

機械式深層混合攪拌工法によるソイルセメントコラムの混合度に関する室内実験

日大生産工 平川 智彦
日大生産工 川村 政史

1. はじめに

深層混合処理工法において、混合度は土の種類、固化材添加量、羽根切り回数などにより改良体の品質に大きな影響を与える。本研究は、シルト地盤を想定し室内実験において深層混合攪拌工法によりソイルセメントコラムを構築し、改良体の密度測定、出来形、山中式土壌硬度計における支持力度測定により、シルトと固化材の混合度がソイルセメント改良体の品質に及ぼす影響について実験研究したものである。

2. 実験方法

2.1 深層混合攪拌装置

この装置は、セメントミルク圧入装置と吐出しおよび攪拌装置から構成される。タンクの圧力によりセメントミルクを圧入すると共に、攪拌装置のロッド先端部に設置した攪拌翼を回転貫入することによりソイルセメント改良体を造成する仕組みになっている。写真-1にロッド先端部を示す。ペーンは2枚羽根に改良したものをを用いた。



写真-1 ロッド先端部

2.2 使用材料

模型地盤の作製には市販の N90、珪砂 6 号を使用した。固化材はセメント系固化材「タフロック」、水は上水道水を使用した。表-1に N90の粒度分布および化学分析、表-2に珪砂6号の粒度分布および化学分析を示した。

表-1 N90の粒度分布および化学分析

a) 粒度分布			
目開m/m	Mesh	残留%	累積%
2.36	7.5	—	—
1.7	10	—	—
1.18	14	—	—
0.85	18	—	—
0.6	26	—	—
0.425	36	—	—
0.3	50	—	—
0.212	70	—	—
0.15	100	0~1	3.2
0.106	140	0~2	28.7
0.075	200	5~10	38.8
0.053	281	10~20	12.7
PAN	PAN	65以上	16.6
合計			

b) 化学分析					真比重	かさ比重	PH
化学分析 (%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO			
83.30	5.50	4.10	0.1	0.30	2.26	1.5	6.5

表-2 珪砂6号の粒度分布および化学分析

粒度分布		化学分析	
フルイ目 (メッシュ)	フルイ残 (%)	成分	(%)
28	0	Igloss	0.97
35	22	SiO ₂	96.80
48	33	Al ₂ O ₃	1.27
70	26	Fe ₂ O ₃	0.40
100	12	CaO	0.01
150	5	MgO	0.05
200	2		
270	0		
計	100	TOTAL	99.5

表-3 施工要項

ソイルセメント改良体	攪拌翼回転数 (rpm)	ロッド昇降速度(m/分)		羽根切り回数 (回/m)	水・固化材比 (%)
		掘進	引上げ		
No.1	10	0.2	0.2	200	60
No.2	20			400	
No.3	40			800	
No.4	60			1200	
No.5	20	0.1	0.1	800	

Mixture level of soil cement column used deep mixing agitator model.

Tomohiko HIRAKAWA, Masashi KAWAMURA

2.3 ソイルセメントコラムの造成

ソイルセメントコラムを造成するための地盤は N90 : 珪砂 = 9 : 1 の割合で混入し、所定量の水を加水しながらホバート型ミキサーで攪拌して作製した。この模型地盤に対して、深層混合攪拌装置を用い、セメントミルク圧送装置と攪拌翼の掘進速度を調整することにより、添加量 : 改良体積 × 20% としてセメントミルクを注入し、攪拌翼の回転数を調整することにより、羽根切り回数の異なる改良体を 5 体造成した。表-3 にソイルセメント改良体の施工要項を示した。なお No.3, No.5 は攪拌翼回転数およびロッド昇降速度の違いにおける改良体の品質を比較するため、改良体 No.3 は攪拌翼回転数 40rpm, ロッド昇降速度 0.2m/分、改良体 No.5 は攪拌翼回転数 20rpm, ロッド昇降速度 0.1m/分とし、共に羽根切り回数 800 回/m となるように調整をした。

2.4 改良体の支持力度測定方法

模型地盤中に造成したソイルセメント改良体を取り出し、重量を測定した後、体積置換法により改良体の密度を試験した。また、コラム断面各位置の支持力度の測定には山中式土壤硬度計

計を用い、図-1 の × 印を目安に測定した。図-1 に山中式土壤硬度計における測定位置を示した。山中式土壤硬度計を用いた場合の支持力度は (1) 式により求められる。

$$\text{支持力度} = 100X / 0.7952 / (40 - X)^2 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

X は硬度指数であり、山中式土壤硬度計における読み取り値である。

2.5 支持力度と一軸圧縮強度との関係

コラム打設に先立ち、山中式土壤硬度計における支持力度と一軸圧縮強度との関係を試験した。土は N90 : 珪砂 = 9 : 1 の割合で混入し、固化材添加量をそれぞれ 10, 20, 30% としてソイルセメント供試体を各 12 個ずつの計 36 個作製し、材齢 1, 3, 5, 7 日における支持力度測定および一軸圧縮試験を行った。型枠は 5 × h 10 の鋼製型枠を使用した。一軸圧縮強度試験にはアムスラー型 10 t 万能試験機を用いた。山中式土壤硬度計における支持力度と一軸圧縮強度との関係を図-2, モールドコアにおける一軸圧縮強度と密度との関係を図-3 に示した。図-2 より、今回の実験では 20% のセメントペーストを混入することとした。

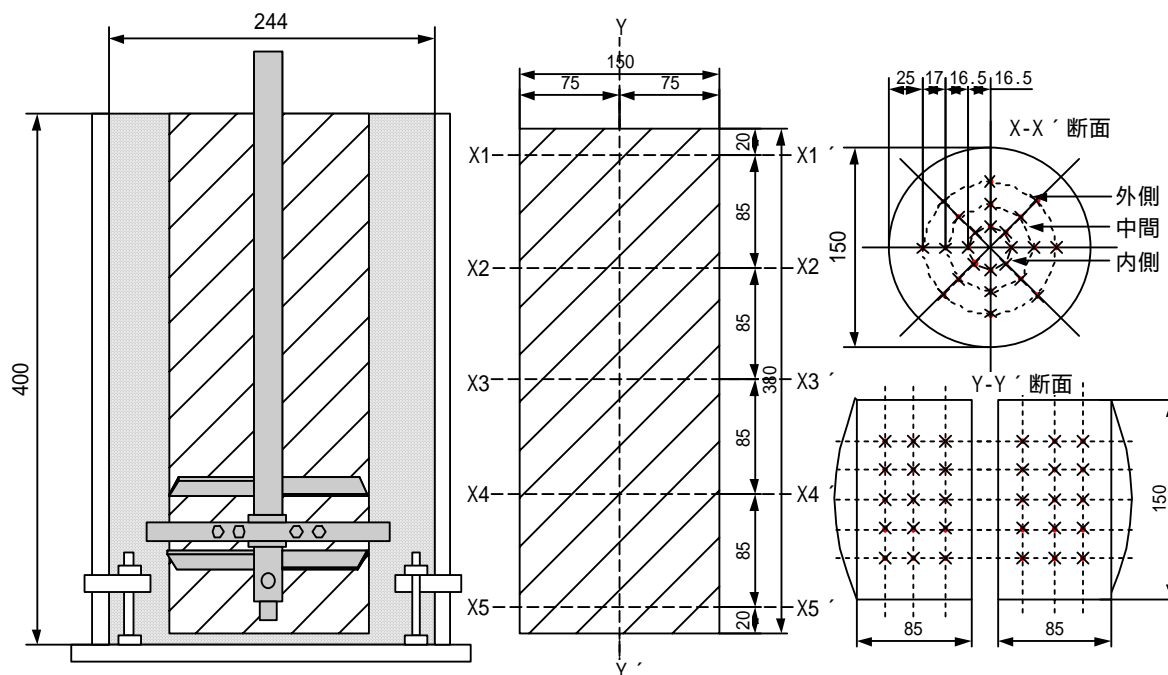


図-1 山中式土壤硬度計における測定位置

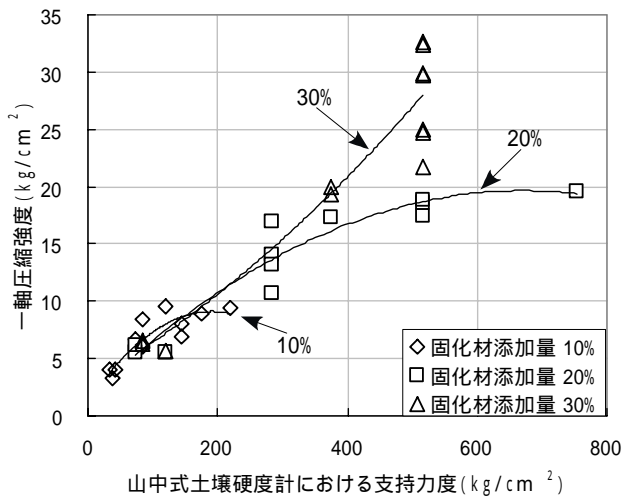


図-2 山中式土壌硬度計における支持力度と一軸圧縮強度との関係

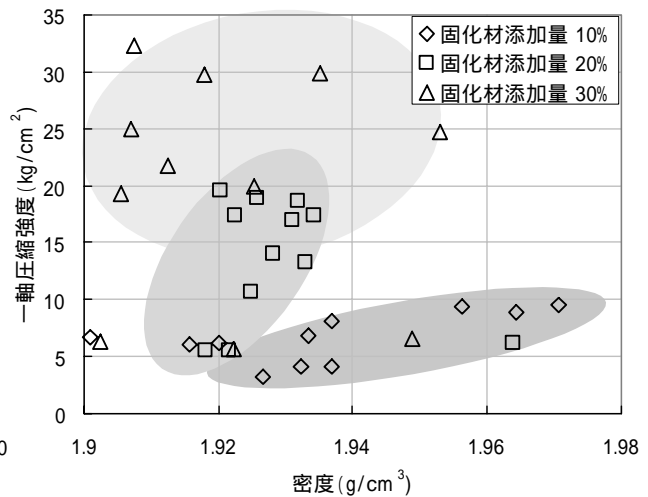


図-3 一軸圧縮強度と密度との関係

3. 結果および考察

3.1 改良体の出来形

写真-2 に模型の深層混合攪拌装置により造成したソイルセメント改良体を示した。羽根切り回数を 200 回/m として造成した改良体 No.1 は No.2,3,4,5 に比し、改良径は小さくなった。改良体 No.4 は No.1,2,3,5 に比し、コラムの表面の波は荒くなることが分かる。

3.2 改良体の密度

表-4 に改良体の密度を示した。改良体の密度は、羽根切り回数に関係なく No.1 < No.5 < No.4 < No.2 < No.3 の順に大きくなった。

3.3 支持力度の変動係数と羽根切り回数との関係

図-4 に山中式土壌硬度計における支持力度の変動係数と羽根切り回数との関係を示した。羽根切り回数が多くなるに従って支持力度の変動係数は小さくなり、羽根切り回数が 800 回/m を越すとほぼ一定値を示した。また、ソイルセメント改良体を X-X' で切断した場合、断面の内側における支持力度の変動係数は中間・外側に比し小さくなる事が分かる。攪拌翼回転数 40rpm, ロッド昇降速度 0.2m/分 で造成した改良体 No.3 の支持力度の変動係数は、攪拌翼回転数 20rpm, ロッド昇降速度 0.1m/分 で造成した改良体 No.5 とほぼ同じ値を示した。

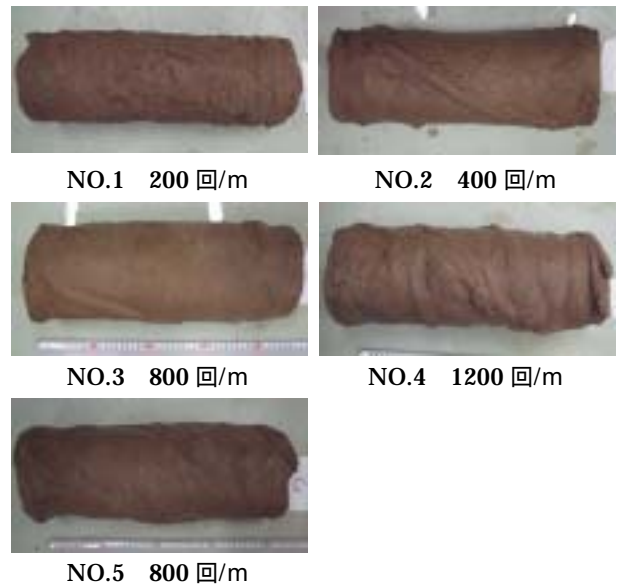


写真-2 改良体

表-4 改良体の密度

ソイルセメント改良体	羽根切り回数 (回/m)	密度 (g/cm ³)
No.1	200	1.80
No.2	400	1.87
No.3	800	1.89
No.4	1200	1.86
No.5	800	1.84

3.4 支持力度と羽根切り回数との関係

図-5 に山中式土壌硬度計における支持力度と羽根切り回数との関係を示した。800 回/m までは羽根切り回数が増えるほど支持力度は大きくなった。ソイルセメント改良体を X-X' で切

断した場合の支持力度は、外側<中間<内側の順に大きくなるのが分かる。羽根切り回数が800回/m以上になると特にコラム断面(中心部)では他の部所に比し、1.4~2.3倍程度支持力度は大きくなった。また、攪拌翼回転数40rpm, ロッド昇降速度0.2m/分で造成した改良体No.3の支持力度は、攪拌翼回転数20rpm, ロッド昇降速度0.1m/分で造成した改良体No.5とほぼ同じ値を示した。

3.5 改良深度と支持力度の変動係数との関係

図-6に改良深度と山中式土壌硬度計における支持力度の変動係数との関係を示した。支持力度の変動係数は改良体No.1では7~12%, 改良体No.2では5~7%, 改良体No.3では2~5%, 改良体No.4では2~5%, 改良体No.5では2~4%を示し、No.1およびNo.2は深くなるにつれて変動係数が大きくなる傾向が見られた。

3.6 改良深度と支持力度との関係

図-7に改良深度と山中式土壌硬度計における支持力度との関係を示した。No.1では35~101kgf/cm², 改良体No.2では85~154kgf/cm², 改良体No.3では168~308kgf/cm², 改良体No.4では200~369kgf/cm², 改良体No.5では152~284kgf/cm²を示し、いずれの場合も深くなるに従って強度は小さくなる傾向が見られた。

4. まとめ

(1) 羽根切り回数を多くすると支持力度の変動係数は小さくなるが、羽根切り回数を800回/m以上にしても、支持力度の変動係数は小さくならず一定値を示した。

(2) コラムの内側と外側では変動係数および強度も異なり、特に強度においては内側と外周部では1.4~2.3倍の差があることが分かった。

【参考文献】

- 1) 村山篤史, 川村政史, 田村昌仁, 渡辺一弘, 藤井衝, 深層混合処理工法を対象とした攪拌性能評価実験 その3 火山灰質粘性土地盤を対象とした実験結果 (2001) 地盤工学会

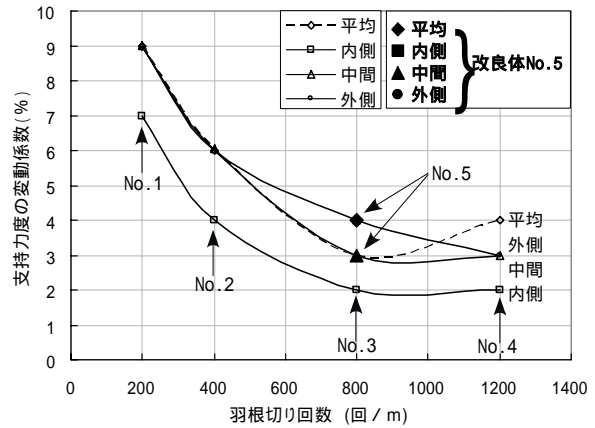


図-4 山中式土壌硬度計における支持力度の変動係数と羽根切り回数との関係

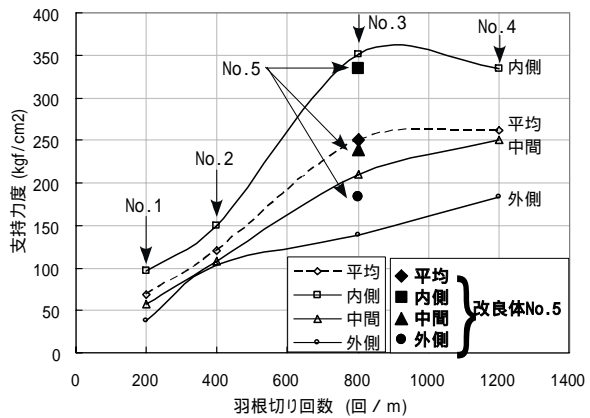


図-5 山中式土壌硬度計における支持力度と羽根切り回数との関係

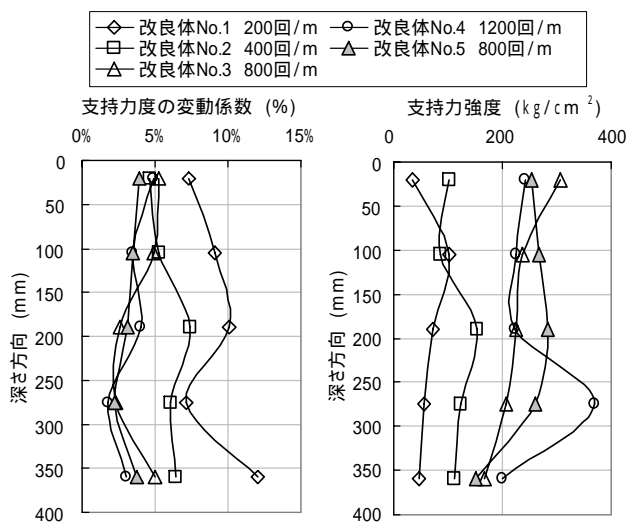


図-6 深さ方向と支持力度の変動係数との関係

図-7 深さ方向と支持力度との関係