添加剤において強度発現が小さかった。添加量 5%ではセメントを添加剤とした供試体の強度の発現が比較的大きかった。添加量 7%では DF1 号を添加した供試体の一軸圧縮強度が 25.2kN/m²(5%)から 119kN/m²(7%)になり、強度の伸びが大きかった。添加量 10%の供試体でも DF1 号を添加した供試体が 119kN/m²から 251kN/m²と伸びが大きかった。泥炭では、泥炭は有機物含有量や含水比が多く土粒子成分が少ない為、改良に不適な土であり、今回の実験でも、全ての添加剤において強度発現は小さかった。

表-1 に 7 日養生後の供試体の湿潤密度と含水比の結果を示す。この結果から湿潤密度の増加と、含水比の低下は一軸圧縮強度の発現に大きく関与していることがわかった。しかし、DF2 号では含水比の低下は著しいが、強度の発現は小さかった。その理由としては、DF2 号が DF1 号と比べてフライアッシュ成分が多く、セメント成分が少なくっているためだと考えられる。

4 追加実験

4.1 DF2 号に対する放置期間の設定の効果

DF2 号の一軸圧縮強度が低い理由として、添加練り混ぜ直後では締固め特性が改良されていないと考え、追加実験として泥土に乾燥質量の 5%、10%の DF2 号を添加し、1 日放置した後に供試体を作成した。供試体作成から 7 日後に圧縮強度を測定し、通常の実験結果と比較した。

圧縮強度測定の際、5%の供試体はモールドから取り出す段階で破壊してしまい圧縮強度を測定できなかった。また 10%の供試体は測定できたが、モールドに試料が付着し、断面積、体積が正確に計算できなかったため、ここでの圧縮強度は概数値となる。追加実験の結果、圧縮強度は 95.6 kN/m²となり、練り混ぜ直後に作成した供試体の実験結果より 30%程度強度が増加した。湿潤密度もやや増加したが、含水比に変化はなかった。このことから、1 日放置した方が、一軸圧縮強度の発現に効果があるものの、その理由については今後の課題となる。

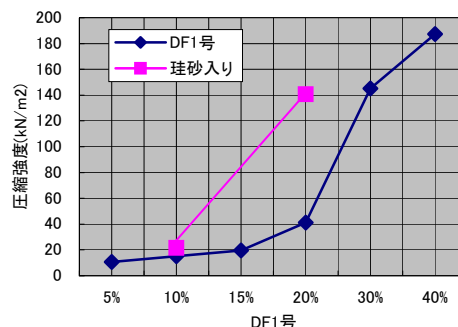


図-4 泥炭 DF1 号 5%,10%,15%,20%,30%,40%と珪砂入り 10%,20%の比較

4.2 泥炭に対する添加量の増加と砂分の補充

泥炭に対してはどの添加剤でも強度の発現が小さかった。追加実験として、①添加量を増加させる。②補助材料として珪砂を加える、を行った。その結果を図-4 に示す。添加量、又は砂分を増やすことで改良効果が期待できるという結果を得た。しかし、強度発現に必要とされる添加剤の量は大きくなり、経済的観点からは、土質改良以外の方法が適当であると考えられる。

5 まとめ

泥土に対して DF1 号はセメントとほぼ同等の改良効果が得られ、場合によってはセメントを上回ることもあった。この 2 つの添加剤は、添加率が多い場合には圧縮強度が 200kN/m²を超えている。

DF2 号は全般に強度発現が小さかったが、追加実験より、1 日養生することで 30%程度一軸圧縮が良くなり、締固め特性が向上した。しかし、DF1 号やセメントと比べると強度の発現が低く、土の強度の改良が一義的である場合の改良剤としては必ずしも適していないことがわかった。

今回の実験結果は、限られた土に対するものである。締固め特性や強度の改良特性は、土の種類によって異なると考えられるので、今後、広範な土を対象に改良効果の確認を行うとともに、改良のメカニズムについても検討を進めていきたい。

6 参考文献

- 1) 社団法人 セメント協会(1985)：セメント系固着剤による地盤改良マニュアル，技報堂出版株式会社
- 2) 千田昌平 著(1982)：軟弱地盤改良工法，鹿島出版会
- 3) 土質工学会(1978)：地盤改良の調査・設計から施工まで，社団法人 土質工学会
- 4) 社団法人 地盤工学会(2001)：土質試験基本と手引き 第一回改訂版，社団法人 地盤工学会