フライアッシュを主成分とするDF剤を用いた締固め土の強度特性に関する実験

東北学院大学工学部環境建設工学科学生会員　○松田貴寛，上総賢人，和久祐太
東北学院大学工学部環境建設工学科フェロー会員　飛田善雄

１．はじめに

DF剤は、フライアッシュを主原料とするリサイクル資材である．他の固化剤よりもアルカリ性が低く土壌改良後，短期間で中性域に進む．これらの効果的な作用で，セメント系改良・石灰系改良では困難であった緑化が可能な土にすることができる．また、今まで産廃処理されてきた土を、基礎施工後の埋戻しや盛土等で再利用することも可能である．フライアッシュの物理的性質により吸収・脱臭効果が得られ、悪臭も軽減されるという特性を有している．

本文では、レストム工法の主材料であるDF剤を用いての強度試験（一軸圧縮試験，コーン貫入試験）を行った結果を報告する．比較のために高炉セメントの強度試験も併せて行った。

２．試験に利用した土の特性

今回の試験では、秋田県内で実施された杭工事の際に出た試料土を用いて実験を行った．

試料土は、土粒子の密度：2.76 g/cm^3．現場含水比：51.38%．粒度は：礫分(2～4.75 mm)：54%、砂分(0.075～2 mm)：25%、細粒分(75 μm以下)：21%であった．土質材料の工学的分類で GFS（細粒分質砂質礫）と分類された．締固め特性は繰り返し乾燥法を用いた場合、最大乾燥密度:1.295 g/cm^3, 最適含水比:35.6 %であり、突き固めによる締固め曲線を図-1 に示す．

３．強度試験：一軸圧縮試験、コーン貫入試験

フライアッシュの割合を 50%、ポルトランドセメントを 50%混合した DF 剤を用いて一軸圧縮試験を行った。なお，生土に混合するDF剤の割合は、試料土の乾燥質量に対して3%,5%,10%とした。また比較のために、高炉セメントを5%混合した供試体を作製した．養生日数は、1日，7日，28日とした．各条件で3つの供試体を3本作製し，3本の平均を強度として整理した．一軸圧縮試験の結果を図-2 に示す．

一軸試験のそれぞれの条件での強度が大きく異なる結果となった．供試体成形時の注意が十分ではなく、供試体の密度が大きくばらついたためと判断できる．一軸圧縮試験の湿潤密度 ρt の結果を表-1 に示す．

強度はばらついたものの、いずれの供試体も100(KN/m^2)を超えており、改良土の強度としては満足できる値であった。

コーン貫入試験は、改良剤の混合率は一軸圧縮試験と同様に3,5,10%とし、養生日数は7日，28日とした．コーン貫入試験の結果を図-3 に示す．

コーン貫入試験は測定装置の上限が 2000N であり、測定できないケースがあった。上限を超えるケースでは、測定限界である 2000N を代入して計算した．いずれの場合も第一種、第二種の建設発生土の基準値(800kN/m^2)を超えており､現場で用いることが可能な値を超えていた．

測定限界値が 2000N となったため、実験結果からは、改良剤の混合率、養生日数の増加に伴う強度の増加の傾向は判断できなかった．

供試体の強度について、全般的に以下の傾向がみられた．

１．DF 剤の混合率が上がれば供試体強度は増加し、養生日数が増加するにつれて強度は増加する。

２．養生日数の増加により、含水比が低下する傾向が見られる．一軸試験時の含水比の結果を表-2 に示す．DF 剤と間隙水の水和反応の結果といえる．

比較のために実施したセメント安定処理は高炉セメントを用いた．様々な試料土に対する過去のデータでは、DF 剤混合土とセメント混合土では、ポルトランドセメントを混合するのであれば、セメントを混合した場合のほうが強度は大きくなった．

本研究で用いた高炉セメントはポルトランドセメントに比べて 、強度は出にくいことが知られている．今回の実験結果でも、5%の混合率で DF 剤混合土が、高炉セメント混合土より強度が出ていた．

高炉セメント混合土についてもコーン指数の基準値は超えているので現場での使用は可能である．

４．考察

一軸圧縮試験、コーン貫入試験の結果とも DF 剤、高炉セメント両者とも、現場で用いることができる強度基準は満たしている．この結果は、対象とした試料土が

キーワード：圧縮強度、養生
東北学院大学　〒985-8537　多賀城市中央一丁目 13-1，Tel：022-368-7396

礫分、砂分が卓越することにより容易に予想できる結果である．

しかし、礫分、砂分が卓越する試料としては、最大乾燥密度の値が低く、最適含水比が高い．この理由としては、対象とした試料は、杭工事の残土であり、土の中にセメントミルクが入っていることがあげられる．粒子を 30 倍に拡大した写真と、その試料を水洗いした写真を図-4 に示す．試料土では、礫の周りに微粒子が付着しており、団粒化している様子が観察される．団粒化した試料を締め固めた場合には、土粒子密度が小さな試料を用いたことになり、結果として乾燥密度は小さくなってしまう事になる．この結果が締固め試験に影響しているものと考える．

団粒化が強度に与える影響として、粒子の接触点が脆弱であり，強度低下が懸念される。

本研究で用いた供試体は、少なからず団粒化の影響が考えられるが，一軸圧縮強度，コーン貫入試験結果ともに，改良土としては問題なく利用できる強度を有していた。

５．今後の課題

DF 剤を用いる際に，事前に硬化剤が入っている土を材料として利用する場合には，学術的興味としては，通常の土との差異を確実に認識したいところである。粒子自身の性質，粒度分布に与える影響，締固め特性に与える影響，そして力学特性に与える影響を系統的に抑えることの必要性が，今回の実験を通じて指摘されたことになる。今後の研究の課題である。

表-1　一軸圧縮試験の湿潤密度　ρ_t　結果

湿潤密度 g/cm³	1日養生				7日養生				28日養生			
	A	B	C	AVE	A	B	C	AVE	A	B	C	AVE
生土	1.55	1.49	1.54	1.53	1.55	1.47	1.48	1.50	1.48	1.48	1.54	1.50
Df 3%	1.59	1.63	1.62	1.61	1.49	1.51	1.48	1.49	1.49	1.50	1.49	1.49
Df 5%		1.47	1.49	1.48	1.36	1.40	1.48	1.41		1.41	1.39	1.40
Df 10%	1.34	1.42	1.39	1.38	1.41	1.44	1.49	1.45	1.45	1.46	1.48	1.46
セメント5%	1.37	1.33	1.52	1.41	1.53	1.47	1.49	1.50	1.44	1.49	1.44	1.46

表-2　一軸圧縮試験の含水比　結果

含水比 %	1日養生				7日養生				28日養生			
	A	B	C	AVE	A	B	C	AVE	A	B	C	AVE
生土	51.9	52.4	51.2	51.8	48.2	55.4	52.7	52.1	50.5	52.7	53.2	52.1
Df 3%	49.3	52.0	43.1	48.2	48.9	47.8	43.5	46.7	49.6	50.5	52.0	50.7
Df 5%		49.0	49.2	49.1	49.6	49.3	48.6	49.2		48.0	45.2	46.6
Df 10%	49.0	51.5	48.0	49.5	45.3	45.6	46.9	45.9	44.1	43.0	45.8	44.3
セメント5%	51.5	50.5	50.8	50.9	45.6	45.7	47.7	46.3	51.3	50.0	48.9	50.1

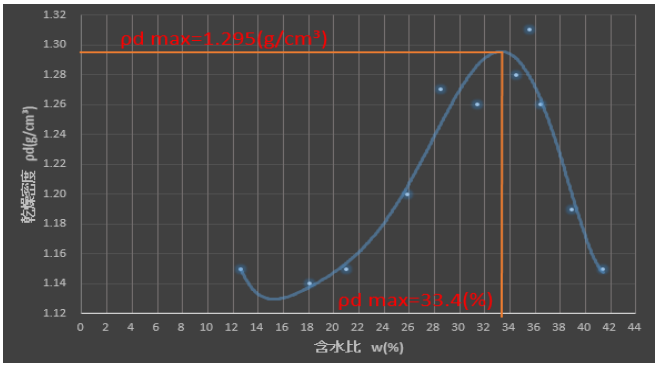

図-1　突き固めによる締固め曲線

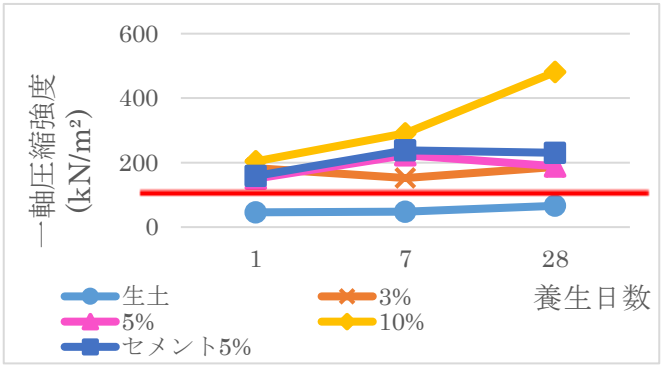

図-2　一軸圧縮試験結果：強度と養生日数の関係

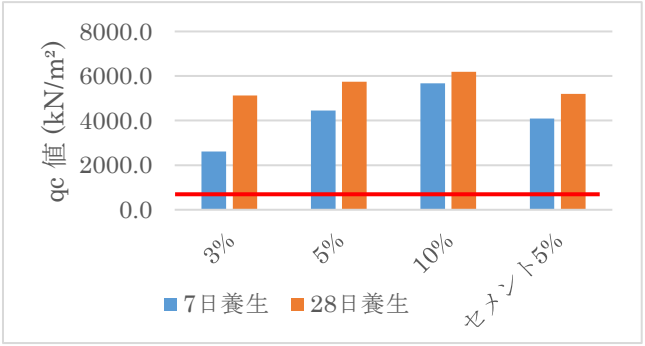

図-3　コーン貫入試験　結果

生土　　水洗い

図-4　粒子の拡大図の比較