

粒状添加材を混合した軟弱土の掘削特性に関する実験的研究

明石高専都市システム工学科 正会員 ○友久誠司 鍋島康之
 明石高専技術教育支援センター 正会員 内藤永秀
 明石高専都市システム工学科 増田雄大 山本沙織

1. まえがき

作業能率および作業工程に関係深い掘削機械の施工性は、対象地盤の種類や物性などの状況により大きく変化する。また、異なる掘削機械の性能を比較するためには、同じ対象地盤で行うことが可能となればそれは容易であるが、地盤は含水比等が刻々と変化する。さらに、掘削する場所が異なれば、なおさら困難になる。

本研究は、掘削機械の施工性の判定および性能を評価する指標を得るために細粒分の多い軟弱土に粗粒の添加材を混合した改良土の強度特性、具体的には、異なる添加材や含水比の改良土地盤の掘削抵抗を追求する。

2. 試料および実験方法

実験に用いる試料は、兵庫県小野市で採取した軟弱土で、自然含水比が 17.8%と高く、最適含水比は 16.5%である(表-1)。また、礫分 26.8%，砂分 31.5%，細粒分 41.7%で細粒分質礫質砂に分類される。実験に用いる際、軟弱土は含水比を 12%、17%、22%の 3 種類に調整する。

混合する添加材は、粗粒材料の川砂利、碎石、硅砂(表-2)で、これらを表面乾燥飽水状態にて用いる。添加材の特徴としては、川砂利は粒子形状が丸く、碎石と硅砂には鋭い角がある。そして、硅砂は他の二つの添加材に比べ粒径が小さい。改良土の添加材の配合は、軟弱土の湿潤質量に対する割合で 20%である。

掘削抵抗の測定には図-1 の試験機を使用する。試料と改良土(以後、地盤材料と呼ぶ)を試料箱に空隙ができないように突き固める。幅および高さ 100mm のブレードの掘削深さは 50mm と 75mm である。掘削抵抗力は、ブレードを速度 10mm/min で地盤材料中を水平に前進させ、力計に現れる推進力を測定する。また、掘削地盤表面には、円弧状の破壊面が現れるので、その大きさを測定する。

3. 結果と考察

表-3 は各種の締固め試料を用いて三軸圧縮試験で求めた強度定数である。無添加の軟弱土は約 58%の粗粒分を含有しているため、含水比が 12%の ϕ_u は 23.6 度、 c_u は 103.4kN/m²となっている。添加材を混合した改良土の強度定数を無添加の軟弱土と比較すると、全般的な傾向として、 ϕ_u と c_u は大きくなる傾向にあることがわかる。

表-1 軟弱土の物理特性

自然含水比(%)	17.8	粒度特性	礫分(%)	26.8
土粒子の密度(g/cm ³)	2.674		砂分(%)	31.5
液性限界(%)	40.5		シルト分(%)	31.5
塑性限界(%)	21.1		粘土分(%)	10.2
締固め方法	A-c法		最大粒径(mm)	30
最適含水比(%)	16.5	日本統一土質分類	細粒分質礫質砂(SFG)	
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.79			

表-2 添加材の物理特性

添加材の種類	川砂利	碎石	硅砂	
密度(g/cm ³)	2.65	2.58	2.57	
吸水率(%)	1.5	1.6	1.2	
粒度特性	礫分(%)	98.3	98.4	90.8
	砂分(%)	0.7	0.6	4.8
	細粒分(%)	1.0	0.9	4.4
	最大粒径(mm)	30.0	30.0	9.5

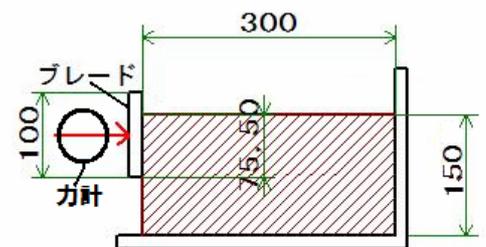


図-1 掘削抵抗試験機 (ブレード幅 100mm)

表-3 三軸圧縮試験結果

軟弱土の含水比(%)		12	17	22
無添加	c_u (kN/m ²)	103.4	68.6	18.5
	ϕ_u (度)	23.6	2.4	0.1
川砂利	c_u (kN/m ²)	127.5	48.5	10.4
	ϕ_u (度)	24.4	13.9	3.0
碎石	c_u (kN/m ²)	137.7	91.9	19.4
	ϕ_u (度)	22.1	4.4	1.1
硅砂	c_u (kN/m ²)	122.2	26.2	15.6
	ϕ_u (度)	21.5	15.6	4.0

キーワード 掘削機械, 掘削抵抗, 地盤改良, 粒状添加材

連絡先 〒 674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 TEL:078-946-6172 FAX:078-946-6184

図-2 は軟弱土の含水比と掘削抵抗力の関係である。含水比 12%の地盤を掘削する場合、17%の地盤の約 2.5 倍、22%の 5~6 倍の掘削抵抗力を必要とすることがわかる。そして、いずれの含水比においても掘削抵抗力は、川砂利、碎石の粗粒分を混合した改良土が大きく、珪砂が続き、軟弱土単体のものが最も小さい値を示している。一方、珪砂を混合した改良土で掘削抵抗力が小さくなった原因は、強度定数が小さいためであると考えられる。

図-3 は軟弱土の含水比 17%での、掘削深さと掘削抵抗力の関係を示している。掘削深さが増すと掘削抵抗力は大きくなる。また、軟弱土単体と比較して添加材を混合した場合に、掘削深さを増したことによる掘削抵抗力の増加の程度が大きくなっていることがわかる。

図-4 はブレードを地盤材料に推進したときの模式図である。含水比が 22%の場合は、ブレードに対して地盤表面に直角と平行に亀裂としわが生じ、軟らかい粘土に生じるとされる流れ型破壊がみられる。一方、含水比 12%の場合はブレードの推進に伴い添加材の周辺地盤に亀裂が生じ、その亀裂が重なり合うようにしてブロック状に地盤が割れる固い粘土に生じる裂断型で破壊されることがわかった¹⁾。

図-5 は地盤材料表面の破壊寸法を示している。図中の記号は図-4 のとおりである。含水比 22%の改良土の破壊寸法は軟弱土単体よりも大きくなる。この原因は、ブレードの推進により粒径の大きな添加材が土の移動とともに前方に押し出されることで影響範囲が大きくなるためであると考えられる。一方、含水比が 12%の場合には、粒径の大きな添加材を混合した改良土の破壊寸法は無添加に比べて小さくなっている。低含水比の地盤では、土がよく締められているため、ブレードの推進に伴う添加材の移動が拘束されて、粒径の大きな添加材によって破壊面ののびが遮られることで改良土の破壊寸法は小さくなると思われる。また、掘削ブレードの推進方向の破壊がその直角方向に比べて大きくなることも同様の理由と考えられる。しかし、同じ粒径の川砂利と碎石の傾向が異なるのは粒子形状が異なるためか不明である。

4. あとがき

軟弱土に添加材(川砂利・碎石・珪砂)を混合した改良土の掘削抵抗、および掘削による地盤表面の破壊面について検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 改良土中の添加材の種類によって掘削抵抗力の増加の程度は異なり、本研究で使用した添加材の中では川砂利が最も大きく、碎石、珪砂の順に小さくなっている。
- (2) 掘削深さを増すと掘削抵抗力は増加し、添加材の種類によって増加の程度は異なる。
- (3) 掘削地盤の破壊面の大きさは、添加材の種類及び含水比によって異なる。

参考文献 1)杉山昇：建設機械と土の諸問題，鹿島出版会，p.135，1982.

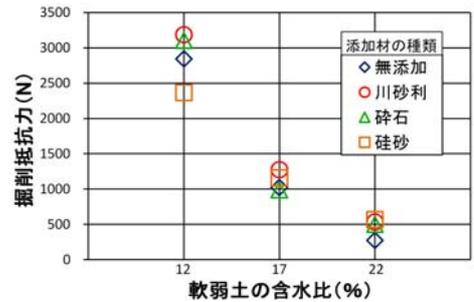


図-2 含水比と掘削抵抗力の関係 (掘削深さ=50mm)

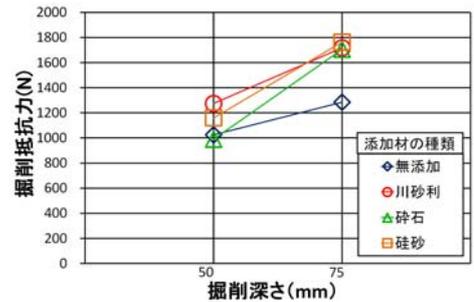


図-3 掘削深さと掘削抵抗力の関係 (含水比 17%)

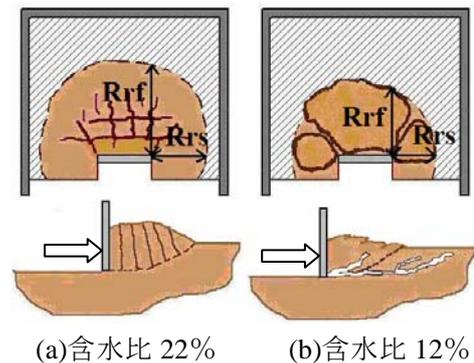


図-4 改良土の破壊形状

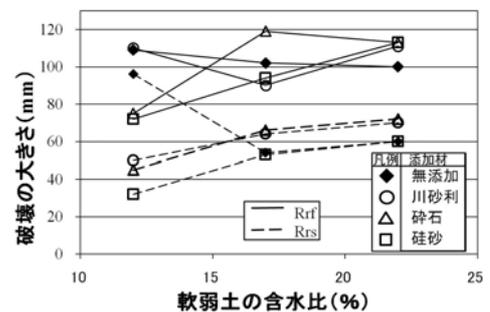


図-5 地盤表面の破壊の大きさ